

Sammy Bernoussi

# L'outil numérique dans l'acte créatif



Sammy Bernoussi

Mémoire de fin d'études  
Dirigé par Camille Bosqué

2018-2019

# L'outil numérique dans l'acte créatif





# Sommaire

## page 9 - Introduction

Pour l'amour de la complexité

Au-delà de la fascination

Au plus près de l'évolution  
des pratiques

## page 17 - La conception assistée par ordinateur

Les logiciels de CAO

L'influence de l'outil numérique  
sur l'acte créatif

S'affranchir des automatismes

## page 21 - Recherche formelle

Le design génératif

Méthode de travail procédurale

*Le form finding*

L'esthétique computationnelle

Fascination et surenchère

Savoir hybrider

## page 41 - Recherche technique

Programmation  
et recherche technique

*Design by data*  
et design paramétrique

Simulation et optimisation

Design non standard  
et personnalisation

## page 55 - Des outils sur mesure

Expérimentation et production

Des outils manifestes

Des outils performatifs  
et interactifs

## page 65 - Interview : Ludovic Mallégo

## page 85 - Artisanat

Un terme indéfinissable

Une redéfinition perpétuelle

Le renouvellement  
à l'heure du numérique

page 97 - **Autoproduction**

Un contexte contraignant

Un terreau fertile

Le choix de l'autoproduction

Faire exister des alternatives

Les limites de l'autonomie

Conclusion

page 107 - **Démocratisation  
de la production**

Communauté *makers*

L'avènement de la fabrication  
personnelle et du *DIY*

Réseaux et partage

L'innovation participative

Une nouvelle voie  
pour l'entrepreneuriat

*Open design* et *Do It Yourself*

Vers une nouvelle révolution  
industrielle ?

Culture et éducation

page 121 - **Interview :  
Samuel Rémy**

page 131 - **Conclusion**

page 137 - **Bibliographie**

page 147 - **Iconographie**

page 152 - **Remerciements**





# Introduction



## Pour l'amour de la complexité

Durant mes années passées à l'Ensci, j'ai développé une double pratique. La première est une pratique personnelle presque artistique où j'explore un univers graphique et plastique autour de formes, de motifs et d'aspects de surfaces complexes. La profusion, l'abondance, la complexité sont des effets visuels très présents dans mes créations. Je travaille de manière empirique et intuitive, à la recherche d'harmonie visuelle entre des formes inspirées des arts primitifs et des ornements, des formes organiques du monde végétal, et des formes mathématiques comme les fractales. Mes premières recherches se sont faites par le dessin [Fig.1] mais j'ai toujours cherché à aller vers la matérialisation et la mise en volume. Devant la complexité des esthétiques issues de mes dessins, j'ai compris que le passage de la 2D à la 3D serait difficile sans une grande maîtrise des outils de modélisations CAO et des machines à commandes numériques.

D'un autre côté, j'ai intégré l'Ensci pour me former à une pratique du design la plus généraliste possible en distinguant ce qui se rapporte à ma subjectivité et ce qui se rapporte au projet, pour être capable de m'adapter à toutes sortes de projets, comme le fait un designer consultant externe lorsqu'il vient travailler pour une entreprise. C'est une façon classique de faire du design avec une méthode de travail basée sur une analyse exhaustive de la demande et de l'existant pour aboutir à des propositions justifiées. Plus j'avais dans mes études et plus le nombre d'éléments à prendre en compte devenait complexe. Pour gérer cette complexité, j'ai mis en place certains automatismes à l'aide d'outils méthodologiques.

Ces deux façons de faire du design se nourrissent l'une de l'autre au travers d'apports conceptuels et techniques. Ma première façon d'envisager ma pratique créative est personnelle et presque égoïste, j'ai d'ailleurs rapidement compris que l'esthétique générée par mes productions ne peut pas être exploitée telle quelle dans des projets de design industriel. Mais cette pratique est à mes yeux essentielle pour me permettre de distinguer ce qui se rapporte à ma subjectivité, à mon égo, et ce qui se rapporte au projet dans la discipline du design industriel. J'envisage le travail du design industriel comme une responsabilité sociale avec un engagement éthique et politique. Lorsque j'observe notre environnement d'objets, je ne me demande pas ce que je peux produire de nouveau, mais plutôt comment nous pouvons faire pour produire mieux, ou moins. Comment le design peut-il répondre aux enjeux sociaux et environnementaux auxquels nous sommes confrontés ? C'est sous ce double prisme à la fois paradoxal et complémentaire que je souhaite analyser ma pratique du design.

## Au-delà de la fascination

Au fur et à mesure que j'ai avancé dans ma formation et dans ma pratique créative, j'ai souhaité gagner en productivité et en efficacité tout en étant le plus indépendant et autonome possible. J'ai dû acquérir et maîtriser des outils de conception, de production et de communication. Les besoins d'outils pour formaliser et communiquer mes propositions lors des projets m'ont permis de découvrir des outils, que j'ai ensuite continué à explorer dans ma pratique créative personnelle. Chaque découverte d'outil m'a ouvert à de nouvelles possibilités de matérialisation de mon univers. Chaque nouvel outil a augmenté mes possibilités en terme de ce qui est pensable et faisable. Les logiciels de PAO m'ont permis de numériser mes dessins pour les rendre lisibles et usinables par une découpe laser ou un plotteur de découpe. Puis les logiciels de CAO m'ont permis d'obtenir des fraisages en bas-relief [Fig.2]. L'acquisition de ma première imprimante 3D m'a poussé à améliorer mes compétences en modélisation et m'a fait découvrir la communauté des *makers*. Les expérimentations sur *Processing* puis *Arduino* m'ont fait découvrir les possibilités offertes par la programmation, le design génératif et interactif [Fig.3]. A force de travailler sur les logiciels de modélisation pour créer des maquettes virtuelles, j'ai pu entrevoir les limites de ces outils. J'ai expérimenté les outils de conception algorithmiques et le design computationnel, ce qui m'a permis d'automatiser certaines tâches exécutives et d'aller plus loin dans le dessin de formes complexes [Fig.4]. J'ai développé une sorte de fascination pour les formes produites par les outils computationnels ainsi qu'un intérêt pour le concept de design non standard.

En expérimentant toutes sortes d'outils, je me suis rendu compte que les compétences mises en jeu sont issues de savoir-faire qui ne sont plus uniquement ceux du designer mais qui combinent ceux de l'ingénieur, de l'artisan, du programmeur, de l'entrepreneur... Cela entraîne un renouvellement de la pratique du design.

## Au plus près de l'évolution des pratiques

Les outils numériques ont une grande influence sur mon travail, que je ne sais pas toujours maîtriser ou dont je ne saisis pas toutes les possibilités et les enjeux. J'ai souhaité profiter de l'exercice du mémoire pour étudier les pratiques autour des outils de conception et de fabrication numérique avec pour points d'entrées les notions d'expérimentation, d'optimisation, d'indépendance, de démocratisation et de gestion de la complexité. Pour cela, j'ai confronté ma pratique des outils et les champs d'applications que j'explore avec le travail de chercheurs et de praticiens reconnus.

Mais ce sujet étant récent et en perpétuelle évolution, je ne pouvais pas me contenter des informations disponibles dans les livres ou sur internet. Pour aller plus loin dans ma démarche de recherche, j'ai donc rencontré des spécialistes dont le travail est au cœur des notions que j'ai souhaité étudier.

Dans un premier temps, j'ai observé : comment l'évolution des outils numériques a-t-elle provoqué une mutation progressive dans le processus de design en terme de méthodes de conception et de créativité ? Quelle est l'influence de ces outils sur l'acte créatif ? Comment conditionnent-ils ce qui est pensable et faisable et quel est leur impact sur les formes produites ? Comment dépasser ce conditionnement ? En me basant à la fois sur ceux qui les étudient de manière théorique et les praticiens qui en explorent les possibilités, je me suis interrogé : quels nouveaux champs d'applications les outils numériques ont-ils ouvert en terme de recherches formelles, techniques et productives ? Quelles sont les nouvelles compétences nécessaires pour exploiter pleinement ces outils ? Comment cela augmente-t-il les champs d'intervention du designer et renouvelle sa pratique ?

Dans un deuxième temps, j'ai souhaité m'intéresser à l'évolution des pratiques productives, fortement impactées par l'avènement d'internet et la démocratisation des machines de fabrication numérique. Qu'est-ce l'artisanat numérique, l'autoproduction, le mouvement maker et la fabrication personnelle ? Comment le numérique facilite-t-il l'émergence de nouvelles façons de concevoir, de produire, de vendre, d'entreprendre, d'innover, de partager et d'apprendre ? De quelles façons les amateurs peuvent-ils prendre part à la définition de leur environnement d'objets ? Quels impacts ces pratiques alternatives peuvent-elles avoir sur la production industrielle et comment l'industrie évolue-t-elle vis-à-vis de ces pratiques ? Une nouvelle forme d'industrie serait-elle en train de naître ? Ce sont autant de champs d'exploration dans lesquels le designer a un rôle à jouer pour accompagner ces pratiques alternatives et pour aider l'industrie à évoluer au regard des enjeux écologiques et sociaux auxquels notre société est confrontée.

## Présentation des personnes interviewées

### Sophie Fétro

-

**Maîtresse de conférence à l'Université  
Paris 1 Panthéon-Sorbonne**

Entretien téléphonique réalisé  
le 12 juin 2018

### Ludovic Mallégol

-

**Artisan et technicien  
en automatisation**

Rencontre et observation dans son atelier  
du 8 au 10 mai 2018 à Saint-Léonard de  
Noblat (87400)

### Sébastien Smetryns

-

**Senior designer manager  
à Dassault Systèmes**

Entretien téléphonique réalisé le 11 juin  
2018 puis rencontre dans les locaux de  
Dassault Systèmes le 16 juin 2018 à Vélizy-  
Villacoublay (78140)

### Samuel Rémy

-

**Architecte et fondateur  
du fablab Villette Makerz**

Rencontre au *fablab* Villette Makerz  
le 23 septembre 2018 à Paris (75019)







# Conception assistée par ordinateur



# Les logiciels de CAO

Pour assurer sa prestation, le designer doit intégrer un ensemble de critères relatifs à la conception, la fabrication et la consommation de l'objet. Il doit définir tous les aspects techniques, fonctionnels et plastiques tout en anticipant les contraintes de fabrication afin de minimiser les risques financiers et d'assurer la fiabilité de la production. Pour cela, le designer a recours à un ensemble d'outils. Si ses premières recherches passent souvent par le dessin manuel et la réalisation de maquettes, le rendu final exigé par le commanditaire est bien souvent un modèle 3D créé à partir d'un logiciel de CAO<sup>1</sup>. Il fournit ainsi une représentation virtuelle de son projet. Ce fichier est transmis à un bureau d'études qui va étudier la faisabilité de la proposition en effectuant la simulation des propriétés physiques, notamment les contraintes mécaniques des matériaux utilisés et la simulation des appareillages en vue de la production. Une fois certifié, le modèle 3D sert de point de départ pour réaliser les éléments nécessaires à la fabrication, tels que les moules, les gabarits, ou alors (dans le cas d'une production nécessitant des machines à commandes numériques) le fichier est directement utilisé pour générer les parcours d'outils nécessaires pour commander l'usinage. Les logiciels de CAO sont devenus des outils indispensables aux designers industriels. Ils permettent une automatisation et une numérisation du dessin et confèrent aux concepteurs un gain de productivité, de précision et de performance non négligeables lors de la formalisation de leurs projets.

1. Logiciel de CAO : conception assistée par ordinateur appelé aussi modélisation 3D.

Apparus dans les années 50, les logiciels de CAO ont rapidement quitté le champ de la recherche pour trouver des applications dans l'industrie automobile et aérospatiale dans les années 70<sup>2</sup>. Au début, leurs fonctionnalités étaient limitées au dessin en deux dimensions pour générer des plans techniques et réduire les erreurs de dessin. Puis les logiciels ont évolué vers la tridimensionnalité grâce à l'augmentation de la puissance de calcul des ordinateurs. La CAO s'est démocratisée avec l'apparition des ordinateurs personnels et a commencé à être utilisée par de plus en plus de corps de métier.

2. WEISBERG David, "A Brief Overview of the History of CAD", *CAD history*, 2008.

Aujourd'hui, il existe une multitude de logiciels différents. Il y a plusieurs façons de catégoriser les logiciels de CAO : par leurs domaines d'application, par les modèles mathématiques et algorithmiques qui leur permettent de fonctionner et par la façon dont on les utilise. Chacune de ces spécificités va influencer sur les formes possiblement produites et sur les façons de les dessiner.

## Entretien avec Sébastien Smetryns, senior designer manager chez Dassault Systèmes

**Par rapport à votre pratique personnelle, avez-vous constaté une évolution dans la façon dont les outils de modélisation 3D peuvent conditionner la créativité des concepteurs et les formes produites avec ces outils ?**

*Cela fait déjà quelques années que je suis dans ce milieu. Quand j'ai commencé mes études, j'utilisais des logiciels de modélisation 3D et j'ai bien constaté qu'il y avait une forme de conditionnement par les outils de CAO : lorsqu'on utilise deux logiciels différents, les résultats ne sont pas les mêmes. Mais aujourd'hui je pense que progressivement nous sommes en train de muter par la manière dont on appréhende la matière, la structure et les moyens de fabriquer. On peut dire que ça a tendance à se débrider. Il y a la capacité des outils numériques à donner plus de flexibilité de création mais cela est aussi dû aux nouvelles possibilités offertes par les outils qui vont nous permettre de fabriquer. Avant on était limité par les techniques par exemple de moulage, aujourd'hui on peut très bien envisager de faire différemment avec des solutions de fabrications additives ou d'envisager des moyens qui à l'époque étaient très coûteux et qui deviennent beaucoup plus abordables. Il y a à la fois des nouveaux moyens de production, une démocratisation de ces moyens et une flexibilisation des outils de conception.*

**Comment Dassault se positionne-t-il par rapport au fait que les outils conditionnent la création ? Comment évaluez-vous l'impact des outils que vous concevez ?**

*On a observé que, dès leur création, les outils numériques ont un impact sur la façon de concevoir. Au début c'était des outils en devenir que l'on voyait comme une opportunité de se soulager de la partie laborieuse de la conception grâce une forme d'automatisation de ces tâches. Cela a permis de ne plus avoir à tout traiter de manière analogique. Les outils de CAO ont donné une nouvelle lecture de l'objet, une nouvelle façon de l'appréhender et de communiquer. Le conditionnement était double déjà parce qu'en terme de développement des fonctions dans les logiciels, on n'arrivait pas à tout transposer numériquement. D'autre part, les limites étaient impliquées par les outils de fabrication existants. On a cherché à développer des outils en fonction des savoir-faire disponibles dans l'industrie. Car même si on rendait possible la création de certaines typologies de formes dans un logiciel de CAO destiné à l'industrie, elles n'auraient pas pu être produites avec les moyens de productions existants. Mais depuis quelques années, ces règles commencent à changer : la disponibilité des outils de fabrication numérique, de fabrication additive et de prototypage rapide offrent de nouvelles opportunités en terme de conception avec des libertés formelles beaucoup plus grandes.*

# L'influence de l'outil numérique sur l'acte créatif

Les logiciels de modélisation 3D présentent des interfaces aux caractéristiques communes, un espace de travail tridimensionnel alternant vue en perspective et vue orthogonale (dessus, face et droite) et des barres d'outils dont chaque icône correspond à une fonction représentée par une icône. Ce qui les différencie est la méthode de travail qui nécessite la mise en place d'un certain nombre d'étapes correctement hiérarchisées pour concevoir les formes souhaitées. Ces méthodes de travail ont une influence sur les formes produites. Cette influence peut se manifester à différents niveaux. Déjà en 1960, Herbert Marshall McLuhan, considéré comme l'un des fondateurs des études contemporaines sur les médias, met en relation l'aspect mimétique du cerveau humain et l'aspect conditionnant des outils que nous utilisons. Selon lui, nous devenons ce que nous voyons, nous façonnons nos outils, et par la suite, nos outils nous façonnent<sup>3</sup>. Pour être capable de prendre du recul sur l'impact des outils numériques sur l'acte créatif, il faut être conscient de la façon dont ces influences se manifestent.

3. Cette idée est développée dans un article en ligne ici : [www.mcluhangalaxy.wordpress.com/2013/04/01/we-shape-our-tools-and-thereafter-our-tools-shape-us/](http://www.mcluhangalaxy.wordpress.com/2013/04/01/we-shape-our-tools-and-thereafter-our-tools-shape-us/).  
Citation originale : *"We become what we behold. We shape our tools, and thereafter our tools shape us."*

Il faut déjà rappeler que les logiciels de modélisation 3D sont des outils et des médiums de représentation : à ce titre, ils induisent des possibilités, des contraintes et la nécessité de maîtriser leurs fonctionnements. La maîtrise de cet outil de représentation est déjà un premier aspect qui influe sur la qualité et la richesse des formes possiblement concevables. N'étant pas un technicien CAO, le designer n'a qu'une maîtrise partielle de ces outils, ce qui peut l'amener à faire des choix réducteurs lorsqu'il n'arrive pas à modéliser la forme qu'il avait dessinée ou projetée mentalement. Dans ce cas, les logiciels de modélisation 3D peuvent être source de perte de qualité formelle contraint par des blocages techniques. Pour y remédier, le designer pourra faire appel à un spécialiste ayant des compétences poussées sur le logiciel utilisé.

Un autre aspect influent est le caractère immatériel de ces outils. La modélisation 3D est une simulation du réel mais n'en a aucune caractéristique physique. Le réel est dématérialisé de toutes les contraintes liées à la gravité, ce qui peut fausser le jugement et la capacité d'abstraction de l'utilisateur du logiciel. On peut modéliser des objets qui seraient inconstructibles ou inutilisables car le virtuel le permet. De plus, dans l'espace de modélisation, la notion d'échelle est difficilement perceptible. Il est donc nécessaire d'effectuer des allers-retours entre l'analogique et le numérique, pour vérifier le comportement physique, l'échelle ou la faisabilité de l'objet en cours de modélisation, au moyen de maquettes. Il est clair que les objets directement issus d'une modélisation n'auront que peu de chance d'être viables une fois produits. Cette façon de travailler de l'écran à l'industrie va à l'encontre du rôle du designer, censé

être un spécialiste des formes et de la matière. Pour se protéger de l'immatérialité des outils de CAO, le designer doit développer la capacité de son esprit à projeter la matérialité de son projet dans l'espace virtuel du logiciel de modélisation. Lorsque sa capacité à envisager les réactions de son modèle virtuel dans le réel atteint ses limites, il doit effectuer des tests au travers de maquettes pour assurer la fiabilité de sa production.

Les logiciels de modélisation sont des programmes informatiques fonctionnant grâce à des algorithmes complexes. Ils intègrent des logiques mathématiques et géométriques qui vont déterminer leur fonctionnement et la méthode de travail à utiliser pour générer des formes. On distingue plusieurs logiques de fonctionnement : la modélisation polygonale, la modélisation volumique et la modélisation surfacique. Chacune dispose de caractéristiques qui vont avoir une influence sur les typologies de formes concevables. Certains éditeurs de logiciels ont fait le choix de la polyvalence en intégrant plusieurs logiques de fonctionnement au sein d'un même logiciel.

## La modélisation polygonale

La modélisation polygonale fonctionne sur le principe d'un maillage ou *mesh* constitué de sommets (points dans l'espace) reliés entre eux pour former des arêtes qui constituent des faces triangulaires ou quadrangulaires<sup>4</sup>. Chacun de ces sommets, arêtes et faces peuvent être sélectionnés et modifiés manuellement. La méthode classique de travail est de partir d'une forme primitive [Fig.5] disponible dans le logiciel et de venir la sculpter en étirant des éléments sélectionnés. Les premières ébauches sont des formes extrêmement facettées [Fig.6] qui sont ensuite lissées en subdivisant le maillage [Fig.7]. La forme primitive peut aussi être obtenue en construisant manuellement chaque facette. La modélisation polygonale est une transposition de l'analogique vers le numérique du modelage de terre. C'est une technique de modélisation intuitive, pratique pour faire de la recherche formelle, de la même manière qu'on sculpte un bloc de terre. Mais contrairement à la terre, la matière numérique est infinie et ne sèche pas.

Les logiciels de modélisation polygonale avancés sont principalement utilisés dans les domaines de l'animation et du jeu vidéo car ils sont adaptés à la création de formes complexes, organiques et animées. C'est aussi leur capacité à représenter des formes en mouvement qui ont permis à des architectes comme Greg Lynn d'explorer la notion de variation et ainsi donner naissance à l'architecture non standard. Ce type de modélisation est très pratique pour les recherches formelles mais elle manque cruellement de précision dimensionnelle et la subdivision modifie les proportions. Le résultat des subdivisions dépend du maillage initial et de l'algorithme utilisé. La modélisation polygonale nécessite

4. FORM2FAB, "Ce qu'il faut savoir à propos de la modélisation Polygonale (Sub'd)", *Form 2 fab*.

donc une connaissance théorique du comportement des maillages et des algorithmes de subdivision.

Par ailleurs, il devient important de maîtriser ce type de modélisation 3D car la plupart des machines à commande numérique nécessitent un fichier de base au format .STL ou .OBJ. Ce sont des formats de maillage polygonal qui permettent de générer le parcours d'outils qui va être lu par les machines à commandes numériques lors de l'usinage.

## La modélisation volumique

La modélisation volumique est une technique de modélisation générant uniquement des solides, c'est-à-dire des modèles qui contiennent de l'information dans chaque point présent dans l'espace. La méthode de travail consiste à créer des esquisses constituées de courbes fermées sur un plan de construction [Fig.8]. Une fonction de base (extrusion, révolution...) est appliquée sur cette esquisse pour créer un volume [Fig.9]. Ce volume peut-être complété par une fonction appliquée (congé, chanfrein...) [Fig.10]. Les logiciels volumiques natifs permettent de conserver un historique des fonctions et de répercuter des modifications réalisées *a posteriori* sur l'ensemble des fonctions du modèle sans avoir à tout modéliser à nouveau<sup>5</sup> [Fig.11].

5. FORM2FAB, "Ce qu'il faut savoir à propos de la CAO paramétrique", *Form 2 fab*.

Cet historique, appelé aussi arbre paramétrique, permet de créer des relations "parents-enfants" entre les dimensions des volumes et de les modifier facilement. Pour fonctionner efficacement, il faut au préalable correctement disposer toutes les côtes des esquisses. Cette fonctionnalité est le principal avantage de ce type de modélisation, mais elle oblige l'utilisateur à respecter une rigueur de conception pour mettre correctement en place la liaison entre les différents éléments, sans quoi l'historique sera inefficace. Il doit au préalable réfléchir à une stratégie pour correctement hiérarchiser les fonctions nécessaires à ce qu'il souhaite obtenir.

Ce type de logiciels est principalement utilisé en ingénierie car ils permettent d'être très précis en travaillant à partir d'esquisses cotées. Ils sont très pratiques pour concevoir des pièces techniques et des assemblages car on peut facilement y intégrer les éléments nécessaires tels que les perçages, pas de vis, clips... Les logiciels de modélisation volumique destinés à l'ingénierie intègrent la possibilité de créer des assemblages mécaniques complexes et d'en simuler le comportement, comme le mouvement d'engrenages ou de visualiser les pièces qui peuvent entrer en collision. Ils fournissent la possibilité de générer presque automatiquement des plans techniques et des éclatés.

Ces logiciels intègrent aussi des fonctions de simulation des contraintes physiques des éléments plus ou moins poussées qui peuvent aller de l'inertie des matériaux jusqu'à des simulations aérodynamiques. Ces outils rendent accessibles et simulables des aspects très complexes du produit conçu. Ces logiciels ont pu atteindre ce niveau de développement technique car dès le départ les éditeurs de ces logiciels ont choisi de baser les fonctions de modélisations sur une transposition de l'analogique vers le numérique des moyens de productions mécaniques existants. Le logiciel *Solidworks*<sup>6</sup> intègre par exemple un ensemble de fonctionnalités conçues pour simuler les contraintes inhérentes aux techniques de moulage telles que les angles de dépouilles nécessaires au retrait du moule ou encore un ensemble de fonctions destinées à la tôlerie permettant de générer automatiquement le congé qui se forme lors du pliage de la tôle.

6. *Solidworks* : logiciel développé par l'éditeur de logiciel Dassault systèmes.

En obligeant l'utilisateur à travailler avec une méthodologie de modélisation rigoureuse et en basant leurs fonctions sur des procédés de fabrication existants, ces logiciels donnent l'assurance de générer des formes fabricables mais cela restreint le registre des formes modélisables. En nécessitant la mise en place d'un grand nombre d'étapes rigoureusement hiérarchisées, ces logiciels manquent de souplesse et ne permettent pas de travailler de façon intuitive ou rendent l'exploration formelle très laborieuse. La modélisation des formes est contrainte par l'obligation de créer des esquisses sur des plans bien définis. Cela limite les formes modélisables et rend difficile la modélisation de formes complexes, organiques ou des surfaces "gauches". Lorsqu'on utilise ce type de logiciel, il faut déjà avoir une idée précise de ce que l'on veut obtenir et de ce que l'on veut pouvoir revenir modifier ultérieurement pour mettre en place la stratégie de modélisation.

En général, l'usage de ce type de logiciel se place tout à la fin de la chaîne de conception, lorsqu'on connaît les techniques de fabrication, les matériaux utilisés pour la production et que l'on veut soumettre son produit à des simulations de vérification. Ces outils rendent accessibles aux designers des savoir-faire scientifiques et techniques très poussés, réservés jusqu'alors aux ingénieurs.

## La modélisation surfacique

La modélisation surfacique est une technique de modélisation permettant de générer des formes aux lignes fluides telles que les carrosseries automobiles. Les logiciels de modélisations surfaciques fonctionnent sur le principe d'une peau comparable à des feuilles de papier courbées puis collées les unes aux autres. Pour former un volume, il ne doit pas y avoir de trous entre les surfaces qui le composent. La méthode de travail consiste à dessiner des réseaux de courbes en trois dimensions [Fig.12]. Celles-ci servent à générer des surfaces.



7. *NURBS* : Non-Uniform Rational Basis Splines.

8. *B-rep* : Boundary representation.

L'opération est répétée jusqu'à former un solide [Fig.13]. Les surfaces ainsi générées sont des *NURBS*<sup>7</sup>, elles sont définies par des points de contrôle qui peuvent être édités à tout moment pour modifier la surface [Fig.14]. Les volumes générés sont des *B-rep*<sup>8</sup> [Fig.15]. Ce type de logiciel est pratique pour faire de l'exploration formelle car la modélisation est assez intuitive de sorte à ce qu'un novice puisse rapidement prendre le logiciel en main. Les formes produites ne sont pas contraintes par les procédés de fabrication. Cette liberté peut amener l'utilisateur à modéliser des formes qui ne pourront être produites autrement qu'en fabrication additive. Lorsqu'il travaille sur ce type de logiciel, le designer ne doit pas perdre de vue les contraintes inhérentes aux procédés de fabrication dont il dispose, sinon il risque de concevoir des formes qui ne verront jamais le jour dans le monde réel.

Un usage avancé de ce type de logiciel demande de la rigueur dans la méthode de travail, qui consiste à organiser ses tracés et surfaces dans des calques de différentes couleurs au fur et à mesure que la modélisation gagne en complexité. Il faut être capable de se repérer correctement dans l'espace tridimensionnel au travers d'un écran en deux dimensions ce qui ne s'acquiert que par la pratique. Il faut aussi des connaissances théoriques sur le fonctionnement des différents outils permettant de générer les surfaces. Elles s'acquièrent en se documentant à partir des informations mises à disposition par l'éditeur du logiciel. En effet, générer certaines surfaces complexes avec précision peut devenir un vrai casse-tête. Construire un réseau de courbes implique de créer des courbes isoparamétriques ayant le même nombre de points de contrôle et dont les directions des normales suivent le même sens. Sans cela, la surface sera générée avec des défauts comme des plis non désirés. Devant tant de complexité, un utilisateur peu expérimenté risque de se perdre en route ou de devoir simplifier les formes qu'il souhaite obtenir.

La principale difficulté de la modélisation surfacique est la gestion fluide de la continuité entre les surfaces notamment lorsqu'on souhaite conserver les tangences entre différentes surfaces. Pour pouvoir être exploitable, l'ensemble des surfaces ne doit pas avoir de bords libres et ainsi former une polysurface fermée. Boucher les trous entre les surfaces mal construites peut s'avérer laborieux et peut faire perdre la fluidité de la forme. La deuxième difficulté est la modification du modèle. Il faut souvent tout redessiner, d'où l'importance de conserver les tracés utilisés dans des calques distincts et de faire des copies au fur et à mesure que l'on avance dans la modélisation. Les champs d'application de la modélisation surfacique sont très larges : design automobile, naval ou aéronautique, chaussures, bijouterie, mobilier... car elle est très pratique pour générer des formes fluides et des surfaces non développables<sup>9</sup>. Certains logiciels proposent des outils permettant de dérouler les surfaces pour en obtenir le patron à plat et ainsi faciliter la réalisation de maquettes.

9. Surface non développable : surface courbée dans deux directions.

De nombreux logiciels de modélisation volumique natifs ont intégré des fonctions de modélisation surfacique mais leur utilisation est contrainte par l'historique et la nécessité de construire les surfaces à partir d'esquisses sur un plan défini. Cela rend laborieux l'utilisation des fonctions de modélisation surfacique contrairement aux logiciels de modélisation surfacique natifs qui ont un fonctionnement beaucoup plus libre et intuitif.

Ces trois différentes logiques de modélisation ont chacune leurs avantages et leurs défauts. L'essentiel est de connaître leurs spécificités pour pouvoir tirer le meilleur de chacune en fonction des besoins et des différentes phases du projet. Le choix de l'outil et sa logique de fonctionnement aura une influence sur les formes modélisées. Il faut savoir maîtriser un grand nombre de logiciels pour éviter les blocages induits par leurs logiques de fonctionnement. Sans cela, le logiciel prendra le dessus sur la volonté de son utilisateur en conditionnant sa capacité à projeter les formes réalisables. Ce conditionnement peut aller jusqu'à s'immiscer dans le dessin manuel du designer. En effet, s'il préfère la modélisation polygonale, le dessin sera orienté vers un assemblage de formes primitives puis lissé. S'il préfère la modélisation surfacique, le dessin sera composé de réseaux de courbes marquant le volume de l'objet. Malgré leur neutralité apparente, les outils numériques laissent une empreinte sur les formes produites, ce qui peut mener à une standardisation inconsciente de la créativité de leurs utilisateurs.

## S'affranchir des automatismes

Pour pouvoir exploiter au maximum le potentiel de la modélisation 3D, c'est à dire le gain de productivité et de précision, il faut acquérir des bases théoriques sur les algorithmes leur permettant de fonctionner ainsi que sur les contraintes géométriques nécessaires pour utiliser les différents outils présents dans le logiciel. Ces outils qui automatisent le dessin numérique sont développés par des personnes qui ne sont pas des designers. Ce sont des programmeurs qui encodent les différentes fonctionnalités du logiciel au moyen de langages de programmation. Derrière chaque icône présent dans la barre d'outils de chaque logiciel se cache des lignes de code permettant de faire fonctionner ces outils. Rares sont les designers capables de comprendre ces lignes de codes se cachant derrière les interfaces des logiciels qu'ils utilisent.

Dans sa thèse, Anthony Masure exprime ces inquiétudes vis-à-vis des logiciels d'assistance à la création :

***"Cette logique formelle encodée dans les strates des codes sources inquiète certains quant à l'idée d'un art soumis à une implacable mécanisation calculatoire."<sup>10</sup>***

10. MASURE Anthony, *Le design des programmes*, Paris, Université Paris 1 Panthéon Sorbonne, 2014.

Cette logique influe sur l'utilisation des logiciels :

***“La logique du logiciel est celle de la « sélection ». La sélection n'est pas tout à fait un choix, c'est une action coordonnée par l'interface du logiciel.”<sup>11</sup>***

11. MASURE Anthony,  
*Le design des programmes*, op. cit.

L'apparente liberté créative offerte par les logiciels de conception assistée par ordinateur n'est en faite que la liberté de choisir parmi un panel de fonctions disponibles.

Lev Manovich, professeur associé au département des arts visuels de l'université de Californie, s'interroge :

***“Comment les logiciels que nous utilisons influencent-ils ce que nous exprimons et imaginons ? Devons-nous accepter les décisions prises pour nous par des algorithmes si nous ne savons pas comment ils fonctionnent ?”<sup>12</sup>***

12. MANOVITCH Lev,  
“The algorithms of our lives”, *Chronicle*, 16 décembre 2013.

Il mentionne le fait que c'est le manque de maîtrise du langage informatique permettant de communiquer avec l'ordinateur qui conditionne l'usage d'outils numériques lors de l'acte créatif. L'absence de transparence des algorithmes faisant fonctionner les outils numériques nous assujettit à leur fonctionnement sans pouvoir en changer les paramètres.<sup>13</sup>

13. EVEILLARD Louis, “Art, Design & Algorithme”, in “Design et algorithmes”, *Étapes* no. 239, 01 septembre 2017, p.126.

Ce manque de maîtrise du langage homme-machine crée une situation où l'on perd le contrôle sur le fonctionnement de nos outils. Le philosophe Bernard Stiegler explique, dans une conférence<sup>14</sup>, qu'il est nécessaire d'intégrer en nous les automatismes de nos outils et d'en comprendre le fonctionnement pour être capables de désautomatiser notre façon de les utiliser. Ainsi, nous serions en mesure de nous libérer de l'aspect conditionnant de nos outils, comme le résume l'article intitulé “Art, Design et algorithme” dans le magazine *Étapes* n°239 :

14. STIEGLER Bernard, carte de blanche “Fabuleuses mutations”, le 8 décembre 2015, à la Cité des sciences et de l'industrie.

***“Il est aujourd'hui nécessaire de comprendre nos machines, leurs langages et leurs logiques de manière à ce que l'ordinateur et ses algorithmes redeviennent des outils qui serviront à imaginer et à créer nos propres outils.”<sup>15</sup>***

15. EVEILLARD Louis, “Art, Design & Algorithme”, op. cit.



# Recherche formelle



# Le design génératif

Chaque outil, de par sa nature et ses caractéristiques, laisse une empreinte sur la matière. Il en est de même pour les outils numériques. L'avantage des outils numériques est qu'ils peuvent être modifiés et adaptés de façon illimitée. L'habileté du concepteur ne réside plus seulement dans sa maîtrise des outils de PAO ou de CAO mais aussi dans sa maîtrise des langages de programmation et sa capacité à donner les bonnes instructions à l'ordinateur. Ces concepteurs qui utilisent le langage de programmation des machines pour générer des formes sont appelés *computational designers*. Ils utilisent la puissance des algorithmes comme terrain de recherche formelle. Ce type de recherche est tantôt appelé design génératif, design algorithmique, design paramétrique... La pratique s'étant démocratisée au début des années 2000, les termes pour qualifier ces pratiques sont encore flous et les définitions varient d'un texte à l'autre.

Le design génératif s'est démocratisé grâce à l'apparition du logiciel *Processing* [Fig.16]. Ce programme est né de l'idée de John Maeda, professeur au MIT. Avec ses étudiants, il crée *Design by Number*, un logiciel visant à rendre la programmation accessible aux personnes non expertes, dans le domaine des arts visuels. Le logiciel est ensuite amélioré par John Maeda et deux de ses étudiants, Casey Reas et Benjamin Fry. C'est ainsi qu'est apparu le logiciel *Processing*, en 2001. C'est un environnement de développement libre adapté à la création graphique. Autour de ce logiciel s'est formé une grande communauté d'utilisateurs qui partagent leurs créations et leurs codes sources.

Les motivations et les finalités des recherches computationnelles varient d'un acteur à l'autre. Mais ils ont en commun la façon de mettre en place leur processus de travail.

## Méthode de travail procédurale

L'algorithme est une suite d'instructions suivies de manière séquentielle. Créer des formes à partir d'algorithmes consiste à déterminer le comportement de celles-ci plutôt que de les dessiner directement. Le comportement des formes est défini par une série d'instructions spécifiques déterminant la façon dans les formes vont être générées. Le concepteur peut créer son outil dans un logiciel de programmation, qui va le faire fonctionner en le compilant. Il existe de nombreux logiciels dédiés à la programmation tel que *Processing*. De plus, de nombreux logiciels tel que la Suite *Adobe* ou le logiciel de CAO *Rhinocéros 3D* proposent un éditeur de script directement intégré dans leurs interfaces, ce qui permet aux utilisateurs de créer leurs propres outils depuis leur logiciel de conception.

## Entretien avec Sophie Fétro, Maîtresse de conférence à l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne

**J'ai constaté que les outils de conception algorithmique impliquent une certaine façon de penser le projet, avec une méthodologie spécifique. Qu'en pensez-vous ?**

*Cette méthode implique beaucoup de tests et d'itérations, on essaye de comprendre une logique informatique et ce qu'il est possible de faire avec elle. Au début, on va commencer par des choses extrêmement simples puis plus on va avancer plus on va aller loin dans les possibilités de conception. Si on prend l'exemple de Marc Fornes<sup>16</sup>, il travaille avec des sortes d'agents, qui sont des éléments qui vont interpréter différents points : par exemple, je veux que mon point A s'accroche avec mon point B de telle façon que tous les points qui se situent à gauche de tel point vont se développer d'une certaine façon. Il donne plein de règles du jeu. Il s'agit de décrire le comportement des formes plutôt que l'objet final et cela amène à une autre logique de conception.*

*L'architecte et artiste Michael Hansmeyer, par exemple, va combiner ensemble des paramètres qui ne vont pas forcément être compatibles entre eux et il dit que la plupart du temps, ça ne marche pas, l'ordinateur plante. Donc soit on n'obtient rien, soit on obtient du bruit avec des formes qui partent dans tous les sens. Parfois cela donne tout de même des choses intéressantes. Il fait des tests jusqu'à ce que ces différents paramètres soient compatibles entre eux. Si l'on applique une fonction de subdivision, il faut que les formes puissent se subdiviser et cela implique de faire plein de tests jusqu'à obtenir le bon résultat. Lorsqu'on commence à expérimenter, on ne sait pas si on va obtenir un résultat et c'est un peu le principe, au final. Il y a une dimension très expérimentale, qui nécessite d'être très patient et méticuleux : on va trouver un petit bout de code, on le lance, on voit ce qui en sort, puis on le modifie, on regarde ce que ça donne et si ça marche on essaye d'aller encore plus loin... c'est une logique de tâtonnement, de bidouillage.*

*Si on regarde le travail de Marc Fornes, ses projets ne changent pas du tout au tout, il y a une certaine continuité. Chaque nouveau projet est l'occasion de tester de nouveaux paramètres et d'améliorer son programme. Il s'appuie sur ses acquis et ce qu'il a pu mettre en place auparavant pour re-questionner ses productions. Cela lui permet d'avancer et d'avoir à chaque fois un résultat évolutif. Cela donne une identité à son travail, comme si ces productions sont les témoins de la validation d'un paramétrage précis. Ces pratiques sont beaucoup dans l'évolution progressive.*

16. FETRO  
Sophie, "Marc  
Fornes double  
agent white",  
*Strabic*, 20  
décembre 2012.



Pour mettre en place une stratégie de conception algorithmique, il faut être capable de décomposer son idée ou son intuition, étape par étape, pour la rendre lisible par l'ordinateur. Le point de départ est souvent très simple, puis le processus génératif est complexifié au fur et à mesure au moyen de tests itératifs pour vérifier leur fonctionnement. Cette méthode de travail, qualifiée de procédurale, permet de décomposer sa pensée en une série d'instructions simples qui une fois assemblées, définissent la façon dont les formes vont être générées. Une fois le processus mis en place, il est possible de venir modifier certaines instructions ou certains paramètres jusqu'à obtenir le résultat souhaité, sans avoir à tout redessiner. Cette méthode de travail empirique implique une grande part de bugs, d'aléatoires et de surprises car on peut rapidement obtenir des résultats que l'on n'a pas anticipés.

## Le form finding

Cette méthode de travail exploite les capacités de calcul de l'ordinateur pour faire de la recherche graphique et formelle. Contrairement à l'être humain, l'ordinateur peut effectuer un grand nombre de calculs et traiter de grandes quantités d'informations en simultané. Certains designers se sont appropriés l'outil informatique et cherchent à automatiser la génération de formes en concevant et en programmant le processus qui va générer les formes, puis ils délèguent la réalisation de celle-ci à l'ordinateur.

Le *form finding* offre de nombreux avantages et la possibilité de se faire surprendre par le résultat. Un programme peut générer une profusion de résultats différents à partir desquels le designer vient choisir le ou les meilleurs résultats. Ces résultats peuvent être très exhaustifs car ils sont générés par une machine qui n'a de limite que ses capacités de calculs. La machine peut donc passer en revue toutes les possibilités formelles, selon les instructions du programme. Les programmes informatiques peuvent intégrer des paramètres aléatoires ou en tout cas une part déterminée d'aléatoire. Comme l'explique le designer François Brument :

*"Un des éléments clés de la pensée par le programme est la notion de variable. Programmer implique de considérer tout élément du programme comme potentiellement changeant, puisqu'il sera reconsidéré à chaque mise à jour du programme. Il pourra s'avérer par la suite que cet élément ne nécessite pas d'être modifiable, et on choisira alors de le définir comme constant. Si l'on ramène ce postulat à l'échelle de la conception d'un projet, il est important de comprendre qu'il faut alors intégrer et considérer que chaque élément de ce projet est potentiellement évolutif : ils sont, premièrement, variables et, deuxièmement à déterminer."*<sup>17</sup>

17. BRUMENT  
François, in  
*Variations*, in  
PEYRICOT Olivier  
(sous la dir.),  
*Objectiver*, Saint-  
Étienne, Cité du  
Design, 2016 p.69.

Le processus de travail de programmation est itératif, il passe par le test et l'amélioration du programme en fonction du résultat obtenu. Les instructions définissant la façon dont les formes sont générées sont affinées au fur et à mesure que l'on avance dans le projet.

En déterminant la façon dont l'ordinateur va générer les formes, le designer vient déléguer la réalisation à la machine. De cette façon, l'outil informatique augmente le concepteur en produisant beaucoup plus rapidement et plus précisément que ne pourrait le faire un être humain. De plus, les résultats produits par l'ordinateur peuvent être vertigineux de complexité. Le designer peut ainsi obtenir des formes qu'il n'aurait jamais pu projeter mentalement ou dessiner manuellement. Les designers computationnels exploitent les capacités de l'ordinateur pour concevoir leurs propres outils de recherche formelle qui les assistent dans leur travail de recherche et les libèrent du travail exécutif.

Cela peut effrayer certains designers ou critiques de la discipline car la réalisation des formes est confiée à l'ordinateur et est automatisée. Les productions issues du design computationnel sont souvent accusées d'être appauvries en sensibilité et de faire disparaître le geste et l'écriture personnelle de son auteur. Mais la machine ne remplace pas l'humain, car c'est le designer qui donne les instructions et qui choisit le résultat final justement en fonction de sa sensibilité personnelle. Le designer, malgré la force de son égo personnel, doit être capable d'accepter qu'une machine bien paramétrée puisse proposer des solutions plus pertinentes que lui. Il s'agit de considérer les capacités de calcul de l'ordinateur comme un outil à part entière qui vient augmenter son utilisateur et le libérer de l'aspect conditionnant des outils de CAO et de PAO pré-configurés.

## L'esthétique computationnelle

L'exploitation du calcul comme outil a fait émerger de nouveaux terrains de recherches pour les designers, ce qui a mené à l'apparition de nouvelles esthétiques. En utilisant la programmation comme outil de génération de formes automatisées, le designer accède à la possibilité d'exploiter les mathématiques et les algorithmes pour effectuer des expérimentations formelles.

L'un des terrains de recherche favori de ces designers est la biomimétique. Il s'agit ici de s'inspirer ou d'imiter certaines capacités de la nature pour produire des formes. Le phénomène étudié est ensuite traduit en modèle mathématique puis en algorithme. Il existe par exemple un type d'algorithme appelé *L-système*<sup>18</sup> développé en 1968 par le biologiste Aristid Lindenmayer qui permet de simuler le développement et la prolifération des plantes et notamment la façon dont se répartissent les branches sur un arbre [Fig.17]. Ce système sert à traduire mathématiquement l'un des phénomènes naturels les plus explorés par les concepteurs : les fractales [Fig.18].

18. Source : [wikipedia.org/wiki/L-système](https://fr.wikipedia.org/wiki/L-système).

Ce système récursif permet d'automatiser la subdivision de formes, de sorte à ce que chacun des composants se fragmentent pour devenir un modèle réduit du précédent.

Le studio Wertel - Oberfell a choisi de s'inspirer de ce phénomène naturel et d'en exploiter la transposition mathématique pour répondre à une commande de la société Matérialise, spécialisée dans la fabrication additive. Le projet intitulé *Fractal.MGX* [Fig.19] qui a vu le jour en 2009, est une table dont les piètements ressemblent à des branches qui se développent jusqu'à ce qu'elles deviennent très denses vers le dessus pour former une quasi surface. Produit en stéréolithographie, la table pousse littéralement dans son bac de résine à l'image de son processus de conception. La conception algorithmique sert ici à créer un programme automatisant la génération de formes et leurs subdivisions de façon organique et homogène. Ce que le dessin manuel aurait très difficilement réussi à réaliser au vue de la complexité de l'enchevêtrement des formes.

D'autres designers ont choisi de concevoir leurs propres outils algorithmiques pour pouvoir produire des formes qu'ils n'auraient pu produire autrement. Nervous system est un studio de design fondé en 2007 par Jessica Rosenkrantz et Jesse Louis-Rosenberg. Leur travail de recherche esthétique se fait en s'inspirant de phénomènes naturels qu'ils traduisent en programmes informatiques pour pouvoir générer des modèles 3D très complexes. Le plus gros de leur travail est donc d'étudier ces phénomènes naturels et de réussir à les traduire en algorithmes capables de générer ces formes organiques et complexes, quasiment impossibles à modéliser manuellement. Ce studio combine biologie, programmation, design et prototypage rapide pour proposer bijoux [Fig.20] et objets domestiques [Fig.21] dont l'identité affirme leur intérêt pour les formes non-conventionnelles, organiques et complexes.

La nature n'est pas la seule source d'inspiration des designers qui utilisent les algorithmes. Les mathématiques pures sont aussi très exploitées, notamment les surfaces minimales. Ce sont des surfaces qui peuvent être décrites par des fonctions mathématiques. Bathsheba Grossman est une créatrice qui a étudié les mathématiques et la sculpture. Sa pratique fait converger ces deux disciplines et s'appuie sur les technologies de conception et de fabrication numérique pour matérialiser ses recherches<sup>19</sup>. La lampe *Quin* [Fig.22] a été conçu pour la collection *.MGX* de la société Matérialise en 2005. Elle est composée d'une surface entrelacée et continue très complexe qui peut être fabriquée en une seule fois grâce à la technique de fabrication additive SLS (*Selective laser sintering*).

19. BRUMENT  
François,  
CAMPAGNOLI  
Maëlle,  
*Impression 3D  
usine du futur*,  
Paris Dunod,  
2016.

En concevant ses propres outils de conception numérique, le designer peut exploiter l'hyper-productivité de l'ordinateur pour libérer sa créativité. Il automatise les tâches exécutives relatives à la réalisation des formes pour se concentrer sur le processus

venant les générer. Il accède ainsi à de nouvelles typologies de formes concevables et ouvre la voie à de nouvelles esthétiques aux connotations mathématiques et organiques. Comme le résume l'artiste Michael Hansmeyer,

***“Cette nouvelle interaction homme-machine libère le concepteur de la pensée en terme d'archétype et de catégorie et sert finalement à élargir l'imagination et la créativité des concepteurs”.***<sup>20</sup>

## Fascination et surenchère

Le niveau de développement de ces outils computationnels repousse sans cesse les limites de ce qui est pensable et réalisable. Mais le concepteur, aux commandes de machines si puissantes, peut rapidement être pris d'une sorte de fascination, qui l'amène à produire des formes toujours plus complexes, sans réel autre intérêt que l'aspect démonstratif de ses compétences. Cet exercice stylistique est pris dans une course de surenchère à celui qui sera le premier à mettre à jour une nouvelle typologie de formes toujours plus complexes que les précédentes. De plus, les possibilités de production de ces formes au regard des moyens techniques actuels se limitent souvent à la fabrication additive. Le designer est pris dans une spirale où il se retrouve à justifier l'utilisation de la fabrication additive en créant des formes qui n'auraient pas pu être produites autrement.

Michael Hansmeyer est un artiste qui explore la relation entre la conception et le numérique. Il a réalisé une série de sculptures monumentales appelées *Digital Grotesque* [Fig.23]. Elles sont générées par un algorithme, basé sur un processus reproduisant la division des cellules au sein des organismes vivants, qui a évalué les préférences esthétiques d'une centaine de volontaires, sans aucun contrôle sur les formes produites de la part de l'artiste. Le programme calcule un maillage de 260 millions de surfaces. Très riches en détails, elles rappellent la profusion ornementale du style Rococo et cherchent à définir une esthétique propre au numérique. Au travers de ses sculptures, Michael Hansmeyer tend à démontrer les capacités de l'ordinateur pour générer des formes tellement complexes que cela en devient exubérant. Il émet une forme de critique vis-à-vis de la conception computationnelle déconnectée de toute réalité matérielle dont les possibilités sont infinies mais qui peuvent rapidement mener le concepteur à produire des formes sans autre finalité que l'exercice stylistique.

Les designers ne sont pas des biologistes, des mathématiciens ou des programmeurs. Rares sont ceux qui sont capables de produire seuls des algorithmes complexes traduisant des phénomènes naturels ou mathématiques.

20. *“This new human-machine interaction frees the designer from thinking in terms of archetypes and categories, and ultimately serves to expand the designers' imagination and creativity.”*  
HANSMEYER  
Michael, “digital grotesque II”,  
Michael  
Hansmeyer, 2017.

Ceux qui n'ont pas les moyens de s'entourer de spécialistes compétents n'ont d'autre choix que de détourner des algorithmes conçus par d'autres. En effet, il existe une sorte de hiérarchie entre les concepteurs qui utilisent les algorithmes comme moyen de recherche. Il y a tout d'abord des spécialistes en biologie et en mathématiques qui cherchent à traduire des phénomènes naturels en algorithme. Leur démarche est celle des scientifiques, ils recherchent l'exclusivité. Lorsqu'ils mettent au point un nouvel algorithme, ils ont l'honneur de le présenter dans une publication scientifique<sup>21</sup>. C'est une pratique à part entière.

21. Par exemple le *L-Systeme* présenté précédemment porte l'initiale de son auteur Lindenmayer.

Ces algorithmes sont ensuite ré-exploités par des programmeurs pour en faire des outils de conception introduits dans les logiciels de PAO et de CAO sous la forme de fonctions ou de *plug-in*. Ces lignes de codes, programmes ou *plug-in* sont mis à disposition de tous sur des plateformes *open source*.

Tout à la fin de cette chaîne se trouvent les designers : ils utilisent et détournent ces fonctions pour les besoins de leurs projets. N'ayant généralement pas conçu eux-mêmes les algorithmes, ils n'ont qu'une maîtrise partielle de leurs fonctionnements. Ils ne peuvent donc pas intégrer en eux les caractéristiques spécifiques du programme et ne peuvent en faire qu'une utilisation superficielle. La disponibilité de ces programmes en *open source* fait que n'importe qui peut les utiliser sans pour autant les maîtriser.

L'algorithme du diagramme de *Voronoi*<sup>22</sup> est un exemple d'algorithme sur-exploité par les designers. Cet algorithme, qui permet de diviser une surface en cellule à partir d'un ensemble de points disposés de façon aléatoire, est très apprécié du grand public. On le retrouve dans de nombreux objets, tables, bijoux, lampes... Il est notamment très utilisé pour retirer de la matière pour des pièces destinées à l'impression 3D. La simplicité de cet algorithme fait que n'importe qui peut se l'approprier et l'appliquer sur toutes sortes de volumes pour apporter un effet organique et aléatoire [Fig.24], [Fig.25], [Fig.26]. Cette récupération des algorithmes, créés par des scientifiques, par des designers n'ayant pas les compétences pour comprendre leur fonctionnement, a produit un phénomène de redondance des formes computationnelles.

22. Diagramme de *Voronoi* : défini par le mathématicien russe Georgy Voronoi en 1908.

## Savoir hybrider

Pour se libérer de la fascination que peut faire naître l'utilisation d'algorithmes pour la conception, les designers se doivent de maîtriser les notions permettant de comprendre le fonctionnement des algorithmes. Ils ont aussi la possibilité de s'entourer de spécialistes pour les accompagner dans la création de leurs outils numériques et ainsi s'assurer une meilleure maîtrise des formes produites au regard des autres aspects nécessaires à la viabilité de leur projet.

Les esthétiques produites par un programme génératif ne sont pas obligatoirement complexes ou organiques. Pour cela, il est important que les designers ne délèguent pas tout le travail de conception à l'ordinateur. Ils doivent savoir hybrider leurs méthodes de travail entre des méthodes de conception classique et des méthodes de conception procédurale pour pouvoir garantir l'aspect sensible de leur production.

Le designer Patrick Jouin a conçu la chaise **C2** pour la collection **Solid** dans le cadre d'une collaboration avec la société Materialise en 2004 [Fig.27]. Pour concevoir cette chaise, le designer et son équipe ont conçu un programme leur permettant de générer des lignes s'entrecroisant de manière aléatoire, formant la structure de la chaise. Ces lignes sont une métaphore de la pousse de brins d'herbes<sup>23</sup> dans un champ, à l'image de la chaise qui croît dans le bac de poudre d'une machine de fabrication additive stéréolithographique. Malgré le caractère génératif et aléatoire de cette chaise, le designer réussit à mêler à l'aspect technique de sa conception, un aspect sensible et poétique.

Le design génératif permet l'exploration formelle de manière virtuelle. Il est donc naturel que les premiers praticiens aient de grandes affinités avec la programmation et que la totalité de leur travail s'effectue sur ordinateur. En se banalisant, la création d'outils algorithmiques a intéressé des créateurs de tous bords souhaitant automatiser certaines tâches irréalisables manuellement ou soucieux de gagner en productivité et en créativité. Ces créateurs habitués à travailler de manière classique ont beaucoup plus de facilité à hybrider leur méthode travail. Cette hybridation passe par l'intégration subtile d'éléments analogiques dans un programme numérique. Ces éléments analogiques peuvent avoir différentes natures telles que des dessins, des sculptures. Ces éléments doivent ensuite être numérisés au moyen d'un scanner. Ils peuvent aussi être issus d'une conception sur l'ordinateur au moyen de logiciels de PAO ou de CAO puis être intégrés dans l'algorithme.

Pour son projet de diplôme à l'Ensci-Les Ateliers, la designer Laureline Galliot a créé la collection **Contour et Masse**<sup>24</sup>, constituée d'une théière, d'une tirelire, d'une vase et d'un masque [Fig.28]. Ces objets ont pour vocation d'illustrer la méthode de travail originale développée par la designer. Elle s'appuie sur sa pratique de la peinture et le détournement du logiciel **Z-brush**<sup>25</sup> dont elle s'est servie pour mettre au point ses outils de conception. Elle se détourne de la méthode de dessin classique qui consiste à dessiner les contours qui définissent la forme des objets pour se concentrer sur les émotions produites par des masses de couleurs juxtaposées. Ces masses de couleurs sont ré-exploitées dans le logiciel pour générer la forme de ces objets [Fig.29], [Fig.30]. Une fois générées, ces formes sont retravaillées de façon sculpturale avec les outils classiques du logiciel pour leur donner la fonction souhaitée. Ces productions sont issues d'une démarche subtile mélangeant peinture numérique,

23. JOUIN  
Patrick, BANGLE  
Chris, ASCENSIO  
Anne "DEZEEN  
Live conférence",  
Dassault  
Systèmes space  
Milan, 19 avril  
2018.

24. GAILLOT  
Laureline,  
**Contour et Masse**,  
2015.

25. **Z-brush**,  
logiciel de  
sculpture  
numérique  
développé  
depuis 1999 par  
Pixologic.

processus génératif et sculpture numérique. Les outils développés par la designer lui permettent d'exprimer autant d'émotions et de sensations dans un objet du quotidien que dans une peinture.

L'hybridation méthodologique et esthétique permet d'assurer une singularité conceptuelle, formelle et sensible. En effet chaque outil laisse une empreinte caractéristique sur la matière, qu'elle soit numérique ou physique. Créer ses propres outils de conception permet à leur auteur de se démarquer et de s'émanciper de la redondance des esthétiques computationnelles. Les fonctionnalités particulières intrinsèques à son outil lui garantissent une esthétique exclusive. De ce fait, il se démarque par une touche personnelle qui assure une certaine singularité à ses productions.





# Recherche technique



# Programmation et recherche technique

Le design génératif a fait émerger de nouvelles méthodes pour penser et concevoir des formes mais la création d'outils sur mesure ne se limite pas à la recherche esthétique. En effet, la possibilité d'intégrer ou de simuler des éléments physiques dans un programme informatique offre une multitude de possibilités pour les concepteurs. Dès les années 1950-1960, apparaissent les premières recherches, elles sont menées par des architectes. Ils doivent gérer des quantités d'informations toujours plus grandes et les mettre en relation dans des réseaux toujours plus complexes. Leur ambition est d'automatiser une partie de leur travail en basant leur production informatique sur les données issues du cahier des charges et des analyses effectuées sur le terrain.

Pour récolter les données issues des exigences des utilisateurs quand à l'utilisation de leurs habitations, l'architecte Yona Friedman crée le *Flatwriter* en 1967. Ce programme informatique est conçu comme un répertoire de tous les arrangements possibles que le mode de vie de l'utilisateur peut nécessiter<sup>26</sup>. Ce répertoire obligatoirement limité est présenté sous une forme que l'utilisateur peut comprendre. Le programme est accompagné d'un dispositif comprenant un clavier et un système d'affichage associé. Le clavier comporte des touches pour chaque variante des éléments à soumettre à l'utilisateur, l'organisation de la communication entre les pièces, la forme des pièces et le placement des équipements dans les pièces. L'utilisateur n'a qu'à taper sur les touches pour définir ses préférences de configurations spatiales<sup>27</sup>. Les données récoltées sont ensuite transformées pour produire des évaluations sous forme de cartes typologiques appelées *Isoefforts* destinées à montrer les fluctuations du mécanisme urbain influencé par les activités et les choix des habitants.

Les données récoltées peuvent ensuite être exploitées pour concevoir la forme du bâtiment. C'est l'apparition de l'architecture paramétrique. Ce terme est apparu pour la première fois en 1960 dans une publication de l'architecte Luigi Moretti<sup>28</sup>. Dans sa publication, il décrit les trois étapes de sa méthode de conception paramétrique : la définition d'un thème, la définition des paramètres régissant le thème et la définition des relations analytiques entre les quantités en fonction des paramètres. Il met en application sa méthode dans la conception du *stade N* présenté en 1960 lors de l'exposition *Parametric architecture* à la 12e triennale de Milan. Ici le paramètre principal est la visibilité du spectateur. La forme du bâtiment se modifie élastiquement en fonction de la visibilité depuis les gradins et en fonction du type d'événement accueilli par le stade [Fig.31].

Ces deux projets bien que restés à l'état théorique démontrent la capacité des architectes à créer leurs propres outils d'analyse,

26. FRIEDMAN  
Yona, *Toward a Scientific Architecture*,  
Cambridge MA,  
MIT Press, 1975  
p.53.

27. WITT  
Andrew, *L'animal  
machinique :  
les réseaux  
autonomes et la  
computation* in  
GOODHOUSE  
Andrew (sous  
la dir.), *Quand  
le numérique  
marque-t-il  
l'architecture ?*,  
Montréal,  
Sternberg Press,  
2017 p.238.

28. CONVERSO  
Stefano et  
BONATTI  
Fabrizio,  
*Parametric model  
for architectural  
design*, in  
Oosterhuis KAS  
et FEIRESS  
Lucas (sous  
la dir.), *Game  
set and match  
: on computer  
game, advanced  
geometries,  
and digital  
technologie*,  
Rotterdam,  
Episode  
Publishers, 2006,  
p.243.

de conception, de calcul et de simulation, dès le balbutiement des outils de CAO, pour explorer les possibilités offertes par ces nouveaux médiums créatifs. L'appropriation de la programmation informatique par les concepteurs a profondément remis en cause leur raisonnement et leur méthode de travail.

## Design *by data* et design paramétrique

Cette idée de concevoir le design en exploitant les données fournies, sous forme de paramètres, dans un programme informatique, a donné naissance au design paramétrique et au design *by data*. L'instrumentalisation des mathématiques et la programmation dans une recherche d'objectivité et d'optimisation par rapport aux fonctionnalités souhaitées rappellent l'ambition des modernistes et la célèbre phrase de Louis Sullivan : "la forme suit la fonction"<sup>29</sup>. Le design devient émergent des données fournies, les formes conçues varient selon les paramètres insufflés dans le programme. Les données utilisées comme paramètres peuvent avoir toutes sortes de nature : données issues du comportement ou des caractéristiques des utilisateurs, données relatives à l'environnement, propriétés physiques des matériaux... Ces données intégrées dans un programme informatique influencent la génération des formes produites.

En effet, à la différence de la modélisation 3D classique qui implique une méthode de travail linéaire à partir d'opérations successives, la modélisation algorithmique ou paramétrique permet de concevoir un modèle où toutes les opérations sont interdépendantes et où chaque modification de paramètre entraîne une réaction en chaîne qui impacte l'ensemble du modèle et le réactualise. C'est là tout l'intérêt de ces outils notamment dans l'architecture où les contraintes physiques sont déterminantes pour la viabilité du bâtiment. Comme l'explique l'architecte Greg Lynn :

***"L'analyse des éléments finis ont permis de montrer graphiquement les zones de concentration de contraintes et les charges au cours de processus de design, et non après coup et en terme purement analytique".<sup>30</sup>***

La visualisation des données structurelles en temps réel a facilité énormément le travail des architectes. Ils ont poussé cet aspect plus en loin en connectant ces données à la génération des formes et des structures. En d'autres termes, l'intégration de ces données au travers de scripts dans des programmes a une incidence directe sur la forme du bâtiment.

Le concepteur ne dessine plus directement la forme mais définit un ensemble de règles procédurales qui régissent les différents éléments structuraux et esthétiques et soumettent la définition de ces règles aux données nécessaires à la viabilité et

29. SULLIVAN Louis H., "The Tall Office Building Artistically Considered." *Lippincott's Magazine* no. 57 Mars 1896, pp 403-409.

30. LYNN Greg, *Devenir natif du numérique : des notes sur une sélection d'artefacts de l'architecture numérique de la fin du XX<sup>e</sup> siècle*, in GOODHOUSE Andrew (sous la dir.), *Quand le numérique marque-t-il l'architecture ?*, Montréal, Sternberg Press, 2017.

31. Anonyme, "Parametricism", *Designing Building Wiki*, 13 juillet 2017.

32. SCHUMACHER Patrick, "Parametricism - A New Global Style for Architecture and Urban Design", in *AD Architectural Design - Digital Cities*, Vol 79, no. 4, juillet/août.

33. LYNN Greg, *Devenir natif du numérique : des notes sur une sélection d'artefacts de l'architecture numérique de la fin du XX<sup>e</sup> siècle*, op.cit.

34. CARPO Mario, "Pecha Kucha", Volume *coworking*, 05 avril 2018.

aux fonctionnalités du bâtiment. Le but ultime du paramétrique est qu'un ordinateur puisse calculer chaque facteur imaginable et fournir un bâtiment qui les réponde et les reflète tous, réalisant ainsi une architecture basée sur des données scientifiques rationnelles par opposition à des jugements artistiques intuitifs<sup>31</sup>.

Cette méthode de travail est au coeur de la pratique du studio d'architecture emblématique Zaha Hadid Architects créé en 1980 par Zaha Hadid et actuellement dirigé par son associé Patrick Schumacher. Ce dernier a largement contribué à théoriser et promouvoir le *Parametricism* aussi bien en tant que méthode de travail qu'en tant que style architectural en définissant les règles sous-jacentes indiquant les directions méthodologiques et esthétiques à suivre<sup>32</sup>. En faisant de l'esthétique computationnelle issue de calcul informatique, un style architectural à part entière, les architectes ont pu assumer les formes produites par les scripts qu'ils conçoivent.

Le développement des outils de conception numérique, a contribué au renouvellement de la discipline architecturale en terme de méthode de travail, de productivité, de conceptualisation et d'esthétique, leur permettant d'intégrer dans leurs recherches davantage de complexité, d'ingéniosité et d'innovation<sup>33</sup>. Aujourd'hui ces technologies sont devenues la norme et certaines sont directement intégrées dans les logiciels de CAO à destination des architectes.

## Simulation et optimisation

En connectant de façon interactive la génération des formes aux contraintes physiques exercées par les efforts sur la matière, les concepteurs ont apporté des solutions novatrices en réponse à des enjeux contemporains déterminants. Nous vivons à une époque où l'accès aux informations et aux compétences techniques est toujours plus disponible et moins cher, les logiciels peuvent apporter des réponses quasi instantanément alors qu'il y a quelques années, il aurait fallu confier le calcul et la validation d'une solution à une équipe de scientifiques très onéreuse. Paradoxalement, la disponibilité des matières premières se raréfie et son coût augmente. De plus, notre civilisation est confrontée à des enjeux environnementaux dûs à la pollution dégagée par l'activité humaine. Il est donc nécessaire de mieux concevoir et produire nos objets. L'exploitation du calcul informatique pour fournir des solutions plus pertinentes semble être intéressante.

Comme l'explique Mario Carpo, professeur et historien de l'architecture, le cerveau humain de par sa nature nous oblige à compresser le traitement des informations<sup>34</sup>. Il donne pour exemple les fonctions mathématiques exprimées sous forme d'équations qui nous permettent de trouver la valeur d'un point sur une courbe

sans avoir à tester tous les nombres un par un jusqu'à trouver le bon. Le fonctionnement de l'ordinateur est différent, il n'y a pas besoin de compresser le traitement de l'information car l'ordinateur va tester tous les nombres sous forme d'une liste jusqu'à trouver la bonne solution<sup>35</sup>. Pour un problème de conception en design, le postulat est le même, l'humain va travailler jusqu'à trouver une solution convenable, la tester et recommencer si celle-ci ne convient pas. Alors que si l'on arrive à exprimer ce même problème dans un programme informatique, l'ordinateur va calculer toutes les solutions possibles jusqu'à trouver les solutions optimales tant que les instructions et les règles sont correctement énoncées en langage informatique.

35. CARPO Mario, "Pecha Kucha", op.cit.

Pour expliquer la logique de l'informatique, Mario Carpo fait le parallèle avec le travail d'un artisan qui conçoit une chaise, si celle-ci casse, il va en re-fabriquer une autre plus solide en tenant compte des erreurs de la précédente, il qualifie cette méthode de *try and error*.

***"En 10 minutes un ordinateur peut faire plus de try and error qu'un artisan dans toute sa vie."***<sup>36</sup>

36. Ibid..

C'est comme cela qu'il justifie la pertinence de l'usage du calcul informatique pour résoudre un problème de conception spécifique. Si l'on met en perspective la logique informatique, aux enjeux environnementaux auxquelles nous sommes confrontés, celle-ci peut nous permettre de mieux utiliser la matière, c'est-à-dire la répartir en fonction des efforts produits lors de l'utilisation.

Le designer Joris Laarman explore les possibilités offertes par les outils numériques pour concevoir différemment les objets domestiques. En 2014, il crée *Gradient Chair* [Fig.32]. Cette chaise en aluminium fritté au laser, est conçue à partir d'un motif évolutif tridimensionnel qui se densifie en fonction des zones fonctionnelles spécifiques telles que les piétements, l'assise ou le dossier. Au regard du procédé de fabrication additive l'intérêt est flagrant. Contrairement au moulage, on peut choisir la façon dont la matière va se répartir et ainsi enlever là où il n'y en a pas besoin. Il n'est pas pertinent concevoir un modèle 3D aussi complexe en modélisation directe. La conception paramétrique et algorithmique prend son sens car en définissant correctement les instructions données au programme, le motif va se répartir automatiquement de façon graduelle sur la forme souhaitée en fonction des efforts exercés sur les différentes zones fonctionnelles.

Pour produire des supports moteurs plus performants, le professeur d'ingénieur allemand Lothar Harzheim et le Centre de développement international Adam Opel GmbH se sont inspirés du principe dont les organismes vivants tels que les os ou les arbres développent leurs structures internes pour offrir un rapport poids-résistance optimal en ajoutant ou en enlevant de la matière selon

37. LAARMAN  
Joris, *Bone chair*,  
2006.

les contraintes de leur environnement. L'algorithme qu'ils ont conçu reproduit le même processus, il permet d'enlever toute la matière qui n'est pas nécessaire, sans affaiblir la pièce, ils obtiennent ainsi un design qui atteint une résistance maximale avec un minimum de matière<sup>37</sup>. Le designer Joris Laarman a ré-exploité cet algorithme pour produire la chaise *Bone chair* en 2006 [Fig.33]. Son esthétique organique complexe est généré en appliquant les efforts produits lors de son utilisation dans un logiciel de simulation [Fig.34]. La matière est ajoutée là où les efforts se produisent et elle est enlevée là où il n'y a pas d'effort. La chaise est produite en aluminium coulé dans des moules imprimés en céramique puis assemblés de sorte à ce que la chaise soit produite en une seule coulée.

Les productions de Joris Laarman ont pour vocation de démontrer des possibilités apportées par les outils numériques en terme de méthodes de conception et de fabrication plutôt que d'être réellement fonctionnelles. Leur destination est celle des musées et des galeries.

C'est dans des domaines plus techniques que l'utilisation de ces outils d'optimisation structurelle prend tout son sens. Dans l'aéronautique et dans l'automobile chaque gramme de matière enlevé est synonyme de gain de performance et d'économie de carburant. Pour faciliter le travail des concepteurs en amont, les éditeurs de logiciels tel que Dassault systèmes ou Autodesk ont développé des solutions qui permettent d'exploiter les techniques d'optimisations structurelles sans avoir à coder soi-même l'outil. Autodesk a développé en 2014 le logiciel *DreamCatcher* pour rendre accessibles ces technologies au plus grand nombre. Pour illustrer les possibilités offertes par leur logiciel, Autodesk a initié un partenariat avec Lightning motorcycle pour concevoir un bras arrière de moto [Fig.35]. Le concepteur définit ses critères en terme d'objectifs de fonctionnalité, de performance des matériaux utilisés et des impératifs de coût afin d'optimiser la résistance et le poids des pièces. Le logiciel vient ensuite proposer toutes les variantes formelles correspondantes<sup>38</sup> [Fig.36].

38. BRUMENT  
François,  
CAMPAGNOLI  
Maëlle,  
*Impression 3D  
usine du futur*,  
Paris Dunod,  
2016, p.73.

Les algorithmes utilisés pour réaliser les opérations d'optimisations structurelles génèrent des formes à l'aspect organique qui rappellent les os. Si tout le monde utilise les mêmes logiciels, ne risque-t-on pas de toujours voir le même langage formel apparaître ? J'ai posé cette question à Sébastien Smetryns, designer chez Dassault systèmes.

*“Les concepteurs doivent considérer ces solutions comme génératrices d'informations techniques indicatives. L'algorithme nous donne la forme optimale qui va pouvoir supporter les charges définies avec un poids et une quantité de matière largement inférieurs à ce qu'on a sur une structure plus conventionnelle. On va avoir, grâce à ces outils, la possibilité de continuer une recherche formelle*

*sur la base des indications obtenues. On n'est pas obligé de garder telles quelles les formes générées par l'algorithme même si elles auront certainement une influence sur la forme finale. L'idée est de quand même laisser une grande liberté d'action aux designers pour garder leur parti pris formel.*"<sup>39</sup>

D'après lui, c'est au designer de faire la part des choses, le logiciel est là pour automatiser des tâches de calcul complexe et non pas produire la forme finale.

Le studio d'architecture Certain Measures a développé en 2015 le projet *Mine the scrap* en concevant un logiciel basé sur un algorithme d'optimisation. Leur intention de départ est de convertir des déchets en ressource. Ils récupèrent des stocks de débris de construction irréguliers et non uniformes. Ces débris sont ensuite numérisés et classifiés puis l'algorithme vient proposer un assemblage formant une nouvelle structure à partir des stocks de matières disponibles [Fig.37]. *Mine the scrap* crée un nouveau cycle de vie des déchets, mais aussi un nouveau vocabulaire de conception basé sur les ressources disponibles<sup>40</sup>.

Ce projet manifeste a été exposé au centre Pompidou lors de l'exposition *Coder le monde*<sup>41</sup>. Il ouvre la voie à de nouvelles façons de concevoir en automatisant le tri et la classification des matériaux de récupération toute en proposant la meilleure façon de répartir ces matériaux pour créer des structures optimisées.

## Design non standard et personnalisation

Les outils paramétriques et algorithmiques ont engagé une remise en question profonde de notre façon de penser, concevoir, fabriquer et diffuser basée jusqu'alors sur une matière figée. Comme l'explique le designer François Brument :

*"Le design industriel, issu de processus mécaniques, avait induit une production d'objets standards qui étaient systématiquement les mêmes et, d'une certaine façon, une forme de méthodologie en entonnoir partant de l'évaluation d'un contexte multiple vers une réponse unique. Le numérique permet au contraire, dans un contexte multiple, d'apporter des solutions multiples."*<sup>42</sup>

Les outils algorithmiques combinés aux outils à commandes numériques ont autorisé de nouvelles façons de produire, telles que la production en série d'objets non standards, la personnalisation de masse et la fabrication à la demande.

39. SMETRYNS Sébastien, *entretien avec l'auteur*.

40. WITT Andrew, "architecture et design, coder le monde 2", Centre Pompidou, 16 juin 2018.

41. *Coder le monde*, Centre Pompidou, Paris, 15 juin 2018 au 27 août 2018.

42. FETRO Sophie, "François Brument : l'enseigne du numérique", *Strabic*, 27 mars 2012.



Les premiers à exploiter cette combinaison d'outils pour concevoir des productions non standards sont encore une fois les architectes. Les outils à commande numérique tels que les fraiseuses ou les découpeuses laser, plasma ou jet d'eau ont rendu possible la conception de bâtiments dont les composants tels que les vitres ou les structures n'avaient plus besoin d'être normalisés et standardisés pour répondre à des objectifs économiques. En effet, ces nouveaux moyens de fabrication ont permis de produire des composants non standards pour un coût de revient identique à celle d'une production basée sur des composants standardisés.

Celui qui a réellement théorisé le lien entre conception paramétrique et outils de fabrication numérique est Bernard Cache. Il initie sa recherche sur le non standard dès 1986 dont il pose les fondements théoriques en collaborant avec Gilles Deleuze dans le livre *Le pli*<sup>43</sup>. Se positionnant sur la singularité des besoins et des goûts des consommateurs, il remet en question la notion d'objets standards en définissant par le terme d'*Objectile*, un nouvel objet dont la conception n'est plus prise dans une recherche de forme définitive et constante mais basée sur une fonction mathématique prise dans un "continuum de variation" permettant de donner une forme différente à chaque exemplaire d'une même série<sup>44</sup>.

Au début des années 90, il crée avec Patrick Beaucé la société Objectile dont les recherches portent sur le design par le calcul et la génération automatisée de programmes d'usinage. Ils souhaitent démontrer comment les logiciels de CAO pouvaient intégrer des outils mathématiques permettant de générer des formes complexes par leur topologie, leur courbure et leur texture. Pour ce faire, ils ont collaboré avec des développeurs pour créer leur propre outil de conception basé sur le noyau du logiciel *TopSolid* édité par le groupe Missler. Ce qui est réellement intéressant dans la structure de cet outil est l'associativité entre les différents éléments. Comme l'explique Patrick Beaucé :

*" Sur la base de deux ou trois éléments de départ, on pouvait construire autant de relations que l'on jugeait nécessaire. La modification de la position d'un seul de ces points modifiait le projet à tout moment. Il était alors possible, en changeant les éléments premiers, de générer toute une série de projets, de formes différentes quoique reposant sur les mêmes règles. Le concept de non-standard consistait précisément dans cette possibilité de rejouer l'ensemble des relations du programme, depuis sa conception jusqu'à la finition, y compris les programmes d'usinages employés."*<sup>45</sup>

L'intérêt est donc de pouvoir produire industriellement des séries d'objets dont chaque exemplaire est unique sans avoir à les dessiner un par un et sans que cela augmente le temps ou le coût de production.

43. DELEUZE Gilles, *Le Pli - Leibniz et le Baroque*, Paris, Les éditions de minuit, 1988.

44. MIGAROU Frédéric, MENNAN Zeynep (sous la dir.) *Architecture non standard*, Paris, Centre Pompidou, 2003.

45. BEAUCÉ Patrick, *archive objectile*, in PEYRICOT Olivier (sous la dir.), *Objectiver*, Saint-Étienne, Cité du Design, 2016.

Les premières applications industrielles des recherches menées par l'atelier Objectile apparaissent entre 1994 et 1997, notamment de nombreuses variantes de panneaux en bois fraisé [Fig.38] ou encore des éléments de mobiliers [Fig.39]. En 1998, L'atelier met en ligne sur son site web une application permettant à l'utilisateur de modifier un motif à partir de plusieurs paramètres.

En 1997, Bernard Cache publie le livre *Terre Meuble*<sup>46</sup> dans laquelle il expose tous les concepts explorés lors de ses recherches sur le mode de production non standard. La somme des travaux de Bernard Cache et de son atelier Objectile a posé les fondements philosophiques, techniques et méthodologiques d'une nouvelle façon de penser la production industrielle et sérielle en opposition avec la notion de standardisation. En poussant beaucoup plus loin les expérimentations sur les séries diversifiées que des designers comme Gaetano Pesce dans les années 70-80 avaient déjà commencé à formuler.

46. CACHE Bernard, *Terre Meuble*, Orléans, Editions HXX 1997.

Le travail et les réflexions de l'atelier Objectile ont ouvert la voie à une nouvelle génération de designers telle que Nervous system ou François Brument apportant chacun leur pierre à l'édifice d'une production libérée de la standardisation grâce à la flexibilité des outils numériques. Ils explorent chacun à leur manière des façons de rendre pertinente la possibilité de produire des objets dont chaque occurrence est différente.

L'aspect limitant dans le travail de l'Objectile est le fait que la variation entre deux objets d'une même série n'est le fruit que d'une modification d'un paramètre dans la fonction mathématique de manière aléatoire. La réponse qui paraît évidente est non plus de subordonner la variation à une décision aléatoire mais de la relier à la subjectivité voire aux caractéristiques physiques de chaque individu. L'ère de la standardisation et de la production de masse mécanisée laisse peu à peu la place à celle de la personnalisation de masse et de la production automatisée.

Nervous system a créé en 2014 *Kinematics apps*, c'est une application accessible depuis leur site internet qui permet de concevoir un bijou personnalisé [Fig.40]. Au travers d'un logiciel intuitif, les utilisateurs peuvent sculpter la forme de leur bijou et contrôler la densité du motif. Le prix du bijou s'adapte en temps réel à la taille et à la quantité de matière nécessaire pour le produire<sup>47</sup>. Les bijoux sont ensuite produits en fabrication additive ce qui permet de les produire en fonction de la demande. Ainsi hormis le temps passé à concevoir l'application, le coût d'investissement de la part de Nervous system est quasi nulle. Proposer une application disponible sur le web est un bon moyen de rendre accessible la personnalisation d'un produit mais faut-il encore que les consommateurs aient envie de l'utiliser.

47. Nervous sytem, *Kinematic apps*, 2014.

Le designer François Brument a fondé en 2006 le studio In-Flexions avec lequel il explore les potentiels de la création numérique dans le champ du design. Avec le projet *vase #44* dévoilé en 2008, le studio explore de nouveaux moyens intuitifs et sensibles pour personnaliser des objets. Ici le moyen choisi est le son. Le dispositif comprend un capteur sonore et un programme informatique qui analyse le son. L'utilisateur va émettre des sons en parlant, en sifflant ou en soufflant qui vont permettre de générer la forme du vase. Plus le son capté est long plus le vase est haut, plus le son est fort, plus le vase est large. Les modulations du grave à l'aigu donne les ondulations au volume. Chaque vase ainsi conçu est différent. L'utilisateur peut réitérer le processus de conception jusqu'à obtenir le vase qui lui plaît [Fig.41]. Ce projet est destiné à être exposé de sorte à investir le public de façon interactive dans l'acte de création.

Le designer n'est plus le concepteur tout puissant qui impose une forme figée aux objets mais plutôt un chef d'orchestre qui vient définir un ensemble de règles régissant une infinité de variantes possibles tout en garantissant la viabilité de ces variantes. François Brument illustre cette réflexion avec l'exemple d'une chaise :

***“Si l'on reprend l'exemple d'une chaise, sur mesure et adaptable aux envies et spécificités de chacun, il ne s'agit plus de penser les deux, trois ou quatre modèles faciles à qualifier ou distinguer, mais bel et bien de programmer toutes les règles et logiques qui permettent de faire en sorte que chacune des chaises produites puisse répondre aux désirs des utilisateurs, tout en restant fabricable et fonctionnelle.”<sup>48</sup>***

48. BRUMENT  
François,  
*variations* in  
PEYRICOT Olivier  
(sous la dir.),  
*Objectiver*, Saint-  
Étienne, Cité du  
Design, 2016.

L'implication de l'utilisateur dans un processus de conception interactif et sensible semble permettre de faire naître entre celui-ci et l'objet conçu un lien d'attachement et d'estime car l'utilisateur aura l'impression d'avoir injecté une partie de lui dans son objet.

Les outils de productions automatisés à commandes numériques tel que les fraiseuses, les bras robotisés ou les machines de fabrication additive ont permis de développer de nouveaux modèles productifs et économiques non plus basés sur l'offre mais sur la demande ouvrant la voie d'une production sur mesure. L'accessibilité des moyens de numérisation de données analogiques telles que les scanners 3D ou les différentes sortes de capteurs ont facilité l'intégration et le traitement de données issues du monde physique dans des programmes de conception numérique. On peut donc intégrer et traiter dans un programme de conception paramétrique des paramètres issus des caractéristiques physiques des utilisateurs telles que son poids, sa taille, sa morphologie.

Nervous System a conçu en 2014 *Kinematic cloth app*. Cette application permet d'importer un fichier contenant le scan 3D de son corps puis de venir personnaliser le vêtement [Fig.42]. Le système de personnalisation fonctionne en plusieurs étapes.

Après avoir choisi un modèle de vêtement parmi les cinq proposés (robes, jupes ou tee-shirts), on peut venir sculpter le vêtement sur le principe de point d'ancrage que l'on vient manipuler pour modifier la forme du vêtement. La deuxième étape fonctionne sur le principe de la peinture numérique, on dispose d'une *brush* dont on peut faire varier la taille et l'intensité. Avec la souris, on vient colorier les zones dont on veut faire varier la densité de la taille du motif. La troisième étape fonctionne sur le même principe de *brush*, on vient sélectionner un motif parmi ceux proposés puis peindre le vêtement pour appliquer le motif dessus<sup>49</sup>. On peut ensuite commander sa création qui sera produite en résine par le procédé SLS (*selective laser sintering*). Grâce à sa structure flexible et pliable, constituée de petits modules articulés, le vêtement est compressé pour pouvoir rentrer dans le volume d'impression maximum permis par le procédé de fabrication et être produit en une seule fois. Ce projet est démonstratif des possibilités en terme d'interactions offertes par les outils de conceptions paramétriques et par la possibilité de les rendre accessible à tous via un site internet et un processus de personnalisation intuitif.

49. Nervous system, *Kinematic cloth app*, 2014.

Le domaine du vêtement semble être un terrain d'exploration privilégié pour le design paramétrique basé sur des données issues de l'utilisateur. Dans le cadre du projet *Quant-U*, le laboratoire d'innovation ECCO a collaboré avec FashionLab, l'incubateur technologique de Dassault Systèmes [Fig.43]. Le projet présenté lors de la *design week* de Milan 2018 porte sur des chaussures avec des semelles intercalaires réalisées à partir de données recueillies par des capteurs portables et des scanners 3D [Fig.44].

***“Les chaussures sont automatiquement conçues en fonction des paramètres biomécaniques et orthétiques uniques de l'utilisateur, ce qui représente une révolution dans le confort technique ultime [Fig.45].<sup>50</sup>”***

Le *Data-driven* design et les lignes de production automatisée ouvre la voie à de nouvelles façons de personnaliser les objets à partir de critères objectifs tels que la morphologie des utilisateurs. La conception de nombreux objets dont le critère ergonomique est primordial pourrait être repensée grâce à l'intégration de ce type de paramètres. L'utilisateur peut aussi être intégré au processus de conception. Les designers imaginent des façons de lui permettre d'exprimer sa créativité et sa subjectivité sans pour autant avoir de compétences particulières, au moyen d'interfaces ou de dispositifs intuitifs.

50. FashionLab “FashionLab collaborates with ECCO on a 3D print footwear project”, *blog.3ds*, 3 novembre 2017.

Pour autant les outils numériques ne cloisonnent pas la conception et la recherche technique dans un environnement uniquement virtuel mais peuvent aussi apporter des solutions quant à la réalisation physique et notamment dans la conception de nouveaux systèmes de fabrication.





# Des outils sur mesure





## Entretien avec Sophie Fétro, Maîtresse de conférence à l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne

J'aimerais que l'on revienne sur votre article "Les outils numériques artisanalement modifiés"<sup>51</sup>. Je m'intéresse au design de process et de détournements d'outils : comment expliquez-vous que les designers soient insatisfaits des systèmes productifs existants et qu'ils aient envie de créer leurs propres outils ?

*C'est une hypothèse que j'émetts en me questionnant sur les raisons pour lesquelles les designers se sont mis à créer leur propres machines. Qu'est-ce qui motive cette envie ? Il faut commencer par le fait que lorsqu'on est étudiant on n'a pas forcément les moyens de travailler directement avec des industriels. C'est d'abord un moyen d'avoir ses propres outils de productions. Il y a déjà cette recherche d'autonomie qui peut naître chez certains étudiants. Il y a aussi une notion de liberté parce que l'on peut les utiliser à notre façon. Même si on trouve un industriel avec qui collaborer, on ne pourra pas intervenir directement sur la machine.*

*Je pense que cela vient aussi de la frustration de ne pas pouvoir pousser la machine dans ses retranchements, d'explorer les limites quitte à casser la machine, puisqu'on pourra toujours venir la réparer après. Cette acquisition d'outils est aussi permise par le développement du DIY et du mouvement maker, avec l'apparition des machines RepRap<sup>52</sup> [Fig.46] et autres machines open source et low cost. L'accessibilité de ces outils donne une nouvelle dimension à la créativité des designers. Cette insatisfaction pousse les designers à tenter de nouvelles façons de produire qu'ils n'auraient pas forcément imaginées s'ils avaient eu accès à des moyens de production industrielle.*

**Est-ce que ces pratiques sont apparues avec le numérique ou existaient-elles déjà avant ?**

*Elles existaient mais sous d'autres formes : par exemple Gaetano Pesce, qui travaille dans une fabrique avec un atelier, des assistants. Il a pu développer une production presque artisanale en expérimentant directement sur le processus de production. On peut aussi penser à l'approche de Jean Prouvé qui va aller jusqu'à créer sa propre usine pour pouvoir intervenir sur son outil de production. Ou des gens comme Alvar Alto qui va travailler avec des industriels et qui va vraiment aller dans les usines et travailler auprès des ouvriers pour pouvoir obtenir les résultats recherchés avec les moyens de production disponibles et les faire évoluer au besoin.*

51. FETRO  
Sophie : "les  
outils numériques  
artisanalement  
modifiés", *Strabic*,  
2011.

52. RepRap :  
réplication  
rapid prototype,  
première  
imprimante 3D  
*low cost* et *open  
source* inventé  
par Adrian Bower  
en 2005.

# Expérimentation et production

La création ou le détournement d'outils pour la recherche de nouvelles formes de fabrication n'est pas une nouveauté dans le champ du design. Mais cette démarche combinée à l'automatisation permise par les outils numériques pourrait dévoiler un potentiel bien plus grand qu'une simple recherche technique. Parmi les raisons qui poussent les designers à fabriquer leurs propres outils, Sophie Fétro évoque les notions d'autonomie et d'indépendance, celles de pouvoir expérimenter au plus près des techniques de production. Elle parle de la mise en place d'un "rapport sensible et exploratoire à la technique" dans une recherche de mise en forme inédite de la matière.

*"Le designer est donc plus que jamais l'instaurateur d'un résultat surprenant, celui qui met en place les conditions de sa survenue, ni en prévoyant tout à fait ce qui adviendra, ni en se soumettant entièrement aux outils et technologies employés. Car il attend de la technique qu'elle occasionne quelque chose qu'il n'avait pas exactement prévu préalablement, condition même du caractère de nouveauté de ce qu'il pourra générer. Le fait de ne pas se conformer exactement aux règles d'usage et aux programmes de pilotage existants, de fabriquer des machines non conventionnelles permet aux designers de faire exister, à des degrés divers, des ruptures dans les usages et les traditions techniques. Il ne s'agit pas pour le designer d'être dans la stricte observance des règles édictées par un mode d'emploi mais dans un rapport émancipé aux programmes. Sans doute pouvons-nous percevoir là l'un des buts essentiels du design qui consiste à ne pas seulement recourir conventionnellement à des techniques mais à les désorienter des habitudes productives."<sup>53</sup>*

Cette citation est évocatrice de la démarche des designers souhaitant mettre en place de nouvelles techniques de fabrication singulières. Ceux que le designer Pierrick Faure appelle "*Designers-makers*", qui interrogent leurs productions par le process et conceptualisent par l'outil<sup>54</sup>".

Le designer hollandais Dirk Van Der Kooij a développé en 2010 le projet *Endless Process*. Il acquiert d'un bras robotisé, habituellement réservé à des productions industrielles automatisées, qu'il combine au process de fabrication additive par dépôt de fil [Fig.47]. Pour cela, il place à l'extrémité du bras robot qu'il a préalablement reprogrammé, une tête d'extrusion chauffante et un réservoir de grains de plastique. Ce procédé permet d'imprimer des grosses couches de plastique et ainsi dépasser les limites des imprimantes 3D classiques en terme de temps et de coût d'impression. L'une des contraintes principales de ce procédé est l'impossibilité d'interrompre le processus d'extrusion, cela a un

53. FETRO, Sophie.  
"Bricolages en design. Inventer des rapports non réguliers à la technique", *Techniques & Culture*, vol. 64, no. 2, 2015, pp. 152-167.

54. FAURE Pierrick, *Machine à faire*, in PEYRICOT Olivier (sous la dir.), *Objectiver*, Saint-Étienne, Cité du Design, 2016.

impact direct sur le dessin des objets qui devront être dessinés d'un seul trait continu [Fig.48]. De ce fait la conception des objets produits est empreinte des caractéristiques techniques du procédé de fabrication, leurs apportant une esthétique singulière qu'aucun autre procédé de fabrication ne saurait justifier. Pour Dirk Van Der Kooij, ce projet a été l'occasion de se lancer dans une démarche d'auto-production en mettant en place un procédé de fabrication aussi singulier que performant.

Pour d'autres, la mise en place de procédé sur mesure se fait dans un but prospectif. Petr Novikov, Saša Jokic de l'Institut d'Architecture avancée de Catalogne (IAAC) et l'équipe de Joris Laarman Studio ont développé le projet *Mataerial*. Leur souhait est de neutraliser les effets de la gravité obligeant les imprimantes 3D à superposer lentement des couches bidimensionnelles. Ils ont ainsi développé un système d'extrusion innovant et une résine à durcissement ultra rapide permettant d'imprimer en trois dimensions sur n'importe quelle surface de travail quelque soit son inclinaison ou son lissage [Fig.49]. De plus contrairement aux couches 2D superposées qui ignorent les contraintes structurelles de l'objet, les courbes tridimensionnelles produites lors de la fabrication suivent les lignes de contraintes de la forme car elles sont imprimées d'une seule extrusion. Ce projet issu d'une collaboration fructueuse a permis de dépasser un grand nombre de contraintes inhérentes au procédé d'impression 3D par dépôt de fil. Il prouve la capacité des designers à s'emparer de problématiques techniques et à y apporter des solutions innovantes.

Concevoir ses propres machines sur mesure rend indépendant le designer vis-à-vis des fabricants. Ces machines permettent aux designers de se lancer dans une démarche d'auto-production ou de pouvoir pousser beaucoup plus loin les expérimentations techniques. Cette facette du travail du designer interroge les compétences du métier. Il ne s'agit plus de concevoir et de dessiner des objets puis d'en déléguer l'estimation de la faisabilité à un bureau d'étude et la fabrication à une usine. Il s'agit d'acquérir ou de concevoir son propre outil de sorte à ce que chaque objet produit soit le témoin d'une prouesse technique combinant des savoir-faire issus de l'ingénierie, de l'électronique et de la programmation informatique. Le designer se garantit ainsi une pleine maîtrise sur chaque étape du projet, lui permettant d'y incorporer ses revendications et positionnements.

## Des outils manifestes

Les outils créés sur mesure peuvent porter en eux les revendications de leurs créateurs souvent issus d'une critique du système productif existant. C'est l'occasion pour les designers de remettre en question notre façon de produire et de consommer en proposant des utopies ou des alternatives tangibles. Les revendications qui ont amené des designers à concevoir

leurs propres machines artisanales partent souvent d'un aspect environnemental, social ou pédagogique. Ces projets tendent à recycler des matériaux ou à réutiliser des déchets. Certains répondent à des problèmes liés à la délocalisation de l'industrie et au chômage, en ouvrant la voie d'une production plus locale et plus distribuée. Pour d'autres, l'objectif est d'opérer un changement de mentalité en sensibilisant les consommateurs aux revendications citées précédemment.

Le designer Dave Hakkens a lancé en 2013 le projet collaboratif *Precious Plastic*. Ce projet a pour but de combattre la pollution due aux déchets plastiques. Pour cela le designer a un mis en place un site internet sur lequel il présente une série de quatre machines nécessaires au recyclage et à la re-valorisation des déchets [Fig.50]. La série est composée d'une broyeuse permettant de transformer des déchets plastiques en matière première, d'une extrudeuse permettant de fabriquer des objets par enroulement ou du fil d'impression 3D, d'une machine à injection qui permet de fabriquer des objets par moulage et d'une machine permettant de fabriquer des objets par compression. Toutes les machines présentées sont en *open source*. Elles sont accompagnées d'un tutoriel et d'un kit de fabrication à télécharger de sorte à ce que n'importe quelle personne disposant d'outils basiques puissent les reproduire voir les adapter à ses besoins.

Autour de ce projet, le designer a cherché à développer une communauté de collaborateurs à travers le monde en mettant en place des contenus participatifs comme le forum de discussion dédié aux échanges autour du projet. Il a mis en ligne sur son site toutes sortes d'astuces et de conseils pour produire des objets de qualité. Une *marketplace* permet à tous de vendre les objets produits à partir des machines ainsi que des pièces permettant de fabriquer ces machines. Tout a été mis en place pour rendre le recyclage du plastique accessible à une échelle locale et développer cette pratique à travers le monde en mettant en place une communauté de contributeurs faisant vivre et évoluer un projet dont le point de départ était pourtant plus manifeste que pragmatique. Ce projet dont la volonté première était de rendre ses lettres de noblesses au plastique en rappelant le caractère précieux et durable du plastique pour faire évoluer la perception qu'en a le grand public vis-à-vis de la manière dont on le produit, le voit et le consomme comme l'explique le manifeste du projet :

***"Le plastique n'est pas bon marché par nature, c'est la façon dont nous, les humains, y faisons face. Les produits sont fabriqués en masse en quantités énormes pour maintenir les prix bas avec très peu d'attention accordée à chaque objet en plastique. Ce même objet pourrait rapidement gagner de la valeur en y consacrant du temps et des efforts supplémentaires"<sup>55</sup>.***

55. HAKKENS  
Dave, "manifesto",  
*Precious plastic*,  
2013.

A partir des quatre machines manifestes qu'il a développées sur mesure pour démontrer les possibilités de recyclage et de revalorisation des déchets à une échelle locale ou individuelle, le designer a réussi à mettre en place une plateforme web, des ressources et des contenus pour donner à chacun la possibilité de devenir acteur du projet et pour mettre à contribution les personnes intéressées. Le designer part d'un projet démontrant la possibilité de l'existence d'alternatives productives dans la façon dont nous exploitons le plastique pour au final aboutir à la création d'un projet citoyen et collaboratif dont l'ampleur n'a pas de frontière grâce à internet.


## Des outils performatifs et interactifs

Beaucoup de designers et de commissaires d'expositions souhaitent mettre l'accent sur le processus permettant de fabriquer plutôt que sur l'objet lui-même. En 2010, l'exposition *Design by performance* présentée au Z33 à Hasselt propose de montrer des machines en fonctionnement conçues par des designers. Entre dévoilement de savoir-faire et théâtralisation de la technique, cette exposition tend à donner les clefs de lecture pour comprendre le travail de recherche des designers avec un aspect didactique voire pédagogique.

Cette volonté de démystifier l'acte de fabrication a emmené les designers à concevoir des processus de fabrications interactifs intégrant les spectateurs dans leurs créations performatives. Dans le projet *Collective Works* présenté en 2011 lors de l'exposition *W-hotels designer of the future award* au Design Miami/Basel, Mischer' Traxler studio a créé un processus de fabrication intégrant le public de façon indirecte. Par la simple détection de la présence d'un observateur, le processus se met en marche et déroule une bande de bois pour l'enrouler sur une base tournante pour former un panier. Lorsque d'autres personnes se joignent à l'observation, des marqueurs viennent appliquer de la couleur sur la bande de bois [Fig.51]. Plus il y a d'observateurs, plus il y a de marqueurs qui s'activent et plus la couleur appliquée devient foncée, jusqu'à ce que les quatre marqueurs soient actifs et que la couleur soit noire. Chaque spectateur laisse ainsi sa marque sur l'objet et chaque panier devient un témoignage unique de l'intérêt du public pour la production de l'objet [Fig.52]. *Collective Works* interroge la relation entre l'homme et la machine. Le public est transformé en travailleurs indirects, dont les efforts portent essentiellement sur le temps passé à observer la machine<sup>56</sup>.

56. Mischer'  
Traxler Studio,  
"collective works",  
2011.

D'autres projets tels que *L'artisan électronique* conçu en 2010 par Unfold Studio et Tim Knapen font directement participer le spectateur dans le processus. *L'artisan électronique* est une oeuvre interactive composée d'une imprimante 3D à céramique [Fig.53] et d'un dispositif numérique constitué d'un scanner 3D



et d'un écran imitant le tour d'un potier. Cette oeuvre propose aux spectateurs de venir reproduire virtuellement le geste traditionnel de l'artisan potier et ainsi tourner leur propre contenant qui vient ensuite être réalisé par l'imprimante en 3D qui dépose couche par couche un composé à base d'argile. Ce dispositif performatif intègre le spectateur comme co-auteur de l'objet produit grâce à un moyen de conception intuitif [Fig.54]. Il permet ainsi de faire découvrir de façon didactique le travail de l'artisan potier. Dans ce projet, toutes les étapes menant à la fabrication d'un objet sont résumées de façon poétique en invitant le spectateur à y participer volontairement [Fig.55].

Le fait de faire passer le processus de fabrication avant l'objet fabriqué témoigne de la volonté des designers de dévoiler les différentes étapes, de la conception à la fabrication, en rendant visibles les recherches techniques qui ont mené à l'objet fabriqué. En réussissant à produire des machines autonomes capable de produire le temps d'une exposition, les designers démontrent la possible existence de chaînes de fabrications miniatures, locales, et personnalisées en temps réel permises par le numérique et l'automatisation. Au travers de l'aspect performatif et poétique de ses machines, le designer sensibilise les spectateurs à l'évolution de la production et à la façon dont ils peuvent y prendre part.







# **Interview : Ludovic Malle  ol**



Pour me faire une idée de la façon dont un praticien peut s'emparer des outils et des approches conceptuelles explorés dans le chapitre précédent, je suis allé à la rencontre de Ludovic Mallégo. Il a créé son entreprise *Robot Faber* et travaille au sein de *Factory 87*. C'est un atelier partagé avec d'autres artisans et artistes, situé à Saint-Léonard de Noblat (87400) en Haute-Vienne. En avril 2018, j'ai passé trois jours avec lui pour observer son travail et pour le questionner. J'ai restitué cette enquête ethnographique sous forme de questions réponses que j'ai commentées.

## Parcours et formation

### Quel est ton parcours ? Quelles formations as-tu suivies ?

*J'ai fait un Bac technique, puis des études de technologie à l'IUT de Limoges en DUT génie mécanique et productique. J'ai fait ces études car j'aimais dessiner des systèmes et les utiliser. Je n'avais pas peur d'utiliser les machines ou de créer des systèmes automatisés. À partir de là, j'ai commencé à travailler. J'ai été formé aux outils à commandes numériques : fraisage, tournage, dessin 3D sur ordinateur : c'était les débuts d'AutoCAD. J'ai ensuite travaillé dans l'enseignement pendant quelques années. Puis j'ai recommencé les études, j'ai obtenu une licence dans le domaine de la construction mécanique, c'est-à-dire le dessin et le calcul de structure. J'ai retravaillé dans l'enseignement comme prof de dessin industriel. En 2005, j'ai fait un CAP maçon avec les compagnons. En 2010, je suis parti à l'école du bois à Épina. C'est une école d'ingénieur du bois pour être charpentier. Je suis devenu conducteur de travaux en construction de bois. Cela m'a donné envie d'expérimenter les structures bois et j'ai pu concrétiser mon intérêt pour l'architecture avec la partie construction de bois, charpente, etc. J'ai travaillé pendant un peu plus d'un an dans une entreprise de charpente où j'étais responsable du bureau d'études, j'ai travaillé sur des maisons avec ossature bois et sur des commandes d'architectes. J'utilisais CADworks, un logiciel qui fait que de la ligne droite car pour la charpente, c'était souvent de la ligne droite mais quand j'ai quitté l'entreprise je n'avais pas les moyens de m'acheter la licence à plusieurs milliers d'euros, je me suis donc formé en autodidacte sur Rhinocéros 3D, sur lequel on travaille plus en courbes.*

### A quel moment as-tu décidé de travailler sur des systèmes de production automatisée ?

*C'était un projet que j'avais en tête depuis longtemps. Après avoir gagné un concours, j'ai eu les moyens d'investir dans un bras robot d'occasion. Avant je savais concevoir des systèmes automatisés mais je n'en voyais pas l'utilité. Quand j'ai eu le robot, il a fallu que je crée des systèmes automatisés avec des vérins, des distributeurs, des câblages [Fig.56]. Tout ce qui va avec le robot, l'unité de traitement de l'air, des boîtes de connection, un bornier. Le robot a un automate programmable à l'intérieur de son unité de commande, j'y envoie les signaux de sortie qui vont commander les systèmes pneumatiques, qui vont activer les gâchettes et envoyer l'air comprimé pour faire bouger les vérins.*

## Ce n'est pas à la portée de n'importe qui de pouvoir faire fonctionner un bras robot...

*Il ne faut pas avoir peur de la technique : j'ai hacké le robot, les entrées et les sorties. J'ai sorti toute la connectique à l'extérieur du robot de façon à pouvoir la débrancher et la rebrancher un peu comme un standardiste en fonction des projets. Ce sont des choses qui ne se font pas dans les entreprises classiques car les robots ont une tâche spécifiquement dédiée, tandis que moi, je change de processus de production tous les mois ou tous les deux mois donc j'adapte les branchements à chaque fois selon les fonctions dont j'ai besoin.*

Ludovic Mallégo possède au sein de son atelier un bras robot 6 axes de la marque Kuka, c'est ce type de robot qui est utilisé dans l'industrie pour automatiser les chaînes de production. Il en a détourné l'application classique pour en faire son outil de travail principal. L'utilisation de ce type d'outil requiert une certaine connaissance technique qu'il a acquise grâce à son parcours scolaire et professionnel. Il a aussi passé une semaine au sein de l'entreprise Kuka pour se former à l'utilisation du robot. Le robot est contrôlé depuis une tablette fournie avec le robot [Fig.57].

## Intégrer le client dans le processus de création

L'artisan indépendant accepte souvent des commandes sur mesure, c'est un de ses arguments commerciaux : être à la disposition des clients pour des projets que l'industrie de production de masse n'intéresse pas du fait de l'unicité ou de la marginalité de la demande.

### Comment as-tu commencé ton activité ?

*J'ai un copain potier qui me demande de lui fabriquer un oeuf en bois pour présenter ses pièces. Mais je ne savais pas quelle taille il voulait, combien d'étagères, combien de membrures, donc je voulais travailler sur quelque chose qui soit facilement paramétrable dont je peux faire varier des dimensions très facilement. Je n'avais pas envie de passer des mois à revenir dessiner et modéliser chaque modification sur mon logiciel 3D. C'est à ce moment-là que je me suis mis à travailler sur le logiciel Grasshopper en 2010, 2011. J'ai appris tout seul, j'ai lu les livres en Anglais, j'ai suivi les tutoriels. Un après-midi, je suis allé chez lui et on a discuté "alors combien tu veux de membrures ? Combien tu veux d'étagères ? Où est-ce qu'on met l'entrée ?" En fonction de ses besoins, Je peux modifier le fichier et visualiser les modifications en temps réel. On y passe une demi journée mais au moins je n'ai pas besoin de rentrer chez moi remodéliser, renvoyer le fichier pour savoir si ça convient, attendre son retour. Au bout d'un moment, c'est un peu lourd d'avoir des gens qui ne savent pas ce qu'ils veulent. Tandis que si tu arrêtes la décision devant la personne, il a vraiment l'impression de faire partie du processus, il est inclus dedans.*

## Est-ce que c'était une volonté du client de prendre part au processus de création ?

*Quand je travaillais dans l'entreprise de charpente, je m'étais aperçu que si tu inclus le client dans le processus de décision, en une demie-journée, les choix sont faits. Ce sont les siens et il n'y a pas besoin de revenir la semaine d'après représenter un nouveau projet et des nouvelles modifications. Par exemple on peut lui demander : "la fenêtre on la met à quelle hauteur dans la cuisine ?" On peut tester ce que ça donne à 70, 90 cm... Une fois que les décisions sont prises, on n'y touche plus et ça nous permet de gagner énormément de temps sur la partie création. Quand c'est une habitation, c'est souvent l'habitation de leur vie, c'est un sujet tellement sensible que quand tu leur présentes quelque chose, ils veulent comprendre mais ils n'ont pas forcément les connaissances pour. Donc c'était beaucoup plus simple de les faire venir avec moi dans le bureau d'études et de leur montrer les modifications possibles et au bout d'un moment ils arrivent à prendre des décisions. Du coup, le client participe à la phase de création, il comprend ce qui se met en oeuvre et il y a un climat de confiance qui s'installe car la personne se sent vraiment incluse dans le projet. Ce n'est pas une proposition fermée car souvent on reproche à l'artisan de faire ce qui lui semble le plus simple à faire pour le projet. J'intègre mes clients pour proposer des créations sur mesure, personnalisées et adaptées à des besoins singuliers. On peut dire que tout le monde est un peu designer, tout le monde se croit un peu artiste et a envie d'avoir quelque chose de personnalisé, qui lui corresponde vraiment. C'est plus une collaboration entre le concepteur et le client pour arriver à finaliser le projet. Il y a certains designers qui disent que leur rôle est de concevoir des algorithmes, c'est là que se situe sa partie créative.*

Ludovic pointe du doigt une problématique très intéressante, lorsqu'il travaille sur des projets de sur mesure. La difficulté pour les clients est de faire des choix, de prendre des décisions. Pour y remédier, il a décidé de se former sur le logiciel *Grasshopper* qui permet de faire de la modélisation paramétrique. Il peut donc modéliser le projet pour le faire visualiser au client et discuter sur les modifications nécessaires. Le logiciel paramétrique permet visualiser les modifications en temps réel. Dans ce système de travail, le logiciel est un outil accompagnant les échanges entre l'artisan et son client. Après chaque modification, le modèle virtuel s'actualise en fonction des paramètres modifiés. Le client peut ainsi comprendre ce qui se passe sans avoir à faire l'effort d'une projection mentale complexe. Il prend part au processus de création et ressent que les choix pris sont les siens. Les décisions sont prises en un temps relativement court. Si l'utilisation de ce type de logiciel se démocratise, les projets de conception sur mesure pourraient coûter moins cher. Reste à définir la pertinence de faire du sur mesure : quelle typologie d'objet a du sens pour que le temps passé à concevoir soit tout de même rentable ?

## Le sur mesure en créant des interfaces simplifiées

*J'ai conçu un système paramétrique pour générer des dômes géodésiques : je l'ai mis en ligne sur une plateforme qui s'appelle Shapedriver, c'est une plateforme spécialisée dans la diffusion de conceptions paramétriques.*

*J'ai posté mon programme, on peut directement intégrer des sliders pour faire varier des paramètres, donc les utilisateurs peuvent régler leurs dômes, le diamètre, la fréquence des assemblages, le nombre de portes etc, et ils ont automatiquement la surface au sol intégrée, le nombre de barres et le coût moyen. Dans mon processus je connais le coût des connecteurs, le coût des visseries, le nombre de boulons à commander, le coût et le temps d'usinage et la quantité de bois à commander. Si tu modifies des paramètres comme le diamètre du dôme, le prix se modifie automatiquement [Fig.58]. Par exemple, ce projet a été commandé par une association de cirque itinérant sur Shapedriver. Quelque soit l'heure du jour ou de la nuit, ils peuvent modifier directement depuis la plateforme le dôme dont ils ont besoin. Ils peuvent faire varier les paramètres en fonction de leur budget. Ils peuvent vérifier la longueur des barres de bois pour voir si elles rentrent dans leur petit camion. Ils voient le volume de bois qu'il doivent acheter. Comme ils n'avaient pas les moyens de l'acheter tout fait, ils m'ont commandé les plans tout simplement. Il y a 3 solutions, soit ils me commandent le modèle 3D et après ils se débrouillent pour faire les côtes d'usinage, soit ils me commandent le modèle 3D plus les plans avec les informations de coupe et de perçage et la dernière solution c'est de commander le dôme déjà fabriqué et ils ne restent plus qu'à faire l'assemblage, le prix comprend le bois coupé aux bonnes côtes, les connecteurs et la visserie. Pour couvrir le dôme, je fournis aussi les patrons de découpe. Avec ce projet, j'intègre les clients au processus de design, j'ai un modèle paramétrique et eux font varier les curseurs jusqu'à arriver au modèle qui leur convient et qui soit adapté à leur usage et à leur budget.*

### **Mais ton programme, quand tu le rends accessible aux gens pour qu'ils génèrent leur dôme, ils arrivent quand même à se l'approprier correctement ?**

*À partir du moment où il y a peu de paramètres à faire varier, les gens peuvent se l'approprier facilement. Le dôme est aussi une forme connue de tous donc c'est assez simple, il n'y a que 4 paramètres variables. Si les paramètres sont peu nombreux et si leur impact sur la forme est évidente (comme par exemple le diamètre) alors ça marche.*

Dans ce projet de dôme, Ludovic met en place une autre stratégie commerciale. Il conçoit un programme qui permet de générer le modèle paramétrique d'une structure. Il rend accessible ce programme paramétrique grâce à un logiciel qui permet de transformer son programme en interface simplifiée. La conception de ce programme peut être fastidieuse surtout lorsque l'on doit intégrer la visualisation des informations techniques mais une fois fait, c'est un gain de temps considérable. Pour le concepteur la première mise en place de ce type de programme, peut être techniquement très complexe mais une fois le principe compris et les algorithmes mis en place, ce sont des fonctions qui peuvent être ré-utilisées pour tout type de projet. Plus besoin de s'embêter avec des calculs complexes, ils sont automatisés dans le logiciel.

Ce mode de commercialisation est une réelle prise de risque. Le projet est développé en toute indépendance sans réelle demande ou besoin explicite. Mais l'intérêt est de délocaliser la diffusion de son travail grâce à Internet, tout en permettant aux clients de customiser son travail. Le développement du programme est artisanal mais la diffusion du programme est mondiale

à condition d'être bien référencé dans les moteurs de recherche. Souvent ce genre de projet est issu d'un besoin personnel de la part du concepteur qui profite de la flexibilité de son outil de conception pour espérer pouvoir ré-exploiter commercialement sa création grâce aux possibilités offertes par la conception paramétrique. Du côté du client, la possibilité de pouvoir modifier et visualiser à n'importe quel moment et en toute autonomie le produit souhaité est un plus pour celui qui sait faire des choix. Avec ce programme, la possibilité d'avoir accès aux informations techniques telles que la taille des barres de bois ou le prix permet de s'assurer que le produit désiré correspond à ses besoins et son budget.

## La collaboration avec d'autres artisans

J'ai constaté que dans son travail, sa principale clientèle n'est pas le grand public mais des artisans contents de pouvoir faire appel à un indépendant accessible capable d'automatiser toutes sortes de tâches.

### Quels types d'artisans viennent te voir ?

*En général c'est de l'artisanat d'art et de l'artisanat local, dans la région c'est souvent la porcelaine et l'émail. C'est vraiment les artisanats les plus traditionnels ici.*

### Comment les artisans locaux découvrent-ils ton travail ?

*Souvent grâce à l'Amap (Association pour le maintien d'une agriculture paysanne), il y a une autre qui fait partie du réseau des ateliers d'arts et aussi grâce au pôle des métiers d'arts. Donc principalement grâce à des structures associatives.*

### Est-ce que les artisans qui viennent te voir sont déjà à l'aise avec les outils numériques ?

*La plupart maîtrise des logiciels de PAO, de retouche d'image, ou de dessin vectoriel avec un niveau on va dire basique. Ils sont obligés car ils doivent souvent faire leur propre communication, leur publicité, leurs petites affiches.*

### Quelles sont leurs intentions lorsqu'ils viennent vous voir, est-ce qu'ils viennent avec une idée précise ?

*Non, on se pose plutôt la question de qu'est-ce qu'on va faire ensemble ? Au début c'est vraiment informel, on discute, je leur montre le robot. Et après on réfléchit à comment on pourrait se servir du robot pour l'aider, quel type de projet on pourrait développer ensemble. Par exemple j'ai travaillé avec un émailleur, nous avons réfléchi à des techniques d'usinage et de gravure pour qu'il puisse se concentrer sur le coeur de son savoir-faire. Avant la révolution industrielle, dans les ateliers, il y avait l'émailleur, le graveur, celui qui polissait... Maintenant les gens n'ont plus le réflexe de se réunir en savoir-faire complémentaire. Nous cherchons à confier à la machine certaines tâches qui ne sont pas de l'ordre du savoir-faire.*

**Quelle vision ont-ils des machines à commande numérique lorsqu'ils viennent te voir, est-ce qu'ils ont des a priori ?**

*J'ai travaillé avec un émailleur, il n'avait aucun a priori, il m'a dit "je veux utiliser les outils de mon temps, je veux augmenter la qualité de mes produits, je vais passer du temps à faire autre chose que de la gravure, ou à courir après des entreprises pour la faire faire." Ce qu'ils recherchent, c'est un gain de temps et la libération de certaines tâches.*

**As-tu mis en place une méthode de travail particulière ?**

*J'ai aussi travaillé avec la société Passage Secret. Ils font des rideaux de porcelaine à partir d'images dont ils convertissent les pixels en carreaux de céramique. Le premier rideau faisait 1200 pixels, ils ont passé 2 jours à relever le code RGB de chaque pixel pour pouvoir créer leur rideau. Je leur ai créé un algorithme, maintenant il génère des rideaux de 10000 pixels et ça prend 30 secondes. Sans l'automatisation du processus d'analyse d'images, ils auraient mis 15 jours. Je leur ai fourni l'outil, ils ont l'algorithme, ils analysent les images avec et ils obtiennent un fichier Excel qui leur donne tous les détails de fabrication. Sur la partie fabrication de mosaïques, on analyse ce qui coûte du temps et ce qui n'est pas intéressant à faire manuellement. Les mosaïques sont vendues très chères, c'est fait en Italie, les ouvriers passent 8 heures par jour à coller des petits carreaux de couleurs à l'endroit où il y a le numéro. C'est un travail d'ouvrier, on va pas le dénigrer mais on va regarder si on peut faire autrement.*

**Quel est leur part d'intervention dans le développement du processus de conception et de fabrication ?**

*Identifier leurs besoins et valider le résultat. Je commence par regarder leurs problématiques, leurs besoins. Après on revient chacun dans nos ateliers et on se revoit quelques temps après. Par exemple, j'ai travaillé avec un artisan italien qui voulait assembler des morceaux de bois. Nous avons discuté par Skype, puis je me suis mis au travail pour développer le système d'assemblage. Je suis seul dans mon atelier et je développe le processus. Après on fait quelques échanges pour valider le résultat.*

**Arrivent-ils à s'appropriier le processus final sans toi ?**

*Par exemple pour les rideaux de pixel en porcelaine, c'était relativement simple, j'avais mis des commentaires sur le script Grasshopper et j'ai réuni les fonctions par pavé de couleur. C'est comme si j'avais intégré le mode d'emploi dans l'interface de Grasshopper. Je leur transmets le script avec la volonté qu'il soit facilement appropriable. Après 3, 4 manipulations ils arrivent à le prendre en main. J'ai même intégré le quantitatif matière, ils peuvent directement l'exporter sur Excel et faire le devis.*



**Est-ce que les artisans avec qui tu as collaboré ont décidé de se former sur des nouveaux outils de conception numérique ou d'acquérir des machines à commandes numériques ?**

*Par exemple, les membres de Passage Secret pour qui j'ai réalisé les rideaux de porcelaine travaillaient sur Mac et ils ont investi dans un PC Windows exclusivement pour travailler sur Rhinocéros 3D et Grasshopper, c'était surtout pour pouvoir utiliser le programme que je leur ai conçu mais c'est pas pour autant qu'ils ont cherché à se former sur ces logiciels. Ils travaillent la porcelaine. Pour eux, ces logiciels sont des outils comme les autres. Ce n'est pas parce que tu as une perceuse que tu vas te mettre à faire de l'électricité. Après ils pensent à refaire des collaborations avec moi sur des systèmes plus complexes mais souvent ce qui les ralentit c'est le coût ou le temps de développement. S'ils doivent produire pendant trois mois pour amortir l'investissement, ça ne les intéresse pas.*

**Quel retour, quel résultat avez-vous sur vos collaborations passées ?**

*Je constate surtout que ça leur libère du temps sur la partie production.*

J'ai cherché à comprendre, au travers de l'expérience de Ludovic, quelle est la vision des artisans vis-à-vis de ces machines numériques. Il a constaté que les artisans avec qui il a collaboré ont une vision très positive de ces technologies. Ils les considèrent au même titre que leurs autres outils. Je constate que c'est la production finale de leurs idées qui préoccupe ces artisans et non le moyen qui leur permet de la mettre en forme. Du côté de Ludovic, le côté éthique est très fort car chaque projet de Ludovic propose d'identifier dans les différentes étapes de la production les tâches pertinentes à automatiser. Le but n'est pas de remplacer l'artisan mais de l'accompagner. Les critères sont le gain de temps sur la partie production de leur travail en éliminant certaines tâches répétitives non gratifiantes ou non génératrices de savoir-faire. De sorte à ce que les artisans puissent consacrer plus de temps sur les parties créatives, sur la qualité perçue de leur produit et sur la communication et la vente de leurs travaux. Ce gain de temps permet aux artisans de redevenir concurrentiels vis-à-vis de l'industrie en terme de productivité et plus précisément sur les coûts de production. La contrainte de rentabilité imposée par la vitesse de production des grandes industries peut détériorer la qualité de vie des artisans et la qualité du travail produit. La pression économique peut pousser certains artisans faire des projets plus *mainstream*, moins qualitatif ou alors à des prix bien trop élevés pour pouvoir toucher une clientèle grand public. D'un autre côté, cette contrainte permet de faire évoluer leur façon de travailler. Les solutions proposées par Ludovic sont des réponses à ces problématiques, du moment que l'artisan trouve le moyen d'amortir le coût de développement des solutions d'automatisation.

## **Automatisation artisanale et *Micro-factory* rurale**

Les projets de Ludovic sont donc tous liés à l'automatisation d'une partie du travail. Cela consiste à l'étude et la mise en place d'un processus de conception ou de fabrication souvent lié à son outil principal : le bras robot. Il faut voir ce bras robot comme un outil multi-fonctionnel et surtout programmable sur lequel il peut venir greffer toutes sortes d'outils complémentaires : fil chaud pour la découpe,

pistolet à clou, dremel avec fraiseuse... Ce bras robot est comme le bras d'un humain avec la possibilité de prendre en main un outil venant augmenter ses capacités. Sauf qu'une fois programmé, il peut répéter le même geste à l'infini avec une grande précision.

### **Donc tu conçois principalement des process ?**

*Pour chaque projet, il faut regarder ce que l'on veut en entrée et ce que l'on veut en sortie. Par exemple pour le projet de mosaïque, je sais qu'il y a des carreaux de céramique donc faut faire une chaîne de tri automatisée qui mette les carreaux à l'endroit ou à l'envers en fonction du process, ensuite il faut l'alimenter. Il faut que le robot pose les carreaux, il faut qu'il y ait un système automatique de déchargement des plaques. C'est une forme d'automatisation artisanale, les composants sont directement issus des magasins de bricolage. J'utilise des outils grand public qu'on pourrait trouver chez Leroy Merlin. Ensuite je hack tout ça et j'en fais ce que j'appelle des "micro factory rurales". Le fait d'être en milieu rural c'est intéressant parce qu'on pourrait installer directement le processus de fabrication à l'endroit où on consomme les produits.*

### **Cela pourrait être directement installé dans le magasin qui les vend ?**

*C'est un projet en cours, on est en milieu rural loin des centres de production, on aimerait concevoir des systèmes pour fabriquer des produits personnalisés. La personne vient avec sa matière première et la fabrication se fait sur place. Un peu comme un fablab mais un fablab rural ou une "micro factory" de personnalisation. Les gens viennent avec des objets déjà manufacturés et on les customise. Un de mes prochains projets serait de faire des conteneurs. Ils contiendraient des machines de production comme par exemple un conteneur fraiseuse numérique, un conteneur découpe laser, un conteneur bras robot. Ce serait des conteneurs mobiles, on irait chez les artisans et on les mettrait à leur disposition. Ils pourraient produire pendant quelques jours puis le conteneur irait chez un autre artisan. Ce serait un fablab rural mobile. Ce serait à réfléchir et à mettre en place, mais pour le moment ça reste à l'état de projet. Faudrait surtout trouver des partenaires, pour l'aménagement des conteneurs, après faudrait faire des études de sol pour stabiliser le conteneur, le mettre à niveau avec des vérins. C'est quand même un gros travail, c'est des choses qui ne viennent pas comme ça.*

## **La dé-standardisation et la customisation**

L'industrie rêve d'une plus grande flexibilité et souplesse dans sa production. Le penchant marketing de notre époque tend vers une consommation individualisée. Il faut donc une production personnalisée. Ce qui est difficile pour des petits objets du quotidien produits en millions d'exemplaires : vaisselle, vêtements, objets de décoration... La fabrication numérique et la conception algorithmique permettent aux industriels de se rapprocher d'une production non standard. La difficulté pour l'industrie est qu'elle est trop grosse, trop délocalisée pour se frayer un chemin jusqu'aux désirs individuels des consommateurs. Elle essaie bien sûr d'orienter leurs désirs grâce à la publicité. Elle donne l'illusion du choix en proposant le plus d'options possibles. Elle minimise les risques en produisant des éditions limitées

ciblant de plus petites parts de marché. Mais la proximité et la relation de confiance développées entre l'artisan et son client ne pourront être égalées par les stratégies commerciales des grands groupes.

### **Peux-tu m'expliquer ce que tu fais en ce moment ?**

*Je travaille sur des motifs paramétriques pour faire des gravures, j'ai conçu un algorithme à partir de ligne field, je trace manuellement deux courbes dans mon espace de travail, ce sont des courbes guides, il y en a une à l'extérieur et une à l'intérieur. Je peux les éditer à tout moment, ça ressemble à un profil topographique [Fig.59], [Fig.60]. J'affecte à ces courbes guides une rotation aléatoire et des courbes de transitions définies par les deux courbes guides. Ensuite je décide du nombre de modèles que je veux créer, la j'ai une série de 50 modèles avec un motif différent, j'enregistre mes 50 modèles et je les envoie au robot. J'ai donc un motif évolutif mais avec toujours les mêmes courbes guides. Il y a une petite variation entre chacun des modèles, c'est un processus continu de variation. Pour chaque production, j'ai un résultat différent mais la variation est discrète. C'est la mass customisation, tous les objets sont différents mais avec une identité semblable. Cette notion est issue de l'architecture contemporaine, qui est faite d'un ensemble de courbes lissées, souvent c'est ensuite triangulé pour beaucoup de bâtiments modernes : quand tu coupes des milliers de mètres carrés de surfaces courbes tu te retrouves avec des milliers de triangles tous différents mais semblables. C'est ce que je fais à une échelle beaucoup plus petite mais c'est toujours la même philosophie.*

### **Pour l'architecture contemporaine c'est devenu un processus commun d'utiliser les machines à commandes numériques mais pour une assiette ça reste marginal, est-ce le fait d'utiliser la conception et la fabrication numérique qui ramène une valeur ajoutée ?**

*Oui, récemment je discutais avec Léon Betoulle, le gestionnaire de l'entreprise qui me fournit les assiettes standards, on peut graver une assiette de porcelaine de Limoges en 3 minutes pour un coût d'environ 10 euros, une fois arrivée en magasin elle est vendue 20 euros. Actuellement il vend ses assiettes fabriquées en série entre 15 et 20 euros donc on arrive à être aussi concurrentiel qu'une production industrielle. Je pense que dans l'avenir les produits fabriqués en série coûteront aussi cher que ceux fabriqués de manière unique. Avec l'automatisation de la production et la personnalisation de la conception, les machines à commandes numériques peuvent être reprogrammées facilement donc la production en série devrait se transformer en production personnalisée. J'essaye d'utiliser des produits qui sont issus de la fabrication en série donc des standards comme ces assiettes produites en millions d'exemplaires par an et je viens par dessus greffer un process de gravure personnalisée, customisée [Fig.61]. Donc je pars d'un produit de production de masse et par dessus je fais une customisation de masse. Je produis en série des objets uniques. Le client peut venir me demander 50 assiettes, elles auront toute un motif un peu semblable mais différent et le prix est calculé en fonction du temps que ça prend de faire la gravure multiplié par le coup horaire d'un artisan entre 50 et 60 euros de l'heure. Ce que certaines personnes apprécient chez les artisans c'est qu'ils produisent des objets personnalisés, il y a un contact, un dialogue avec lui, tu lui dis ce que tu veux, tu lui donnes tes dimensions. Il y a les notions du sur*

*mesure et du produit exclusif, on va dire conçu spécialement pour toi. Ces notions je viens les ré-appliquer mais avec des outils issus de l'industrie et du numérique.*

### **Comment as-tu découvert la problématique de la *mass customisation* ?**

*C'est grâce au travail de gens comme Zaha Hadid par exemple. Quand j'ai commencé à apprendre à utiliser Grasshopper, j'allais souvent sur le forum (grasshopper.com) j'ai découvert beaucoup d'architectes qui travaillent sur le sujet et personnellement j'avais une sensibilité pour les formes courbes en architecture qui sont des formes qui vont aboutir à une production sur mesure où les éléments constructifs n'ont pas tous les mêmes dimensions. Il y a aussi l'inspiration de la nature car ce qui coûte cher dans la nature c'est la matière, produire des os, de la carapace, par contre ce qui coûte pas cher c'est l'information et donc mettre de la matière au bon endroit pour résister aux efforts et aux contraintes.*

*Dans la production industrielle, avant l'information coûtait cher et la matière première était presque illimitée, la réflexion, les calculs coûtaient très cher et la matière coûtait peu car elle était standardisée en matériaux, produite en masse et on n'avait conscience de l'épuisement des ressources. Maintenant, on a un nouveau paradigme, l'information ne coûte presque plus rien, avec les puissances de calcul des ordinateurs, les logiciels de simulation, l'information est beaucoup plus accessible mais par contre la matière coûte plus cher, puisqu'on est en train d'épuiser nos ressources donc on va se retrouver dans une logique où l'on va devoir construire avec moins de matière mais des choses mieux adaptées. On va concevoir avec l'information à coût nul mais en optimisant au maximum notre utilisation de la matière.*

*Par exemple avec Grasshopper on peut faire des calculs de structures et faire de l'optimisation, j'ai suivi le travail de l'institut computationnel de Stuttgart : ils passent au microscope des structures naturelles comme des carapaces de scarabées et ils se sont rendu compte que c'est composé de micro filament, ensuite ils expérimentent ces structures sur des pavillons. Le mix entre biologiste, ingénieur et designer est transdisciplinaire mais il peut y naître une véritable émulation, les biologistes ils sont au courant de ce qui se passe dans la nature, les concepteurs n'ont pas forcément cette culture-là.*

En s'appropriant et en combinant un outil de production industriel et un outil de conception paramétrique, Ludovic a pu mettre en application sa propre réponse à des enjeux très contemporains. Il est très au fait des problématiques liées à son travail. Il met en place des processus de dé-standardisation et de customisation de masse. Il conçoit des motifs paramétriques qui lui permettent de produire des séries d'objets uniques.

# La conception paramétrique et algorithmique

Le projet sur lequel nous avons travaillé durant 3 jours est la mise en place d'un processus de gravure sur assiette de poudre céramique compressée puis précuite [Fig.62]. Les assiettes ont été fournies gratuitement par le patron de l'entreprise qui fabrique ces assiettes. En effet, il était intéressé par le développement d'un processus de customisation de ses assiettes pour répondre à des demandes d'éditions très limitées de la part de designers auxquelles il ne peut pas répondre pour l'instant en raison du coût de fabrication des moules.

Ce projet se décompose en plusieurs étapes, tout d'abord la création de motifs paramétriques, ces motifs sont conçus et générés de façon algorithmique et l'on peut venir faire varier des paramètres pour changer le dessin du motif. Le processus de dessin génère et enregistre 50 motifs différents issus du même algorithme ce qui permet d'obtenir 50 gravures différentes mais qui gardent des principes esthétiques communs de sorte à former une série d'assiettes où chaque modèle est unique. Pour pouvoir lier fabrication automatisée et production d'objet unique, Ludovic s'est formé de façon autodidacte au logiciel *Grasshopper*. Il en a une maîtrise très avancée ce qui lui permet d'exploiter un maximum de possibilités. J'ai cherché à comprendre ce qu'implique cette façon de travailler.

## **Est-ce que ta phase de conception se fait toujours dans *Grasshopper* ?**

*Je me suis aperçu que je ne dessinais jamais à la main, j'ai l'idée en tête et après je la réalise directement en concevant un programme.*

## **Tu fais donc de la conception algorithmique ?**

*Oui, je prends des éléments que j'ai déjà en tête et je vais faire de l'assemblage de fonctions. Des fois je vais reprendre des conceptions que j'ai déjà faites et je vais les appliquer sur une nouvelle surface ou des choses comme ça. Par exemple, une série de motifs qui était usinée sur du plat, je vais l'usiner sur une surface courbe. Je ne fais pas de phase de recherche comme peuvent le faire certains designers, je ne fais pas de carnets de recherche, c'est plus une idée qui vient et j'essaye de la réaliser au travers d'un algorithme et je passe directement à la production.*

## **Le fait de travailler sur la conception algorithmique te permet d'assembler plusieurs morceaux d'algorithmes et d'être transversal entre tes différents projets ?**

*Oui, une fois que j'ai un algorithme, je peux le décliner pour différentes applications, je peux en faire des déclinaisons, ou des collections complètes d'objets sans avoir à tout redessiner manuellement. Je peux développer un principe esthétique sur des vases, des assiettes...*

## **Est-ce que ce logiciel t'as fait développer une méthode de travail particulière ?**

*Quand je conçois un algorithme, je pars toujours d'une forme simple puis j'ajoute des paramètres au fur et à mesure, la rotation des angles, le nombre de points... j'ajoute de la complexité au fur et à mesure mais l'idée de départ est toujours extrêmement simple. il faut fonctionner étape par étape, peut-être que c'est une déformation professionnelle. Quand j'enseigne, je connais le point d'arrivée mais je donne les informations étapes par étapes aux élèves, pour leur faire gravir les marches et arriver au point final. Et du coup, expliquer ce qu'on veut à un logiciel, c'est expliquer de façon fine et précise, cela nécessite que je décompose complètement ma pensée et que je donne toutes les étapes pour aller d'un point à un autre. Si j'oublie une étape le programme risque de ne pas fonctionner. Il faut décomposer sa pensée en éléments simples.*

## **J'ai pu constater que tu utilises Grasshopper pour toutes sortes d'applications, quelle est ta vision de ce logiciel ?**

*C'est un logiciel qui est à la base conçu pour faire du dessin mais en fait il a développé tellement de branches et de compétences que du coup tu peux faire de l'analyse de données, de son, de la génération de textes, tu peux t'en servir de plein de façons conventionnelles ou non pensées à cet effet. Des fois quand j'enseigne, je dois faire des tirages au sort, je le fais dans Grasshopper, les possibilités sont infinies. Tout est intégré dans un seul logiciel. Le logiciel a développé des compétences en architecture, en géographie puisqu'on peut faire de l'analyse de données géographiques et environnementales, en acoustique, en thermique... À partir du moment où tu sais le faire fonctionner tout est possible.*

## **Quelle est ta façon d'aborder la génération de formes algorithmiques ? Tu maîtrises parfaitement le processus ou tu te laisses surprendre par ton programme ?**

*Comme j'ai conçu l'algorithme, je sais ce qui se produit, je sais quel Slider joue sur quel paramètre, lorsque j'utilise un algorithme conçu par quelqu'un d'autre j'ai moins la maîtrise de ce qui se passe. Lorsque tu utilises un algorithme que tu n'as pas conçu, tu ne le connais pas finement, ton cerveau n'a pas intégré les différents paramètres. Mais lorsque tu le conçois toi-même, ton cerveau sait parfaitement comment l'algorithme fonctionne. C'est souvent ce qui se passe avec les objets ou les oeuvres interactives. Pour le concepteur, le fonctionnement paraît évident mais quand il le présente au public, le résultat peut-être imprévisible car le public ne maîtrise pas le processus mis en place. L'algorithme de procédure prend vraiment son sens pour celui qui l'a conçu. C'est ce qui fait la force des gens qui conçoivent leurs propres composants dans Grasshopper, même s'ils te le donnent en open source, la façon dont ils l'utilisent est bien plus puissante car ils connaissent le comportement du composant. C'est ça qui est bluffant, tu te dis que tu utilises le même composant que lui, pourtant il va beaucoup plus loin dans son utilisation. C'est parce que c'est lui qui l'a conçu et qu'il le connaît finement.*

**Et lorsque tu laisses un algorithme que tu maîtrises concevoir 50 variations différentes issues d'un même processus de génération de forme, comment peux-tu être sûr que les 50 seront pertinents ou esthétiques ?**

*Je pense que certains seront plus beaux que d'autres, là c'est des critères esthétiques et je ne sais pas comment les mesurer. Mais je pense que c'est là qu'intervient l'éducation du designer, il est capable de faire des choix, c'était le but de la programmation paramétrique. On développe un algorithme qui propose une infinité de choix mais le dernier mot revient à l'être humain qui valide ou non les propositions de l'algorithme. L'algorithme peut aussi nous surprendre, c'est pour cela que je ne dessine plus directement dans Rhino parce que généralement tu dessines des choses que tu connais déjà. Quand tu programmes, tu définis le comportement de tes formes et tu imagines les variations possibles, et souvent en faisant varier des paramètres, tu peux tomber sur des accidents très sympathiques que tu n'aurais pas essayé de dessiner ou qui sont même trop compliqués à dessiner. Ça évite aussi de prendre le risque d'échouer dans ta recherche formelle et d'avoir à toujours tout redessiner. Donc la conception algorithmique est aussi intéressante pour générer de l'imprévu, pour exploiter l'échec ou le bug.*

Ludovic conçoit lui même les algorithmes qu'il utilise pour créer ses motifs et son processus de travail. Il en a donc une maîtrise approfondie qui lui permet d'en intégrer le fonctionnement et d'anticiper les résultats produits. La conception algorithmique lui apporte une ensemble d'avantages comme pouvoir générer différentes occurrences sans avoir à tout redessiner à chaque fois. Il peut aussi se laisser surprendre par son programme qui parfois offre des résultats imprévus. La conception algorithmique implique une méthode de travail particulière, il s'agit de définir le comportement des formes plutôt que de les dessiner directement.

## La mise en place d'un process de fabrication automatisée

La deuxième étape du développement du process de fabrication est la prise de mesure et la mise en place de l'espace de travail. C'est le début de nombreux aller retour entre l'espace virtuel de modélisation 3D et l'espace physique qui est la table d'usinage. Pour pouvoir faire fonctionner le robot et graver les assiettes, ils nous faut le modèle numérique de ce que l'on veut obtenir sur le modèle physique. Il faut modéliser l'espace de travail puis fraiser dans la table d'usinage l'emplacement de l'assiette [Fig.63], installer des cales de fixation pour empêcher que l'assiette ne bouge pendant l'usinage. Une fois que l'espace de travail numérique et physique concorde, il faut prendre les mesures de l'assiette. Le robot est contrôlé manuellement grâce à une tablette de commande. Ludovic vient relever les coordonnées cartésiennes d'un maximum de points sur l'assiette pour pouvoir reproduire la courbe de l'assiette et ainsi obtenir un modèle 3D de l'assiette le plus précis possible. C'est cette partie qui est au coeur de son travail. Elle met en jeu toutes les compétences de Ludovic en terme de connaissance de son outil.

**En passant du temps à t'observer, je me suis rendu compte que la prise de mesures, la calibration de ton outil est une étape qui te prend beaucoup de temps, est-ce inhérent à l'outil que tu utilises ?**

*La partie prise de mesures est un travail de technicien, ainsi que les réglages et l'affinage des paramètres de production. Si je veux être autonome dans l'utilisation de mon bras robot, je dois être préparé à ça [Fig.64]. Si je veux tout maîtriser dans mon processus de production, je dois savoir faire ça. Si je veux être précis lors de la fabrication, il n'y a que la prise de mesures physiques qui puisse me le permettre. C'est un travail fastidieux.*

**Mais le fait que ce soit manuel et laborieux ne te dérange pas ?**

*Ce matin, on a bien passé 2 heures à prendre des mesures. La robotique est un processus extrêmement long à mettre en place. Je n'ai pas encore automatisé la prise de mesures mais j'espère que prochainement ça se fera. Je pense que je pourrai le faire en installant une sonde de palpation. En manipulant le robot, je pourrai capter les points et les enregistrer au fur et à mesure, pour ne plus avoir à les enregistrer manuellement et devoir redessiner la géométrie dans Rhino. Je pourrai récupérer un fichier .log avec les coordonnées X, Y, Z. Quand je vais acheter un nouvel outil pour améliorer le robot, je me demande toujours : est-ce que je vais réellement en avoir besoin ? Est-ce que ça va faire partie de mon processus ? C'est à partir de ces questions que je réfléchis à l'achat d'un système automatisé.*

**Tu as quand même développé une méthode pour prendre ces mesures ?**

*Je modélise dans l'espace 3D, je retranscris cet espace 3D sur mon modèle physique qui est la table d'usinage mais je pars toujours du modèle 3D, que je pose sur ma table d'usinage virtuel pour voir si ça passe. Ensuite je mets en place le plan de travail physique, les repères outils, les repères pièces, les origines du plan de la table de travail puis je commence à usiner. C'est la technologie et le savoir-faire de l'usinage. La flexibilité du numérique permet de s'adapter facilement s'il y a des incohérences avec le modèle physique.*

**Une fois que tout est mis en place du côté technique, cela te permet d'être plus efficace dans la partie sur la fabrication ?**

*Quand je conçois, il faut toujours que je pense à la partie fabrication, j'ai toujours une image mentale du processus de fabrication entre la partie numérique et physique [Fig.65], par exemple quand je veux usiner des grandes pièces, il faut toujours que je pense aux limites physiques du robot, à comment je vais pouvoir programmer le parcours d'outil et anticiper les risques de collision.*

**Hier par exemple, on a été surpris par la taille des cales d'accroches de l'objet que le robot a failli percuter.**

*Oui, je ne les avais pas dessinées dans mon modèle 3D, donc en faisant les premiers tests on s'est aperçu qu'il pouvait y avoir des collisions entre les systèmes d'accroches et le robot. J'ai donc décidé de faire un autre emplacement sur la table d'usinage.*



*Du coup ça nous permet d'avoir deux postes de travail où l'on peut usiner la face et le verso. On pourrait faire deux productions à la suite.*

La mise en place d'un processus automatisé d'usinage est un savoir-faire technique comparable à celui d'un artisan. Il doit toujours garder une double projection mentale entre l'espace virtuel de modélisation et l'espace physique d'usinage. La mise en place d'une production doit respecter un ensemble d'étapes et nécessite un long travail de paramétrage, de mesure et d'ajustement jusqu'à obtenir le résultat souhaité.

## Rapport à la matière

J'ai constaté que Ludovic a développé un rapport à la matière spécifique à son outil. Ce rapport est proche de celui d'un artisan utilisant des outils traditionnels mais il se manifeste différemment car Ludovic n'est pas directement en contact manuel avec la matière. J'ai essayé de comprendre comment se manifeste le rapport à la matière pris sous le prisme d'un outil de production automatisé.

**Même si la phase de réglage prend du temps, est-ce que ça te prendrait plus de temps de faire les gravures à la main ?**

*Si je n'avais qu'un seul modèle à faire, ce serait plus rapide à la main si je savais graver et que j'étais hyper minutieux mais à partir du moment où je veux faire varier le dessin des gravures, là l'outil numérique prend tout son sens.*

**Donc ta formation de technicien fait que tu n'as pas à te former au savoir-faire de la gravure et cela te permet de travailler sur des projets mettant en oeuvre plus de savoir-faire que quelqu'un qui ne serait spécialisé que dans un savoir-faire comme un artisan classique. Cela te permet d'être pluri-disciplinaire ?**

*Oui, cela me permet d'être pluri-disciplinaire, de travailler sur différentes techniques de mise en oeuvre et sur différentes matières. Ça reste important de manipuler les matières à la main, de savoir comment elles réagissent, de connaître les limites physiques de la matière. C'est important de savoir quand ça va casser, pour savoir si on doit appuyer fort ou non [Fig.66]. Il y a quelqu'un qui disait que depuis qu'il utilise les outils numériques, il n'a jamais autant manipulé la matière. On peut penser que les outils numériques, nous en éloignent car nous ne sommes plus en interaction physique directe avec elle, on est pas en train de la toucher, de la graver manuellement et d'avoir un ressenti direct du geste sur la matière. Mais on s'aperçoit vite qu'on est tout le temps en interaction mentale avec elle. Par l'itération et par l'observation de son comportement, on commence à acquérir des vrais réflexes d'artisans. On sait instinctivement quand on doit y aller plus doucement ou plus rapidement et les réglages du robot deviennent plus évidents : la vitesse à laquelle tourne la fraise, la vitesse d'avance du robot. C'est des choses qu'on intègre en soi, on sait prévoir les réactions de la matière et c'est ce qui fait qu'on devient un artisan.*

*Si je n'avais pas ces outils, je n'aurais peut être pas passé autant de temps à comprendre les réactions de la matière. Je ne peux pas dire que je développe*

*une connaissance plus profonde mais je dirais qu'elle est plus diverse. En tout cas, c'est une autre forme de connaissance à travers un médium, je connais bien la matière au regard de mon outillage. On va dire que l'artisan qui travaille manuellement à une interaction et une connaissance directe et sensible avec la matière, tandis que je n'ai pas une interaction sensible et tactile car je ne suis pas relié directement à la machine et à l'outil. Mais par l'observation, j'arrive à comprendre comment la matière interagit avec mon outil.*

### **Qu'est-ce qu'apporte l'utilisation d'outils numériques et automatiques dans le travail de l'artisan ?**

*Les artisans ont toujours utilisé les outils de leur temps, ils ont toujours été à la pointe du progrès et ils ont toujours cherché à diminuer leur quantité de travail ou à augmenter la vitesse et la qualité de leurs productions, c'est ce que permettent ces outils. Ça les rend plus autonomes et plus efficaces. Et donc personnellement j'utilise le bras robot pour les tâches qui sont non productrices de savoir-faire, pour pouvoir se consacrer sur les parties qui mettent en valeur le savoir-faire. Par exemple, je programme le robot pour qu'il s'occupe de l'usinage et je peux me consacrer à de la recherche matière plutôt que de poncer. J'essaie de confier au robot les tâches qui sont les moins intéressantes.*

*Dans certains pays les artisans sont considérés comme des trésors vivants et pour être un trésor vivant, il faut avoir intégré en soit les réactions de la matière. Et si tu perds ton temps à faire autre chose que du travail de la matière tu ne peux pas l'intégrer.*

Ludovic intègre les comportements et les réactions des matières qu'il usine en testant leurs limites et en observant leurs réactions lors de l'usinage. Cette intégration du comportement de la matière passe par de nombreuses phases de tests où il expérimente différents réglages. Pour lui, c'est précisément cette capacité à intégrer et anticiper les réactions de la matière au travers de son outil et de son expérience qui fait de lui un artisan [Fig.67].





# Artisanat



# Un terme indéfinissable

Les outils numériques n'ont pas seulement redéfini les méthodes de travail concernant les designers, ils ont aussi un impact sur la plupart des modes de production actuelle, malgré les apparences, l'artisanat n'a pas été épargné.

L'artisanat est le terme qui englobe de manière très générale un mode de production de biens manufacturés existants depuis le début de la civilisation. Étymologiquement, l'artisan est celui qui met son art au service d'autrui. Il est impossible d'en donner une origine spatio-temporelle précise car l'artisanat a existé dans toutes les cultures à différentes échelles. Pour Pierre Rossel, chercheur au sein l'institut de recherche sur l'environnement construit et enseignant à l'EPFL de Lausanne, l'artisanat est lié à la spécialisation technique :

***“Lorsqu'en quelques points de la planète se concrétisent les conditions d'une spécialisation technique stable, socialement reconnue et transmissible, à savoir le contrôle et l'utilisation sédentaires d'un surplus agricole, un palier historique décisif est atteint. Désormais, dans les régions où l'artisanat est institué, l'artisan n'est plus simplement un homme habile, mais se voit intégré de manière spécifique à l'ordre social existant”.***<sup>57</sup>

57. Rossel Pierre, *Histoire d'une fonction socio-économique, technique et culturelle : l'artisanat* in *Demain l'artisanat ?*, Genève, Graduate institute Publication, 1986, p.29-65.

Il a donc fallu que l'Homme devienne sédentaire et puisse subvenir à ses besoins primaires tels que se nourrir pour qu'apparaisse la division du travail et soit instauré un rôle social spécifique aux producteurs de biens manufacturés. Ce rôle social reconnu leur a permis de se concentrer sur leurs productions et ses spécificités à savoir l'usage et l'esthétique de leurs produits, le développement et l'amélioration de leurs outils et de leurs techniques ainsi que sur le profit tiré de leurs productions.

Dans les zones urbanisées, ce rôle social est cadré par des contraintes juridiques, idéologiques ou politiques. Ces pressions ont incité les artisans à faire naître des formes associatives plus ou moins concrètes selon les époques : les guildes, les castes, les corporations ou les compagnonnages. Ces regroupements encadrent les pratiques par corps de métiers et instaurent une hiérarchie liée à la maîtrise technique. Ainsi on distingue le maître artisan, l'ouvrier et l'apprenti. Ces divers systèmes associatifs montrent le besoin des personnes créatives à se réunir pour faire valoir leurs pratiques, leurs talents et partager leurs expériences. Les corporations ont disparu mais des communautés sont apparues avec l'avènement d'internet et des réseaux sociaux à la différence que celles-ci sont aussi bien ouvertes aux professionnels qu'aux amateurs.

Le terme artisanat en lui-même est apparu au XIX<sup>ème</sup> siècle, est-ce dû à l'apparition du mode de production industrielle ?

La déduction qui peut en être faite est que c'est la confrontation entre ces deux modes de production qui a créé le besoin de qualifier l'artisanat par un terme. Car avant la révolution industrielle l'artisanat était le seul mode de production de biens matériels. Ce n'est qu'en confrontant la production industrielle et artisanale que l'on peut voir apparaître les spécificités de la production artisanale.

L'artisan est spécialisé dans une pratique, il a acquis sa spécialisation technique par l'expérience, il s'est formé en observant et en assistant son maître lorsqu'il était apprenti. A force de pratique, il a développé une connaissance de la matière à la fois technique et sensible presque intuitive. Il a intégré en lui les réactions de la matière qu'il met en forme et peut se jouer de ses défauts. Chaque production intègre une part d'unicité lié aux défauts de la matière et de l'imprécision du geste manuel. L'artisan est celui qui a pensé la forme, c'est lui qui la matérialise et souvent c'est aussi lui qui vend le produit fini. Il est indépendant et autonome dans son processus créatif dont il a la maîtrise globale. La notion de singularité créative est présente, il y incorpore sa personnalité et son esprit créatif. Cette singularité tisse les relations de confiance et de proximité avec sa clientèle. Il peut même répondre à des commandes sur mesure. Ses relations avec sa clientèle sont encore plus forte lorsque c'est la même personne qui fabrique et qui vend. L'artisan est limité par ses capacités corporelles, sa précision et sa vitesse de production. Ce sont des freins à la croissance économique. Mais ce qui qualifie la réussite de l'artisan est plus lié à la qualité et à la renommée de son travail qu'à son expansion économique.

Le siècle des lumières a contribué à une scientification des comportements de la matière. L'avènement de la technoscience et du capitalisme a permis la mise en place d'une production mécanisée et standardisée. La matière est devenue un matériau homogène dont les propriétés sont calculées par l'ingénieur. C'est la machine qui fabrique, l'ouvrier n'est là que pour accompagner la machine. Le taylorisme a pensé et organisé le geste de l'ouvrier, ce geste est simplifié, optimisé pour améliorer la cadence de la production à la chaîne<sup>58</sup>. La fonction de l'artisan a été séparée en plusieurs nouveaux métiers. L'ingénieur qui pense, l'ouvrier qui exécute et le technicien qui supervise les machines. L'ouvrier n'est là que pour exécuter une tâche répétitive que la machine ne peut réaliser seule. La finalité de ce mode de production a un objectif lucratif où tous les moyens pour faire du profit sont bons à prendre au détriment des ouvriers. Ce qui ne laisse que peu de place à l'épanouissement de l'individu travaillant à la chaîne dans un atelier ou une usine.

58. source :  
[wikipedia.org/  
wiki/Taylorisme](https://wikipedia.org/wiki/Taylorisme).

Très rapidement des critiques de ce nouveau modèle productif se sont développées en Europe. Tout d'abord au niveau théorique et philosophique dans les écrits de Karl Marx, dans les *manuscrits de 1844*, il décrit les conditions des ouvriers sous l'angle de l'aliénation et de l'exploitation :



*"D'abord dans le fait que le travail est extérieur à l'ouvrier, c'est-à-dire qu'il n'appartient pas à son essence, que donc, dans le travail, celui-ci ne s'affirme pas, mais se nie, ne se sent pas à l'aise, mais malheureux, ne déploie pas une libre activité physique et intellectuelle, mais mortifie son corps et ruine son esprit. En conséquence, l'ouvrier n'a le sentiment d'être auprès de lui-même qu'en dehors du travail, et, dans le travail, il se sent en dehors de soi. Il est comme chez lui quand il ne travaille pas et, quand il travaille, il ne se sent pas chez lui. Son travail n'est donc pas volontaire, mais contraint ; c'est du travail forcé. Il n'est pas la satisfaction d'un besoin, mais seulement un moyen de satisfaire des besoins en dehors du travail. Le caractère étranger du travail apparaît nettement dans le fait que, dès qu'il n'existe pas de contrainte physique ou autre, le travail est fui comme la peste. Le travail extérieur, le travail dans lequel l'homme s'aliène, est un travail de sacrifice de soi, de mortification. Enfin, le caractère extérieur à l'ouvrier du travail apparaît dans le fait qu'il n'est pas son bien propre, mais celui d'un autre, qu'il ne lui appartient pas lui-même mais appartient à un autre... L'activité de l'ouvrier n'est pas son activité propre. Elle appartient à un autre, elle est la perte de soi-même."<sup>59</sup>*

59. MARX Karl, *Manuscrits de 1844*, GF-Flammarion, 1999, [1844].

En Angleterre dans les années 1860 est né le mouvement *Arts and Crafts* sous l'impulsion de William Morris et de John Ruskin. Ce mouvement critique les modifications du paysage et de la société dû à l'industrialisation grandissante dans leur pays. Il prône un retour à l'artisanat, la réhabilitation du travail de la main, la sauvegarde et la transmission des techniques de fabrications traditionnelles. Dans son livre *L'art et l'artisanat*, William Morris compare les conditions de l'artisan du Moyen âge à celles de l'ouvrier :

*"En résumé, durant toute cette période, l'unité du travail était un homme intelligent. Sous ce système du travail manuel, aucune pression, aucun rythme excessif n'était exercé sur le travail d'un homme, mais ce dernier avait la possibilité de l'accomplir en prenant son temps et en y réfléchissant. La production d'un objet faisait appel à l'homme dans son entier et non à de petites fractions de plusieurs hommes. Elle développait toute l'intelligence du travailleur selon ses capacités, au lieu de concentrer toute son énergie dans le seul traitement d'une tâche insignifiante. En résumé, elle ne soumettait pas la main et l'âme du travailleur aux nécessités du marché concurrentiel, mais leur offrait la liberté nécessaire à tout développement humain digne de ce nom."<sup>60</sup>*

60. MORRIS William, *L'art et l'artisanat*, Paris, Edition Payot & Rivages, 2011, [1893], p.70.

Après avoir défini ces deux modes de production, on comprend mieux les caractéristiques de l'artisan : il regroupe en une seule entité ce qui fait sa cohérence : la connaissance théorique et l'expérience liée à la pratique. Les deux sont liées et se nourrissent l'une de l'autre. Il est maître de son travail car il en décide la forme,

choisit la matière, développe le process et matérialise le produit final. Il a une vue globale et intervient sur chaque étape nécessaire à la production d'un objet. Ces différences permettent à l'artisan de s'épanouir au contraire de l'ouvrier. Ces divisions des rôles en plusieurs corps de métier font à la fois la force et la faiblesse de la production industrielle. Par leur spécialisation, les ingénieurs vont plus loin dans les recherches, sont plus précis sur leurs sujets mais la cohérence globale peut se perdre. Et bien souvent tout ce qui n'est pas quantifiable économiquement ou source de profit ne rentre pas en compte dans des entreprises où celui qui pense est totalement déconnecté de la réalité de celui qui fait.

Ne pouvant suivre le rythme infernal de la production de masse qui casse les prix des produits, de nombreux ateliers disparaissent jusqu'à arriver à ce que l'on peut observer de nos jours : il n'existe en France dans le secteur de la production destinée au grand public plus que de l'artisanat de luxe tel que les ateliers de maroquinerie ou les verreries et les artisanats traditionnels locaux liés au tourisme<sup>61</sup>. Pourtant en France, l'artisanat est un secteur clé, il est considéré comme la première entreprise française avec 1.300.000 entreprises générant un chiffre d'affaire de plus de 300 milliards d'euros<sup>62</sup>. De nombreuses structures étatiques ou privées soutiennent cette pratique. Les métiers de l'artisanat sont définis par le registre des commerces et tout un encadrement juridique est mis en place pour à la fois contraindre et protéger ces métiers. Un artisan doit travailler à son compte, il doit avoir les qualifications nécessaires pour prétendre à l'activité qu'il exerce et ne doit pas employer plus de dix personnes<sup>63</sup>. Pour être artisan en France il faut donc avoir reçu les formations nécessaires et remplir un grand nombre de formalités administratives. La limite de taille des entreprises artisanales est un moyen de prévenir l'expansion de celles-ci pour que la production reste à l'échelle locale et qu'il ne puisse pas y avoir de prise de monopole d'une activité.

Dans l'imaginaire collectif et principalement dans celui des consommateurs de produits artisanaux, l'artisanat est rattaché à une production manuelle d'objets de qualité, avec des outils et un savoir-faire traditionnel. L'artisan serait le gardien d'une culture et d'une tradition souvent située à une échelle régionale. En France, il y a par exemple les lunetiers du Jura, la manufacture de porcelaine de Limoges, la coutellerie de Puy-de-Dôme. Cette vision classique présente l'artisanat comme une pratique conservatrice, un rempart contre les nuisances occasionnées par l'industrie et la production de masse. Car ce mythe est érigé comme argument de consommation, jouant sur la nostalgie des consommateurs déçus par les excès de la production industrielle.

61. FAURE Pascal (sous la dir.), "Les chiffres clés de l'artisanat", *entreprises.gouv.fr*, 2016.

62. Chambres de Métiers et de l'Artisanat, "L'Artisanat, Première entreprise de France", *artisanat.fr*, 2017.

63. Insee, "Artisanat / Artisan / Entreprise artisanale", *Insee.fr*, 2016.

## Entretien avec Sophie Fétro, Maîtresse de conférence à l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne

**On retrouve vraiment la notion d'artisanat dans ces procédés de conception numérique car l'apprentissage de son outil se fait par la pratique et l'expérimentation.**

*C'est là où la définition de l'artisanat ne peut pas simplement se réduire à l'idée d'un travail à la main. C'est vraiment la connaissance de son outil et l'avancée pas à pas dans la découverte des possibilités des outils et de la matière. Il y a un positionnement politique dans le fait de dire que ce qui est artisanal est obligatoirement manuel et traditionnel, c'est une façon de perpétuer ce qu'on sait déjà faire avec ces techniques mais sans les faire évoluer. Cela plonge certaines pratiques dans un immobilisme alors qu'elles pourraient être alternatives à la production industrielle. Cela permet ainsi au lobby industriel de se protéger d'une production plus locale et distribuée. Mais historiquement dans le partage des arts au XVIIIe siècle, l'artisanat ne fait pas partie des arts libéraux mais des arts mécaniques. L'artisan produit des biens utiles certes à la main mais aussi avec des machines.*

*L'idée que l'artisanat serait l'expression d'un savoir-faire manuel est très réducteur. Il y aurait deux formes d'artisanat : le premier tourné vers une forme de perpétuation des savoir-faire traditionnels et manuels et un deuxième artisanat qui se renouvelle et qui sait s'adapter aux évolutions technologiques. Donc les outils numériques font évoluer l'artisanat. Il est encore difficile de qualifier cet artisanat qui utilise des outils de conception numérique et de production automatisée. Il faudrait presque inventer un terme, comme on a inventé le terme maker. Ce mot qualifie des gens qui ne sont pas vraiment des artisans ni des industriels, ni des designers. C'est plus un état d'esprit qu'un statut social.*

## Une redéfinition perpétuelle

La définition de l'artisanat varie selon le point de vue de celui qui la donne : artisan, client, juriste, économiste, essayiste... Tous ont une argumentation prise dans le prisme de leur connaissance, de leur vécu et de leur domaine d'étude. De ce que l'on peut retenir de l'artisanat, c'est la multiplicité de ses facettes regroupant sous un même terme une grande diversité de pratiques. Des praticiens qui produisent des biens en s'appropriant et en réinventant une pratique qui n'est parfois traditionnelle que dans l'imaginaire du consommateur, ainsi que des d'intervenants qui commentent, régissent, politisent ou accompagnent ces pratiques diverses dans un besoin de clarification et d'ordre social et économique.

L'artisan en lui-même est à la fois concepteur et fabricant : il maîtrise la forme, la matière et le procédé de fabrication. Ces qualifications rappellent de nouveaux métiers apparus récemment avec l'informatique et la matière virtuelle : le développeur,

le graphiste, le modeleur 3D... Ils manient le pixel, le bit, le langage de programmation comme matière première et savent envisager leurs réactions.

L'artisanat a toujours su se renouveler et s'adapter à son époque que ce soit en terme d'outils, de matières ou d'esthétiques. Lorsqu'une pratique disparaît, une nouvelle apparaît dans les interstices des macro-industries. Il y aura toujours des individus au caractère autonome et indépendant qui veulent imaginer et produire sans être contraints par la hiérarchie des grandes entreprises et leurs obligations de croissance économique. Cette aspiration à se sentir libre dans son travail, à y trouver une utilité sociale est de plus en plus grande à l'heure où la confiance ou l'envie de travailler pour des grands groupes diminue. On observe une proportion grandissante de personnes ayant un bon poste ou un bon diplôme qui choisissent de se lancer dans une entreprise artisanale plutôt que de faire carrière dans une grande entreprise<sup>64</sup>. Ils refusent ce qu'on appelle des *bullshit jobs* dont ils ne voient pas l'utilité concrète pour la société. Ils choisissent de délaissé un train de vie confortable et stable pour faire de leur travail une source de bonheur et d'épanouissement.

Pour d'autres c'est le chômage qui les pousse à se former, devenir entrepreneurs et produire à l'échelle de leurs compétences. Ce qui peut parfois ressembler à de la "débrouillardise" peut donner du sens dans la vie de ceux prêts à prendre le risque d'entreprendre. La définition de l'artisanat évolue, il faut donc comprendre le terme artisanat comme un terme non figé, représentant plus une façon de travailler et de vivre de son travail qu'une pratique balisée.

64. BYS  
Christophe,  
"Face à une crise  
existentielle du  
travail, certains  
jeunes diplômés  
investissent  
l'artisanat ou  
le commerce  
de proximité",  
explique Jean-  
Laurent Cassely",  
*Usine nouvelle*,  
09 juin 2017.

## Entretien avec Sophie Fétro, Maîtresse de conférence à l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne

D'où vient le terme artisanat numérique et quelle est la définition de ce terme selon toi ?

*Ce terme a principalement été diffusé auprès du grand public par le projet Artisan Electronique d'Unfold studio et Tim Knapen<sup>65</sup>. Ils n'ont pas inventé le terme mais en tout cas je pense que c'est ce projet qui permet d'illustrer cette expression. Dans ce terme, il y a quelque chose d'antinomique donc je trouve que c'est intéressant d'interroger cette association d'idées qui ne va pas de soi car on a tendance à restreindre l'artisanat au travail manuel et le numérique au travail avec la machine. Finalement les designers d'aujourd'hui démontrent que travailler avec les outils numériques ne veut pas dire renoncer au travail de la matière mais qu'il y a au contraire des possibilités d'associations entre le travail numérique et manuel. Il y a la possibilité de produire avec les machines et de dépasser l'opposition entre l'artisanat comme expression d'un savoir-faire manuel et la production industrielle désincarnée.*

65 UNFOLD studio, KNAPEN Tim, "l'artisan électronique", 2010.

### Le renouvellement à l'heure du numérique

Le terme *artisanat numérique* apparu récemment a attiré ma curiosité car j'y vois à la fois un paradoxe et une suite logique. Le paradoxe est la question de la compatibilité entre une pratique à consonance manuelle, traditionnelle et l'usage de machine de production automatisée. La suite logique est l'évolution d'une pratique qui s'est toujours adaptée à son époque en terme de lois, d'outils, de matières ou d'esthétiques. Internet et les réseaux sociaux ont été des détonateurs puissants dans l'émergence de nouvelles pratiques, notamment dans le partage de connaissances, dans la délocalisation de la vente via de nombreuses plateformes et dans la possibilité de faire des réseaux sociaux des vitrines présentant ses travaux comme de la publicité gratuite ou à bas coût avec les systèmes de publications sponsorisées.

L'informatique et le numérique ont bouleversé les façons de vivre à toutes les échelles d'une manière beaucoup plus brusque et radicale que la plupart des autres grands changements. Ces changements technologiques ont été plus rapides, plus accessibles et plus rapidement appropriés par le grand public grâce au travail des interfaces et des expériences utilisateurs effectués par les acteurs du développement de ces technologies.

Les façons de travailler dans le domaine de la conception ont constamment évolué, les outils de dessin et de conception sont devenus virtuels. La précision de tracé qu'offrent des logiciels comme *Illustrator* dans l'élaboration de plans ou de dessins

est un atout précieux pour les créateurs, surtout ceux dont les talents de dessinateur laissent à désirer. Les outils de modélisation 3D offrent la possibilité de dessiner un objet dans son ensemble, d'en obtenir des plans techniques. Ces logiciels augmentent les concepteurs en leur permettant une plus grande précision et efficacité.

Tout outil a cependant des limites à identifier. Ce sont les capacités de chaque personne à s'appropriier les logiciels, ce qu'elles sont capables de faire avec et les moyens qu'elles se donnent pour se perfectionner. La limite est aussi celle des interfaces, qui proposent sous forme de barres d'outils, des fonctions contenant des lignes de code qui formatent les possibilités formelles. Tout dépend aussi de la capacité du concepteur à projeter la forme imaginée dans une suite de fonctions permettant d'obtenir cette forme lorsqu'elle est trop complexe. Cela amène souvent une simplification de la forme finale. Cette influence de l'outil nuit à la richesse des formes produites. Bien sûr lorsque dans l'espace virtuel du logiciel, tout est possible, dans la réalité ce n'est pas le cas et le concepteur, lorsqu'il conçoit sur ce type de logiciel, doit être capable de savoir s'il sera en mesure de matérialiser son modèle virtuel. Cela oblige une gymnastique d'esprit qui s'acquiert par la pratique et l'expérience au même titre que les autres outils dont dispose l'artisan. Cela peut être difficile pour de nombreux artisans qui ont toujours travaillé de manière traditionnelle. Cela évoluera sûrement avec les prochaines générations d'artisans qui auront déjà expérimenté les outils numériques lors de leur formation scolaire ou initiale.

Il serait intéressant de mesurer à quel point le gain de temps et de moyens fournis par les outils numériques pourraient permettre aux artisans de devenir concurrentiels vis-à-vis de la production industrielle.







# Autoproduction



## Entretien avec Sophie Fétro, Maîtresse de conférence à l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne

**Qu'est-ce qui pousse les designers à imaginer de nouveaux business modèles pour pouvoir diffuser et vivre de leur travail ?**

*Certains recherchent la possibilité de s'émanciper des logiques des systèmes de production des maisons d'édition car on s'aperçoit qu'ils sont réservés à un certain type de designers qui ont déjà un certain bagage, mais quand on est jeune créateur ou que l'on sort d'une école, soit on essaye de frapper à plusieurs portes ou de jouer de relations en espérant avoir un résultat, soit on se tourne vers la création de ses propres outils et on met en place son propre système d'édition pour être autonome et pouvoir produire des pièces plus intéressantes pour le designer. Il y a une critique du système qui s'opère à travers ces démarches qui ne rentrent pas dans les systèmes de production et de diffusion officiels. C'est une forme de dissidence. Pour des jeunes créateurs ou étudiants c'est très difficile mais la situation est tout de même plus enviable qu'il y a dix ans.*

### Un contexte contraignant

Le designer industriel, dans son rôle social d'auteur ou de créateur induit par la division du travail, se place en amont de la production. Il propose une prestation de service où il va concevoir et projeter une production sérielle pour le compte d'un commanditaire tel qu'une marque ou un éditeur qui va ensuite faire valider le résultat par un bureau d'études puis sous-traiter la fabrication dans un atelier ou dans une usine souvent délocalisée dans des pays où la main d'œuvre coûte moins chère et les droits des travailleurs quasi-inexistants. Ce circuit classique de production laisse peu de place à l'expression personnelle et à l'éthique du designer, contraint par l'image de marque et les décisions de son client. Les contraintes de productivité et de rentabilité des acteurs du marché ne laissent que peu de place pour l'expérimentation, la prise de risque ou la prise de position en réponse à des enjeux sociaux et environnementaux. Ces contraintes ont été amplifiées dans le contexte de crise économique actuelle. Les maisons d'éditions font majoritairement appel à des designers de renom pour s'assurer une communication solide et les marques de mobiliers et de décoration ont leurs propres équipes de designers intégrés. Pour un jeune créateur, se faire une place dans ces milieux est difficile. A moins de gagner un concours ou d'avoir un réseau, l'accès au milieu du design d'édition ou du design de galerie ne se fera pas sans démarcher des partenaires, démarches souvent infructueuses qui mènent à la déception.

# Un terreau fertile

Le designer, de par sa formation, a une vision globale de toutes les étapes nécessaires au lancement d'un produit sur le marché. Il a acquis une culture des formes, une approche conceptuelle singulière et des compétences diverses selon sa formation qui vont du dessin au prototypage en passant par la communication. De plus, l'exercice du design demande une grande flexibilité de l'esprit et une capacité d'adaptation qui permettent d'aller chercher les informations nécessaires, de se former à de nouveaux outils et de maîtriser de nouvelles compétences. Ces capacités rendent accessible la maîtrise complète de toutes les étapes nécessaires à la commercialisation d'un produit.

Les notions de marketing et d'identité de marque acquises par le designer lui donnent la possibilité d'identifier un marché potentiel, d'imaginer de nouveaux business modèles et de proposer des produits pertinents. La maîtrise des outils de conception numérique permet de créer des maquettes virtuelles prêtes à prototyper. Les machines de fabrication à commande numérique permettent de produire des objets de belles facture à moindre effort. Ces dernières années, ces machines sont devenues beaucoup plus accessibles économiquement, ce qui permet au designer de pouvoir investir dans son propre parc de machines. S'il n'en a pas les moyens, la multiplication des ateliers partagés, des *makerspaces* ou des *fablabs* donnent accès à des parcs de machines plus ou moins complets. La maîtrise des outils de graphisme lui permet de produire ses propres supports de communication.

Le développement d'internet donne accès à de nouveaux moyens de promouvoir et de vendre son travail. La possibilité de créer son propre site internet permet de bénéficier d'une vitrine ayant une visibilité mondiale. La création de *marketplaces* du type *Etsy* facilite la distribution des produits au travers de boutiques dématérialisées [Fig.68]. Les réseaux sociaux tels que *Instagram* ou *Facebook* offrent la possibilité de diffuser son travail gratuitement ou à faible coût via des publications sponsorisées. Internet a aussi permis l'apparition de plateformes de financement participatif comme *KissKissBankBank*, *Kickstater* ou encore *Indiegogo* [Fig.69]. Le financement participatif consiste à faire financer un projet par des dons de particuliers qui reçoivent en remerciement une contrepartie en nature qui peuvent être une pré-vente du projet financé. Ce système de financement permet de constituer sa première clientèle, de confirmer la validité d'un projet et de lever des fonds en évitant l'emprunt bancaire.<sup>66</sup>

En France, le statut auto-entrepreneur<sup>67</sup> créé en 2008 offre aux travailleurs indépendants un statut juridique avec des démarches administratives simplifiées et une prise de risque financière minimisée.

66. BARY Kevin, "Le don avec contrepartie est-il fait pour vous ?" *happycrowdfunding*, 19 septembre 2017.

67. Sécurité social indépendant, "Guide auto-entrepreneur", *l'auto entrepreneur*, février 2018.

La formation du designer et le contexte social, technique et économique offrent un terrain fertile au lancement d'une activité indépendante dépassant la division du travail instaurée entre conception et production. Dès lors, pourquoi ne pas se lancer dans l'aventure de l'autoédition et de l'autoproduction ?

## Le choix de l'autoproduction

Les motivations qui mènent à l'autoédition et l'autoproduction peuvent prendre différentes formes tout en étant complémentaires. La première est celle d'un choix subi qui n'est pas l'intention de départ. Face à l'impossibilité d'accéder au circuit classique, le designer peut dépasser cette contrainte en créant sa propre structure et en produisant lui-même les créations dont il est l'auteur tout en espérant gagner en notoriété pour pouvoir revenir dans le circuit classique.

La deuxième relève plus d'un état d'esprit proche de celui de l'artisan qui recherche l'indépendance et l'autonomie dans la pratique du design. Elle se manifeste par l'envie de se réapproprier le territoire de la production en maîtrisant toutes les étapes de son projet. En étant à la fois concepteur, artisan et diffuseur, le designer peut laisser libre court à sa création, sans faire de concession. Ce faisant, il affirme sa capacité à faire exister les projets, qu'il a lui-même conçus avec une pleine maîtrise. Cette proximité avec la technique offre au designer une plus grande place pour l'expérimentation en travaillant au contact de la matière et en se plongeant au cœur du processus de fabrication. Sophie Fétro parle ainsi d'un

***“fantasme ou d'idéal consistant à regrouper en un seul et même lieu l'ensemble des étapes nécessaires à l'accomplissement d'un projet.”<sup>68</sup>***

68. FAURE  
Pierrick, *Entretien avec Sophie Fétro*, in PEYRICOT Olivier (sous la dir.), *Objectiver*, Saint-Étienne, Cité du Design, 2016, p123-132.

69. SEMPÉ Inga, Label famille, CASPAR François, “Designer indépendant, quel statut ?”, Cité de la dock et du design, 5 septembre 2016.

70. FAURE  
Pierrick, *Entretien avec Sophie Fétro*, op. cit.

La troisième motivation a une dimension économique liée à la rémunération du travail. En effet lorsqu'on fait éditer un produit par une maison d'édition, la rémunération est souvent sous forme de royalties de l'ordre de 3 à 5 %. Parfois, ces royalties peuvent être accompagnées d'un cachet soutenant le travail de recherche en amont<sup>69</sup>. Dans le cas d'un designer consultant, le travail est rémunéré sur la base d'un tarif horaire. S'il ne négocie pas de royalties, il ne pourra pas profiter de la réussite commerciale du travail effectué pour autrui. L'autoproduction et l'autoédition seraient un moyen d'être rétribué pleinement du fruit de son travail en éliminant les intermédiaires superflus.

La quatrième relève d'un positionnement politique et éthique. En faisant exister d'autres formes possibles de production, le designer opère une remise en question des valeurs dominantes, aussi bien commerciales que productives<sup>70</sup>. Il entre dans une forme de dissidence vis-à-vis des systèmes de production

et de diffusion officiels, ce qui lui permet de promouvoir son idéal de conception et de production en y intégrant ses différentes revendications critiques et ses réponses aux enjeux sociaux et environnementaux. Produire par soi-même, permet de revendiquer sa capacité et sa légitimité à remettre en cause l'existant. Ses productions sont les manifestations de ses positionnements.

Voici plusieurs exemples d'individus ou de collectifs qui ont mis en place une activité d'autoproduction.

Unto this last a mis en place un modèle particulier, leur atelier et leur boutique ne font qu'un, toute leur production est réalisée dans leur point de vente à Londres. Cette logique de production locale leur permet d'éviter les frais et la pollution dûs aux transports, aux stockages et aux emballages. Unto this last a développé un logiciel sur mesure basé sur la modélisation paramétrique pour s'assurer une production flexible qui s'adapte aux variations des matières premières et aux dimensions demandées par leurs clients. Unto this last démontre comment l'utilisation de machines à commandes numériques peut autoriser une production locale et à la demande capable de concurrencer la production de masse [Fig.70].

Avec son projet *Scrapwood*, le designer hollandais Piet Hein Eek revalorise des déchets en bois issus de planchers ou d'immeubles démolis qu'il transforme en mobilier à l'esthétique brute. Chaque pièce produite dans son atelier est unique, elle dépend des matériaux disponibles. Ainsi le designer a mis en place une démarche d'autoproduction artisanale qui met en valeur son positionnement pour le recyclage [Fig.71].

Janne Kytanen a fondé dans les années 2000 Freedom of creation qui est à la fois une marque de produit et un agence spécialisée dans le design pour la fabrication additive. Il acquiert son propre parc de machines pour pouvoir produire et éditer ses propres collections d'objets. Sa démarche d'autoproduction exploite les avantages de l'impression 3D pour produire à la demande et ainsi pouvoir rapidement renouveler son catalogue d'objets sans avoir à faire de lourds investissements. En 2011, Freedom of creation est rachetée par 3D système. Janne Kytanen est resté le directeur artistique tout en déléguant ce qui n'est pas du domaine d'expertise du designer. Sa démarche d'autoproduction lui a permis d'acquérir une notoriété assez conséquente pour le positionner comme l'un des designers les plus demandés concernant le design destiné à la fabrication additive [Fig.72].

Le designer Lucas de Staël a fondé Undostrial en 2006, il conçoit et produit des lunettes au sein de son atelier à Paris. Après avoir visité plusieurs usines de lunetterie dont il trouve le processus très complexe, il comprend qu'il devra mettre en place un procédé de fabrication complètement différent s'il veut pouvoir travailler seul. Il s'équipe d'une découpeuse laser et d'outils manuels

pour pouvoir lancer ses premières productions. L'échelle de sa structure et le fait de concevoir au contact des outils de production lui permet de passer rapidement de l'idée au prototype pour pouvoir expérimenter et tester de nouveaux procédés, de nouveaux matériaux et ainsi développer des innovations enviées des autres lunetiers freinés par un modèle industriel trop rigide. Undoistrial s'est rapidement développé, des artisans et designers sont venus lui prêter main forte pour imposer cette marque sur le marché de la lunetterie [Fig.73].

## Faire exister des alternatives

Cette augmentation du statut du designer n'est pas sans conséquence sur notre rapport à la production et à la consommation. Cette multiplication de créateurs-producteurs est observée de près par les économistes, les théoriciens du design et les designers eux-mêmes. Certains comme Jean-Louis Fréchin parlent "d'un futur artisanal de l'industrie" :

***"L'industrie n'est pas finie, elle prend une nouvelle forme, elle se rapproche de l'artisanat mais avec des moyens technologiques énormes."*<sup>71</sup>**

71. CORP, Studio Lo, "Entretiens avec Jean-Louis Fréchin", *Azimuth* no. 33, Décembre 2009, pp. 118-121.

Cette nouvelle industrie est diffuse, dispersée sur le territoire. Elle participe à la relocalisation de la production et à une meilleure compréhension des enjeux liés à la production. Les lieux de production et de vente se confondent. Cela rapproche le designer du destinataire de son produit avec des moyens de production à l'échelle de l'être humain dont il peut maîtriser la complexité et les valeurs mises en œuvre. Ainsi, il recrée les liens et la relation de proximité qui pouvaient exister entre l'artisan et son client. En proposant des petites séries qui peuvent être produites à la demande, le designer autoproducteur peut tester l'adhésion de sa clientèle à sa production et ainsi limiter l'impact de l'échec d'un produit.

Au travers de l'autoproduction, les designers proposent des produits qui sont le support de leur expression et dont l'identité, le processus de fabrication et la communication laissent transparaître leurs intentions, leurs positionnements et leurs revendications. Par l'acte d'achat, les consommateurs disposent d'un grand pouvoir sur l'existence des produits lancés sur le marché : celui d'en valider la pertinence et d'en assurer le succès ou la disparition. De par sa proximité au destinataire de son produit, le designer autoproducteur peut beaucoup plus facilement mettre en avant les raisons qui l'ont poussé à concevoir et produire tel ou tel objet ainsi que les conditions de sa fabrication. Proposer des alternatives rendant compréhensibles les intentions de leur créateur donnent aux consommateurs la possibilité de prendre des positions politiques et éthiques au travers d'une consommation responsable, capable d'influencer sur les logiques de production industrielle.

De manière plus générale, la multiplication des acteurs qui se lancent dans des démarches d'autoproduction participe à la décentralisation de la production et de la vente, ce qui contribue à un meilleur partage de la richesse produite. Là où le capitalisme a donné la possibilité à un très petit pourcentage de la population de devenir démesurément riche et de s'accaparer toujours plus de capitaux.<sup>72</sup>

Quel que soit leur impact actuel, les démarches d'autoproduction remettent en question nos façons de produire et de consommer. Elles obligent les acteurs du système classique à s'interroger et à évoluer en fonction des exigences des consommateurs.

## Les limites de l'autonomie

En s'émancipant du circuit classique du projet de design, le designer étend le champ des compétences qu'il doit maîtriser. Il doit acquérir une grande autonomie dans des compétences qui ne sont pas les siennes. Il risque d'appauvrir ses productions en essayant de concilier toutes les étapes. Il pourra palier à ces limites en s'associant à des partenaires compétents. Les designers auto-producteurs travaillent rarement seuls. Ils prennent des risques financiers en devenant entrepreneurs. La survie d'une entreprise est soumise à une exigence de rentabilité tirée des bénéfices issus de la vente des produits. Le succès commercial est déterminant pour la poursuite des activités mises à mal par l'instabilité financière du marché, soumis à la concurrence.

De plus, l'indépendance et l'autonomie d'un designer qui fonctionne en autoproduction est soumise à des contraintes administratives rigoureuses, notamment en terme de comptabilité, dont un designer salarié n'a pas à se soucier. Sa liberté créative doit aussi faire face aux contraintes économiques et techniques. Il doit concilier ses partis pris personnels au regard du coût des matières premières, de la disponibilité des outils de production, du temps et de l'énergie mis en œuvre lors de la fabrication de ses produits. Il doit maîtriser sa communication et le dessin de ses produits dans le but de maintenir une cohérence globale au regard de son identité de marque et de ses positionnements commerciaux et éthiques. Si certaines de ces contraintes sont temporellement asphyxiantes, notamment la gestion comptable et administrative, d'autres sont sources de contraintes créatives dans lesquelles le designer peut affirmer ses compétences techniques et sa sensibilité.

72. LECLERE Pauline, "Les 1 % les plus riches empochent 82 % des richesses créées l'an dernier, la moitié la plus pauvre de l'humanité n'en voit pas une miette", *Oxfam*, 22 janvier 2018.



## Conclusion

Les outils numériques ont permis d'augmenter la productivité et les compétences des designers. Cela leur permet de palier à la division du travail instaurée par l'industrie pour réunir en une seule personne toutes les conditions nécessaires au développement d'une activité indépendante et autonome. L'autoproduction est un chemin que certains designers choisissent d'emprunter dans le but de s'assurer une plus grande maîtrise sur l'aspect créatif et éthique de leur travail, tout en assumant les contraintes administratives et économiques inhérentes à l'entrepreneuriat.

En mettant en place leur propre modèle économique et productif, les designers proposent des alternatives au circuit de production et de consommation classique tout en le remettant en question. De ce fait, ils offrent aux consommateurs la possibilité d'avoir un positionnement critique au travers de leur consommation. Ces démarches portent en elles la possibilité de revenir à une production locale et à petite échelle, qui s'adapte facilement à la demande tout en garantissant l'épanouissement des designers ayant une meilleure maîtrise sur les produits qu'ils conçoivent et fabriquent. Le designer autoproducteur n'est-il pas une réincarnation de l'artisan libre et heureux dont rêvait William Morris ?



# **Démocratisation de la production**



## Entretien avec Sophie Fétro, Maîtresse de conférence à l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne

Comment vous pensez que le métier du designer va évoluer ? Selon vous, est-ce que la production industrielle standardisée telle qu'on la connaît aujourd'hui peut disparaître ?

*On aura toujours des industries lourdes avec des systèmes de brevets, il est difficile d'envisager à une échéance courte la disparition de ce mode productif. Mais on va vers une diversification des modes d'activité et des modes de production. On ne cherche pas à empêcher l'industrie de fonctionner, elle fait ce qu'elle sait faire. Elle a ses labos intégrés, ses services de recherche et de développement. Mais cela n'empêche pas de faire des choses à côté, d'être créatif et de proposer des idées que les industriels n'avaient pas imaginées. C'est dans cette dynamique là que j'ai envie de défendre les démarches actuelles c'est à dire de faire exister des démarches alternatives et des façons de faire qui ne soient pas forcément privatisées mais qui soit collaboratives. Changer le système, c'est compliqué, alors que faire exister des alternatives pousse le système à se réinterroger. Cela donne aussi la possibilité aux consommateurs de choisir une alternative au mode de consommation existant.*

### Communauté maker

A l'instar des designers autoproducteurs, il existe des personnes lambda n'ayant pas forcément reçu de formation spécifique en rapport avec le domaine de la conception mais qui sont intéressées par le fait de concevoir et produire par elles-mêmes. On désigne ces amateurs par le terme de *makers*. Ces néo-bricoleurs se réunissent dans des lieux de productions alternatives appelés *makerspaces*, *hackerspaces* ou encore *fablabs* selon les spécificités de ces lieux. Les *fablabs* sont une typologie de lieu bien particulier car ils doivent répondre à des critères précis définis dans la charte établie par le MIT et la *Fab Foundation*<sup>73</sup>. Les *fablabs* sont nés au MIT au sein du laboratoire interdisciplinaire *CBA (Center for Bits and Atoms)* à l'initiative de Neil Gershenfeld, professeur et directeur du *CBA*. Après avoir reçu des subventions pour acheter toutes sortes de machines, il propose au début des années 2000 un cours appelé *How to make (almost) anything*, qui comme son nom l'indique propose de fabriquer ce que l'on veut<sup>74</sup>. Ce cours rencontre un énorme succès chez les étudiants. Le concept du *fablab* était né : offrir la possibilité au commun des mortels d'accéder à des outils leur permettant de fabriquer à peu près tout ce qu'ils souhaitent.

Par la suite le MIT et la NSF (*National Science Foundation*) accompagnent la création de *fablabs* dans le monde entier. A l'heure où j'écris ce paragraphe, 1.325 *fablabs* répartis dans plus de 30 pays, sont recensés sur la liste officielle<sup>75</sup> dont 162 en France. C'est un réseau mondial qui s'est développé. Les autres typologies de lieux définissent leurs propres règles de fonctionnement

73. Fab Charter  
fab.cba.mit.edu/  
about/charter.

74. EYCHIEUNE  
Fabienne, *fablab  
L'avant garde  
de la nouvelle  
révolution  
industrielle*, Paris,  
Edition fyb, 2012.

75. Carte et  
liste des *fablabs*  
disponible sur  
www.fablab.io/  
labs.

car ils n'approuvent pas forcément la charte de la *Fab Foundation*.

Tous ces lieux proposent des espaces de conception avec des ordinateurs équipés de logiciels pour la plupart *open source*, des espaces de prototypage avec des machines en libre accès, où se côtoient des outils traditionnels tel que des scies, tours, marteaux, des machines à commandes numériques notamment des imprimantes 3D, des découpeuses laser ou encore des fraiseuses et de l'outillage pour l'électronique, fers à souder, machines pour créer des circuits imprimés... Et bien sûr, des espaces de vie commune destinés à faciliter les échanges entre les membres. Les conditions d'accès varient selon les lieux, adhésion gratuite ou par abonnement, formation et location des machines... Les formules sont très diverses en fonction du modèle économique du lieu.

La particularité de ces lieux est principalement un mode d'apprentissage par le faire et par l'entraide entre les membres. L'une des conditions spécifiques des *fablabs* est le partage des idées et des connaissances. Dans l'idéal, chaque projet issu d'un *fablab* fait l'objet d'une publication détaillée sur le web de sorte à le partager avec tous les membres du réseau. C'est cette même mise en réseau des idées et des connaissances qui a permis l'émergence d'une communauté mondiale.

## L'avènement de la fabrication personnelle et du *DIY*

Les machines de fabrication numérique dites "de bureau" ont aussi apporté beaucoup à la culture *makers*. Depuis que le brevet de l'imprimante 3D est tombé dans le domaine public, on a vu apparaître toutes sortes d'imprimantes 3D *low cost* qui ont permis de démocratiser l'accès à la fabrication personnelle. De plus sur de nombreux sites de *marketplaces* tel que *Amazon*, *Ali express* on trouve de nombreuses machines à commandes numériques *low cost* et *DIY* à monter soi-même [Fig.74]. De nombreuses personnes ont pu acquérir à des prix dérisoires des machines de fabrication personnelle et ainsi disposer de leurs propres outils de fabrication dans leur atelier domestique.

Cette accessibilité des machines de fabrication personnelle préfigure une nouvelle forme de création et de fabrication ainsi qu'un changement culturel. De la même façon qu'il y a 30 ans, les premiers ordinateurs personnels ont commencé à se démocratiser pour aujourd'hui être présents dans presque tous les foyers. Puis internet a permis au monde entier de se connecter globalement. Les machines de fabrication personnelle en sont là où les ordinateurs étaient il y a 30 ans.

Ces machines de bureau sont déjà présentes dans la plupart des écoles de design, des ateliers de prototypages et des espaces de travail des designers. La démocratisation de la fabrication personnelle continuera à se répandre en même temps que le fonctionnement des machines se simplifiera, que leur fiabilité, leur vitesse et la qualité de leur production augmentera. Son appropriation par le public passera par une évolution culturelle portée par internet.

## Réseaux et partage

Les *fablabs* et les machines de fabrication personnelle ont donné les moyens à chacun de concrétiser ses idées. Ces mêmes idées sont diffusées partout dans le monde au travers de plateformes de partage de fichiers. Il existe une multitude de plateformes de partage de fichiers conçus à travers le monde. La plateforme *GitHub* est une référence mondiale en la matière car c'est la plateforme où s'échangent les codes sources de nombreux logiciels permettant à chacun de s'approprier et de modifier le logiciel de leur choix. Parmi les logiciels disponibles, on trouve notamment les programmes pilotes de machines à commande numérique *DIY*, les codes source de nombreux logiciels de conceptions libres ou encore des programmes pour contrôler les cartes *Arduino*. *Thingiverse* et *Cults 3D* se sont spécialisés dans le partage de fichier 3D ou 2D pour impression 3D, CNC ou découpe laser en téléchargement libre. Ce qui permet aux personnes disposant des machines mais sans compétences particulières sur les logiciels de CAO de pouvoir fabriquer les modèles disponibles parmi un choix énorme. Sur *Youtube* ou *Instructables* se sont des milliers de tutoriels qui sont proposés [Fig.75]. Concevoir un moule ou fabriquer son propre matériel audio devient accessible au plus grand nombre. Sur les forums et sur les réseaux sociaux notamment sur *Facebook* où il est possible de créer des pages et des groupes de discussions spécialisées, des communautés d'amateurs se forment pour échanger sur les sujets qui les intéressent, partager des astuces ou demander des conseils au sujet de problèmes rencontrés. Sur *Instagram* se trouve une multitude de comptes individuels sur lesquels des *makers* de tous bords diffusent leurs créations et leurs machines. Comme le décrit le journaliste et entrepreneur Chris Anderson :

***"Le web nous a enseigné la puissance des effets de réseau : relier des gens et des idées fait progresser les uns et les autres. C'est un cercle vertueux : plus les gens sont nombreux à participer, plus ils créent de la valeur, ce qui attire encore plus de gens, et ainsi de suite."***<sup>76</sup>

76. ANDERSON  
Chris, *Makers, the  
new industrial  
Revolution*, USA,  
Crown Business,  
2012.

La créativité se diffuse et les idées deviennent un bien commun, la notion même de propriété intellectuelle est remise en question si bien que de nouveaux systèmes de licences apparaissent, comme les *Creatives Commons* créées en 2011 pour faciliter

la diffusion et la protection de créations en *open source*. Les créatifs amateurs se connectent mondialement au travers du réseau internet pour porter une nouvelle forme d'innovation.

## L'innovation participative

L'innovation participative via la collaboration d'une communauté de passionnés connectés mondialement semble être une des plus belles possibilités que le *web* puisse offrir. Cette innovation collaborative s'est déjà mise en place au travers du développement des logiciels gratuits et *open source* tels que le système d'exploitation *Linux*, Le moteur de recherche *FireFox* ou encore le logiciel de conception et d'animation 3D *Blender*. Les logiciels dits *open source* ou libres sont des logiciels dont les codes sources peuvent être lus et modifiés par n'importe qui. Cela a permis le développement fulgurant et à moindre coût de services et de produits informatiques.

Ce même phénomène, commencé il y a plus de 30 ans, touche depuis quelques années les créations de biens matériels. Grâce à leur numérisation sous forme de fichiers informatiques, les informations physiques qui définissent la conception d'un objet peuvent être partagées, modifiées et matérialisées par n'importe qui partout dans le monde. Lorsqu'un individu a une idée, il n'a plus besoin de tout concevoir à zéro, il peut s'appuyer sur des créations existantes et l'adapter à ses besoins, puis la partager pour pouvoir obtenir l'aide de la communauté et améliorer son idée. Il réduit ainsi considérablement le temps de développement de son idée pour obtenir un résultat beaucoup plus poussé que s'il avait travaillé tout seul. Comme le résume Chris Anderson :

*"Partagées, les idées deviennent plus grandes. Partagés, les projets deviennent ceux de groupes plus ambitieux que ceux d'une seule personne. Et ils peuvent devenir le germe de produits, de mouvements, d'industries même. Le simple geste de "faire public" peut devenir le moteur de l'innovation, même si l'on en avait pas l'intention. Car c'est ainsi que fonctionnent les idées : quand on les partage, elles se répandent."*<sup>77</sup>

Ces idées partagées sont détournées, modifiées, réappropriées indépendamment de la volonté de leur créateur si bien que des organismes tels que *Open Value Network* tentent de trouver des modèles économiques permettant de rétribuer à leur juste valeur, tous les contributeurs d'un projet si celui-ci est destiné à être commercialisé.

Le projet *Open source ecology* illustre parfaitement ce que l'innovation collaborative peut permettre de réaliser. Le projet se base sur une plateforme de collaboration *open source* pour développer le *Global village construction set*.

77. ANDERSON  
Chris, *Makers, the  
new industrial  
Revolution*, op.  
cit.



C'est un ensemble de 50 machines nécessaires pour bâtir une civilisation pérenne [Fig.76]. Les machines conçues sont documentées et partagées sur la plateforme pour que tout le monde puisse participer au développement et apporter des améliorations. Le projet a rencontré un franc succès. La première machine a été fabriquée en 2007, depuis un tiers des machines ont déjà vu le jour et sont testées au *Factor e Farm*, une parcelle de 30 acres dans le Missouri. Ce projet expérimental est né dans le but d'expérimenter l'innovation libre à grande échelle dans un projet d'intérêts communs avec la volonté de développer ce modèle d'innovation dans le monde entier.

L'innovation participative a permis de concrétiser des projets qui n'auraient jamais vu le jour au sein de sociétés industrielles car leur intérêt n'était pas économiquement profitable. Ces mêmes projets ont été jugés socialement ou éthiquement assez intéressants pour qu'une communauté d'amateurs contribue à les développer. Cette forme d'innovation et de collaboration n'est pas motivée par le profit mais par la volonté d'agir pour l'intérêt commun et de répondre aux enjeux sociaux, écologiques ou éthiques. Cette forme d'innovation met à mal la notion de secret industriel et de propriété intellectuelle protégée, vue comme un frein au développement et au partage des idées, pour permettre aux citoyens de s'impliquer dans le développement de projets qui leur tiennent à coeur.

## Une nouvelle voie pour l'entrepreneuriat

La démocratisation des outils numériques et des machines de fabrication à commande numérique a fait émerger de nouveaux systèmes productifs. Le contexte social semble aussi beaucoup influencer cette évolution de la production. De plus en plus de travailleurs sont indépendants ou se réunissent dans de petites structures plus dynamiques que les grosses entreprises. Certains *fablabs* se sont spécialisés dans l'accompagnement des sociétés et *start-ups* en leur proposant d'accéder à leurs locaux et à leurs équipements en contrepartie d'une rémunération. D'autres structures du type incubateur proposent de mettre à disposition des locaux, des conseillers voire des fonds pour une sélection de projets entrepreneuriaux qui leur semblent prometteurs. Les voies qui mènent à l'entrepreneuriat se sont ouvertes et simplifiées. Les chemins qui mènent à trouver la bonne idée restent les mêmes mais c'est dans la concrétisation, le développement, la mise sur le marché et la distribution que la donne change avec internet et les outils numériques. Cette simplification du processus d'entrepreneuriat a vu se développer des projets partis d'une idée et d'un ordinateur. En se basant sur les recherches et les ressources partagées par d'autres et disponibles sur internet, le temps de développement d'une idée s'est considérablement raccourci. La conception numérique permet de facilement produire un prototype à bas coût, voire de produire des petites séries d'objets. Les levées de fonds se sont

aussi simplifiées, les *business angels* et les incubateurs investissent massivement dans des projets qui leur semblent prometteurs en échange de parts dans la future société. Pour ceux qui veulent rester indépendants ou dont le projet n'a pas été jugé assez rentable par les investisseurs traditionnels, le *crowdfunding* permet de faire appel à un grand nombre de personnes afin de financer leur projet. Entre consommation collaborative et production participative, ce système de financement permet aux consommateurs de choisir les projets qu'ils souhaitent voir se développer en fonction de leurs positionnements et de leurs envies.

LaCoolCo illustre parfaitement la façon dont une idée peut devenir un projet entrepreneurial avec peu de moyen. Initié en 2014 par Antoine Berr et Carlos Santana au sein du cours *ENSCImatique* proposé par Thomas Lommee à l'Ensci, ce projet proposait un kit de culture automatisée *DIY*, une mini-serre contrôlée par l'électronique appelé le *Biobot*. Après avoir réussi leur campagne de *crowdfunding*, ils cherchent à faire connaître leur projet en participant aux différentes *Maker faire* à travers le monde. Par la suite, LaCoolCo est incubée par l'accélérateur de la BNP Paribas, ils changent leur business modèle et passent du kit *DIY* à la carte électronique *open source* destinée à la captation et au contrôle environnemental. Ils développent la *Cool Board* en s'associant avec un électronicien, le premier prototype est réalisé à partir d'un logiciel destiné à la conception de circuit électronique, d'une plaque de cuivre, d'une fraiseuse CNC *DIY* et de composants électroniques achetés sur internet puis soudés manuellement. Une fois le prototype réalisé, la carte est améliorée pour être produite en petite quantité par un fabricant disposant de machines automatisées de fabrication de cartes électroniques [Fig.77].

La *Cool Board* trouve sa première expérimentation avec le chocolatier CEMOI pour la fabrication de stations météo à destination des plantations de cacao en Côte d'Ivoire. Aujourd'hui la *Cool Board* est en vente à destination du grand public pour des applications aussi diverses que l'affinage du fromage, la fermentation de boissons, les serres aquaponiques, ou encore le suivi d'humidité dans les bâtiments. LaCoolCo propose aussi des expertises pour les entreprises soucieuses de développer leurs compétences numériques. Partie d'un projet académique, LaCoolCo est devenue une *start-up*, aujourd'hui c'est une entreprise en expansion employant une quinzaine de personnes.

De nombreux projets entrepreneuriaux se sont développés de façon similaire. Partis d'une idée et d'un ordinateur, les créateurs ont su trouver les bons partenaires au travers d'incubateurs, de *makerspaces* et d'investisseurs. Plutôt que de chercher à toucher un marché de masse les obligeant de disposer d'infrastructures, de logistiques et de circuits de distributions, les petites structures se spécialisent dans des marchés de niche, passent rapidement de l'idée aux prototypes grâce aux informations disponibles sur internet,

puis du prototype aux produits ou services mis à disposition sur le marché mondial depuis leur site *web* marchand.

## Open design et Do It Yourself

Au vu de l'évolution culturelle et productive permise par les outils numériques et mise en place au sein de la communauté *makers*, certains designers accompagnent ce mouvement en concevant des objets dits en "design libre". Il s'agit d'objets faciles à fabriquer dont les plans et les instructions de fabrication sont disponibles en libre accès. Déjà en 1974, le designer italien Enzo Mari proposait dans son livre *Proposta per un autoprogettazione*<sup>78</sup>, les plans et les instructions pour fabriquer une série de mobilier à partir de planches de bois clouées [Fig.78]. Mais à cette époque, l'accès à ce type d'informations était limité par le caractère matériel des réseaux de distribution (livre imprimé, librairie...). Aujourd'hui avec internet, ce type de contenu, s'il est donné en *open source*, est accessible à tous. Les amateurs qui publient leurs créations et les tutoriels de fabrication sur les plateformes de partage visent souvent l'accomplissement d'une prouesse technique mais rares sont ceux qui ont une culture de la forme et du design assez poussée pour proposer des objets fiables et bien pensés surtout lorsque ces objets intègrent des composants électroniques. C'est là où un nouveau rôle apparaît pour les designers : accompagner les amateurs dans leur volonté de fabriquer par eux-mêmes.

78. MARI Enzo, *Proposta per un autoprogettazione*, Edizioni Corraini, 1974.

C'est ce que démontre Le designer Jesse Howard au travers de la famille d'objets *Transparent tools* composée d'appareils électroménagers comprenant un grille-pain, une meuleuse motorisée, une bouilloire électrique et un aspirateur [Fig.79]. Il anticipe un scénario futur dans lequel les utilisateurs participent activement à la production, à la réparation et à la modification de leurs propres produits. Pour cela il conçoit cette famille d'objets à partir de composants standards produits en masse et de pièces réalisées en fraisage numérique et en impression 3D<sup>79</sup>. Les plans, pièces et les fichiers nécessaires à la fabrication de ces objets sont partagés en *open source* de sorte à ce que n'importe qui puisse les fabriquer [Fig.80].

79. HOWARD JESSE, "Transparent tools", 2012.

La série *Transparent tools* de Jesse Howard se base d'ailleurs sur la grille de conception proposée par Open structure développée par le designer Thomas Lommée depuis 2008. Cette grille permet à différents acteurs de collaborer sur un même projet pour concevoir des éléments modulables qui s'adaptent d'un projet à l'autre et qui soient facilement modifiables par les utilisateurs [Fig.81]. La grille d'Open structure tend à définir des règles pour rendre les différentes pièces compatibles entre elles et reconfigurables de sorte à ce que chaque objet puisse être entretenu, réparé et démonté pour réutiliser les pièces lorsque l'objet ne fonctionne vraiment plus.

Les objets proposés par Open structure sont dessinés par des designers puis partagés sur le site web accompagnés de fichiers téléchargeables et d'un guide d'utilisation. A partir des pièces disponibles, les utilisateurs peuvent combiner différentes pièces pour créer leurs propres objets et le cas échéant concevoir les pièces manquantes à partir de la grille de conception. Open structure est à la fois une méthode de conception et à la fois un répertoire démontrant les pièces possiblement concevables à partir de la grille [Fig.82].

Dans ces deux exemples, les designers explorent des moyens de mettre à la portée de tous la fabrication individuelle d'objets du quotidien en proposant des modes d'emplois et des fichiers usinables ainsi qu'une grille de conception modulaire de sorte à promouvoir le design libre. Mais s'il met gratuitement à la disposition de tous son travail, comment le designer se rémunère-t-il ? Ces designers promeuvent la pratique du design libre car ils y voient un engagement pour la société en apportant une forme d'individuation des consommateurs, passant d'une consommation passive à une participation active à la définition de leur environnement d'objets. Le design libre s'apparente à du bénévolat ce qui restreint cette pratique à quelques designers ayant d'autres sources de revenus.

Pour assurer une rétribution à chaque personne intervenant sur la conception et la fabrication d'un produit *open source*, la société Open desk a mis en place un modèle économique particulier. Open desk a développé une plateforme web sur le modèle d'une *marketplace* mettant en relation designers, *makers* et consommateurs. Cette société propose du mobilier principalement destiné aux entreprises [Fig.83]. Lorsqu'un utilisateur souhaite acquérir du mobilier, il peut télécharger les plans librement s'il n'a pas accès aux machines nécessaires. La plateforme lui propose de choisir un fabricant près de chez lui. Il paye alors pour la fabrication et une partie du prix est reversée au concepteur du mobilier choisi. Cette plateforme valorise le design libre tout en trouvant un moyen de rétribuer à sa juste valeur chaque intervenant lorsque l'utilisateur souhaite payer [Fig.84].

Le designer en tant qu'expert des formes et des techniques de production à un rôle important à jouer pour faire évoluer notre façon de produire et de consommer. Des designers tel que François Brument ou Nervous System ont exploré des moyens intuitifs pour permettre aux consommateurs de participer à la conception de leurs produits<sup>80</sup>. Le design libre quand à lui apporte la possibilité aux designers d'encadrer ou d'accompagner les consommateurs intéressés par la possibilité de gagner en autonomie vis-à-vis de la conception et de la fabrication des objets désirés, tout en cherchant des modèles économiques leur permettant de se rémunérer. Les objets en design libre induisent une conception et une esthétique particulières leur permettant d'être facilement fabricables, démontables, réparables voir modulables.

80. Voir chapitre recherche technique pp.50-52

## Vers une nouvelle révolution industrielle ?

Une nouvelle révolution industrielle serait-elle en train de se mettre en place ? C'est en tout cas ce que Le journaliste et entrepreneur Chris Anderson, défend dans son livre *Makers, la nouvelle révolution industrielle*<sup>81</sup>. Il explique tout d'abord comment l'informatique, internet, les micros, les caméras, les logiciels de traitement de textes, de sons et d'images ont bouleversé des empires économiques tel que la musique, la presse, l'édition, la radio, la télévision et le cinéma puis le commerce en ligne. Des pans entiers de l'économie se sont numérisés et fragmentés en de multiples nouveaux acteurs, les masses se sont emparées de ces outils de création et de diffusion. On a vu émerger blogs, sites web, labels indépendants, sites marchands ou chaînes youtube tenus par des amateurs ou des indépendants qui pour certains rencontrèrent un succès fulgurant. Même le monde de la mode s'est vu impacté par la multiplication de blogueurs amateurs devenus de vrais influenceurs sponsorisés par les plus grandes marques.

81. ANDERSON  
Chris, *Makers, the new industrial Revolution*, op.cit.

***“Le plus grand changement de la décennie écoulée a été le déplacement massif du public vers la consommation de contenus amateurs et non plus professionnels.”<sup>82</sup>***

82. ANDERSON  
Chris, *Makers, the new industrial Revolution*, op.cit.

D'après lui, cette évolution culturelle qui s'est effectuée dans le monde numérique des *bits* est en train de se produire au niveau des atomes et touche de plus en plus les biens physiques esquisant les contours d'une nouvelle révolution industrielle. Cette révolution industrielle se caractérise par un changement d'acteurs et d'échelles dans la production. Cette industrie diffuse relocalise la production au travers d'ateliers partagés par des petites structures, des travailleurs indépendants ou même des amateurs. Ce changement d'échelle permet la production de petites séries de produits destinés à des marchés de niches et la production à la demande.

L'innovation et le progrès technologique ne sont plus exclusivement réservés aux ingénieurs et aux grosses entreprises mais se partagent avec des communautés d'amateurs désintéressés d'un quelconque profit pécunier mais soucieux de répondre à des enjeux sociaux et écologiques ou simplement pour leur plaisir personnel.

## Culture et éducation

Pour que tout le monde puisse prendre part à cette révolution industrielle et qu'elle soit réellement profitable pour les citoyens, il est important d'adapter les contenus culturels et éducatifs en fonction de ce changement. Ces contenus peuvent prendre différentes formes mais sont principalement de l'ordre du divertissement : ateliers de découvertes et d'initiations, jeux et jouets, émissions, films ou dessins animés, programmes scolaires, expositions... souvent à destination des enfants mais pas seulement dans le but de porter un changement de mentalité à grande échelle.

Les ateliers proposés dans les centres de loisirs ou dans des structures associatives contribuent à développer la créativité et l'habileté des enfants au travers d'activités manuelles du type origami, dessin. La plupart des *fablabs* proposent des activités ponctuelles ou des ateliers hebdomadaires permettant à des personnes de tout âge de découvrir les techniques de fabrication numérique et de réaliser des projets. La *web-série* documentaire *Fais-le toi-même*, co-réalisée par Camille Bosqué et Adrien Pavillard pour Arte Creative, dont les premiers épisodes sont parus en 2016, fait découvrir les différents enjeux liés au développement des technologies et aux pratiques créatives des artistes, designers, *makers* et *hackers* contemporains<sup>83</sup>.

Les lego et notamment les Lego *Technic* permettent aux enfants de développer leur imagination en combinant un ensemble de pièces standards pour créer leur propres univers de jeu. En 1998, Lego a lancé *Mindstorm* qui propose des pièces électroniques telles que des moteurs et des capteurs permettant de créer créatures, véhicules, machines et inventions robotiques [Fig.85]. Les créations sont contrôlables depuis une application grâce à une brique programmable. Lego propose même un logiciel de programmation permettant de pousser plus loin le contrôle des créations. *Mindstorm* est accompagné d'un ensemble de supports et de challenges pour motiver les utilisateurs à partager leurs créations et former une communauté de créateurs. Lego *Mindstorm* initie les jeunes à la robotique et la programmation au travers d'un jeu ressemblant fortement à une *Arduino* simplifiée [Fig.86]. L'intérêt de ce jeu est de proposer plusieurs niveaux de complexité ce qui permet aux enfants d'augmenter leur compétences techniques jusqu'à pouvoir s'approprier et détourner le jeu pour concevoir et contrôler leurs propres conceptions. Les jeux de constructions du type Lego ou Mécano semblent être une des meilleures façons d'initier les enfants et les jeunes à la construction, l'ingénierie voir la robotique et la programmation tout en développant leur créativité de façon divertissante.

Les marques de jeux ont bien compris l'impact marketing de ce type de jeu vis-à-vis des parents qui y voient un intérêt pédagogique au travers un divertissement.

83. BOSQUE  
Camille et  
PAVILLARD  
Adrien, *Fais-le  
toi-même*, 2016.

Nintendo a lancé en 2018 le *Nintendo Labo* qui propose un ensemble de kits venant accompagner leur console de jeu la *Nintendo Switch*. Ces kits proposent de construire des accessoires de jeu à partir de planches de carton prédécoupées et de ficelles tel qu'un volant de voiture, un guidon de moto, une canne à pêche ou encore un piano [Fig.87]. Ces accessoires sont ensuite utilisés pour contrôler le jeu vidéo. Par la suite les enfants sont incités à concevoir et partager de nouvelles créations explorant de nouvelles façons de jouer.

Tous ces contenus semblent indispensables pour former les futures générations de créateurs en les familiarisant avec le travail créatif, la fabrication et le partage de leur création.





# Interview : Samuel Rémy



Pour me rendre compte de la façon dont cette nouvelle révolution industrielle peut se mettre en place à une échelle locale. Je suis parti rencontrer Samuel Rémy le fondateur du *fablab* La Villette Makerz (75019). Je l'ai interviewé le 23 septembre 2018 au sein du *fablab*.

### **Quelle est votre formation, votre parcours et qu'est-ce qui vous a poussé à créer cette structure ?**

*Je suis ingénieur et architecte de formation. J'ai ouvert un premier fablab en 2013, le WOMA fabrique des quartiers. Je l'ai ouvert avec des copains architectes car on en avait marre de constater que dès que l'on voulait concevoir un projet non standard nos clients nous disaient que ça coûtait trop cher. On voulait pouvoir à la fois concevoir et fabriquer. On a décidé d'investir dans des machines à commandes numériques mais comme cela coûtait trop cher on a mutualisé les achats. On a créé une sorte d'espace de co-working et de co-making où les gens pouvaient travailler sur leur projet puis les fabriquer. Ensuite j'en ai ouvert un deuxième, qui s'appelle Ourq Blanc, qui était ce qu'on appelle un co-living, il y avait des gens qui habitaient, des ateliers, un restaurant, des espaces de prototypage et une salle de concert et d'exposition. Et finalement en 2016, j'ai été invité par le parc de la Villette à créer un espace culturel autour de la culture Makers.*

### **Comment fonctionne cet espace culturel ?**

*C'est un fablab ouvert sept jours sur sept : la semaine il est réservé aux professionnels et le week-end, on ouvre les portes au grand public. La semaine on a une communauté de 80 personnes qui travaillent et fabriquent ici pour développer leur entreprise, leur start-up, ou encore des artistes et des artisans. En plus de ça, la semaine on fait de l'assistance aux entreprises qui font de l'événementiel. On fait du team building, du prototypage, de la fabrication sur mesure, en incluant les professionnels de la communauté pour participer au workshop. Ça permet à nos membres de trouver des sources de revenus supplémentaires tout en restant dans leur domaine d'activité. Ça nous permet de pouvoir constituer des équipes d'experts, sur mesure, que l'on propose aux entreprises.*

*Le week-end on propose des contenus pour le grand public. Une partie des contenus pédagogiques est produite par les résidents, en contrepartie un certain nombre de prestations leur sont offertes. Donc on ne propose que des contenus que l'on a développés au sein du fablab. Il y en a trois types, les premiers sont ce qu'on appelle des ateliers autonomes où il y a peu de médiateurs. Aujourd'hui par exemple, il y a l'atelier Capitaine Lee, les gens dessinent sur une planche qui est ensuite scannée, cela leur permet de créer leur propre jeu vidéo. On a aussi proposé des ateliers autour du stop motion, de l'impression 3D et d'Arduino.*

*Les deuxièmes sont au format de cours, ce sont des ateliers qui sont suivis hebdomadairement sur toute une année, où les gens vont apprendre à toucher à un peu toutes les techniques du fablab. Au travers d'un projet, chacun apprend à son rythme, on leur apprend d'abord à fabriquer des petits robots, puis vers la fin on expérimente la réalité augmentée et l'utilisation du fond vert.*

*Et les derniers types de contenus que l'on propose, sont des événements ponctuels, ils sont préparés par des membres de la communauté pour permettre aux gens d'expérimenter des techniques issues de l'artisanat d'art. On produit ou on accueille aussi des expositions, par exemple pour la Nuit blanche 2018, on accueille le Glitch art festival avec une cinquantaine d'artistes qui vont être exposés.*

*On a un vrai ancrage au sein du quartier, on est dans un établissement au coeur du parc de la Villette, il y a les enfants qui viennent aux ateliers, des parents qui sont co-workers, certains font venir leur boîte pour qu'on les accompagne, d'autres viennent fabriquer. Donc on propose des choses pour des gens qui passent et qui ne reviendront pas mais il y a aussi beaucoup de gens qui reviennent régulièrement.*

### **Quelles sont les attentes et les motivations du grand public lorsqu'ils viennent vous voir ?**

*Il y a différents niveaux, tout d'abord les gens qui ne connaissent rien à la culture makers, ils vont passer la porte et découvrir le lieu. Ils découvrent les technologies et les moyens de création présents tels que les imprimantes 3D, des découpeuses laser et pour nous ça va être l'occasion de faire de la médiation aussi bien pour les adultes que pour les enfants. Après, il y a beaucoup de jeunes qui souhaitent approfondir : on leur fait découvrir la programmation informatique, la conception 2D ou 3D et la fabrication. On essaye de les mettre dans une position où ils ne sont pas consommateurs de jeux mais où ils vont participer à produire le contenu de leurs jeux.*

*Le samedi matin, on propose une formule que l'on appelle l'Open Lab. On essaye de répondre à la promesse des fablabs, l'endroit où chacun peut développer et réaliser son propre projet. Ça s'apparente à un club associatif, les gens viennent avec leurs idées, leurs envies mais ils ont pas forcément envie d'utiliser les machines donc on a des opérateurs qui les accompagnent. On les aide à réaliser leur projet en mettant l'accent sur la coopération et l'entraide entre les participants.*

## **Sensibilisation du public**

### **Est-ce que vous observez le développement d'une vision critique vis-à-vis de la façon dont on consomme et produit au sein du grand public que vous accueillez ?**

*Les plus avertis, notamment ceux qui viennent à l'Open Lab, vont rapidement venir avec des objets cassés qu'ils vont essayer de réparer. Ces gens-là sont souvent déjà dans une démarche de consommation différente, de personnaliser ou de réparer par eux-mêmes leurs objets. Mais ces gens sont une minorité. Pour les autres, leur volonté est plus de se divertir, de faire une activité en famille ou de participer à une activité manuelle.*

### **Qu'est-ce que vous mettez en place pour éveiller une prise de conscience de la part du grand public ?**

*Les ateliers de fabrication artisanale marchent très bien du côté des adultes mais l'intérêt pour le numérique se manifeste plus du côté des enfants.*

Pendant que les parents participent aux ateliers, on propose aux enfants des contenus qui vont développer leur créativité et en même temps on va essayer de les sensibiliser. Donc on va déplacer cette intention qui est d'être dans une consommation de divertissement vers une participation plus active et des questionnements sur la façon dont les choses sont fabriquées, de sorte à ce que le numérique ne soit pas une simple boîte noire mais plutôt quelque chose dont ils maîtrisent le fonctionnement. Ils seront capables de s'approprier, de détourner. Pour reprendre l'exemple de Capitaine Lee, les enfants dessinent les décors, les monstres, la forme du labyrinthe sur une planche A4, lors de la numérisation, chaque zone va être reconnue, ce qui va permettre de faire les paramètres du jeu. Une fois le jeu mis en place, on leur propose des séquences de hacking, où ils peuvent eux-mêmes modifier le programme et donc s'approprier le jeu.

### **Ce genre d'activité pédagogique est plus facile à mettre en place avec le jeune public ?**

On va dire qu'ils sont neufs, on va leur ouvrir l'esprit mais pour les adultes ce qui les motive c'est de travailler la matière : une sorte de retour aux activités manuelles. Pour les adultes, on met aussi en place des formations pour que les gens deviennent autonomes sur les machines et on a aussi mis en place avec l'institut Mines-Telecom, un MOOC qui s'appelle initiation à la fabrication numérique, il y a eu 7000 participants l'année dernière. On propose une partie en présentiel où on accompagne des chômeurs en reconversion ou des jeunes designers. On forme environ 50 personnes par an. On propose une autre formation, qui s'appelle la Textile Académie qui est orientée fashion et nouveaux matériaux, on leur fait découvrir les bioplastiques, les encres végétales, le design paramétrique pour concevoir sans couture et l'électronique sur textile souple. En ce moment on travaille sur une nouvelle formation qui devrait être mise en place d'ici un an, autour de l'upcycling et du design. L'idée est de faire découvrir une nouvelle méthode de travail, c'est-à-dire qu'on part d'un gisement de matière et la problématique est de comment la réemployer.

### **Pourrait-on sensibiliser le grand public les intégrant dans la partie production pour les rendre plus autonomes ?**

On peut se dire que l'on pourrait développer plein de choses technologiquement parlant et qualifier les gens mais si on vise une forme de décroissance économique, il s'agit plutôt pour le grand public d'apprendre à être plus responsable, plus économe, dans la manière dont il consomme plutôt que de consommer encore plus en étant producteur de sa consommation.

# Culture de la débrouille

**Vous êtes bien situé, d'un côté il y a le quartier Ourq où j'ai remarqué que le tissu associatif et social y est très développé et de l'autre côté c'est Crimée où il y a une population plus populaire principalement composée de gens issus de l'immigration et qui sont issus d'une culture où les notions de bricolage et de réemploi sont beaucoup plus répandues qu'ici, qu'est ce que ces populations peuvent apporter à un lieu comme le *fablab* ? Et comment leur donner de l'intérêt pour ce type de lieu ?**

*C'est vrai que pour ceux qui ont la chance de ne pas avoir perdu ces notions, d'avoir gardé cette culture en eux, c'est très intéressant de savoir résoudre son problème par soi-même et ne pas être toujours en dépendance grâce à la débrouillardise ou le bricolage. L'idée c'est de répondre à un besoin rapidement avec peu de moyens. Ce qui est une forme très pragmatique d'envisager le design. Ce pragmatisme là de résoudre un problème avec un temps et des moyens limités, c'est une super capacité que l'on apprend aux étudiants en design. On donne à faire des projets avec plein de contraintes limitantes à partir desquelles il faut trouver des solutions. Donc pédagogiquement on réapprend cette culture de la débrouille.*

**Si on met en perspective cette culture de la débrouille, avec un lieu tel que les *fablab* qui justement donnent des moyens le résultat pourrait être intéressant ?**

*Ici, il y a des gens de tous les horizons qui viennent c'est vraiment très varié, on bricole, on bidouille et on utilise des moyens très très variés. On utilise aussi bien le numérique que des outils plus traditionnels. Il n'y a pas de dissociation, l'objectif est plus d'avoir de nouveaux outils qui viennent enrichir une palette. Du coup il s'agit plus d'augmenter une palette de savoir-faire grâce à des outils et de développer un regard sur le projet pour ne pas être désarmé face à un problème technique. C'est de donner la capacité d'analyser un problème et de trouver une solution qui correspond au temps que j'ai de disponible et au moyen financier ou matériel que je peux engager. En général il y a trois notions qui régissent un choix, le temps, l'argent et le savoir. Ici c'est un lieu où on diffuse du savoir donc on influe déjà sur l'une des trois problématiques.*

## Open source

**On voit beaucoup de choses qui tournent autour de l'*open Design*, mais il y a toujours la question du modèle économique, de quoi je vis si les objets que je conçois sont *open source* avec les plans en libre accès et un tutoriel qui explique la fabrication ?**

*C'est une vraie question, est-ce que tu vis de la conception ou est-ce que tu vends de la fabrication. Il y a Open Desk qui fonctionne comme ça par exemple pour du mobilier, les plans sont Open Source, tu peux les utiliser mais il y a un système de royalties qui permet de rétribuer les designers. Ils essayent de mettre en place un système de fabrication distribué. Lorsqu'il y a un besoin local, il y a un *fablab* où des artisans vont fabriquer le meuble qui sont rémunérés pour la fabrication et il y a aussi une rémunération pour celui qui a conçu les plans.*

Après pour les designers il y a toujours la question qui se pose, si n'importe qui fabrique mon meuble, est-ce qu'il va être aussi fiable ? Il y a la question du lien qui se pose entre le designer et le fabricant, outre la question financière, il y a celle de l'engagement sur la qualité de la production.

En ce qui concerne notre fablab, nous avons un wiki sur lequel sont documentés nos projets. Donc tous les gens qui participent à l'Open Lab doivent en contrepartie mettre à disposition de tous les projets réalisés au sein de cet atelier. Cela permet à chacun de bénéficier de ce qu'on fait leurs aînés.

**Par rapport aux projets documentés sur le wiki, est-ce que il y a des gens qui viennent et qui reprennent des projets existants pour les modifier ?**

Il y en a pas mal. Avec le principe de l'open source et notamment le site Github, on ne fait pas du droit d'auteur, on fait de la parenté. Le créateur est le père du projet, il le poste en ligne puis il est repris par quelqu'un d'autre qui le reposte, le créateur devient arrière-grand-père en quelque sorte. Ce système marche très bien ici. On a un blockchain qui se forme avec les noms de tous les gens qui ont contribué au projet.

**Est-ce que ce système là pourrait remettre en cause la notion de propriété intellectuelle ?**

Elle est déjà remise en cause, cette notion est déjà très questionnée mais ce qui est compliqué c'est de se dire qu'en tant que créatif, gagner sa vie n'est pas facile alors si en plus on perd nos royalties sur ce que l'on conçoit comment on fait pour manger ? Donc pour moi, l'idéal c'est le blockchain qui permet de retracer l'origine de l'idée et de rémunérer les créateurs qui ont contribué. C'est une manière de ne pas mettre en opposition la propriété intellectuelle et le partage tout en gardant une traçabilité de la parenté. Les creatives commons ont aussi contribué aux mécanismes d'ouvertures en proposant différentes manières de protéger son projet. Le processus dynamique qu'est la parenté est plus intéressant pour suivre l'évolution d'une idée au travers des personnes qui vont le faire évoluer et ainsi suivre les transformations depuis l'idée originale.

Il y a des organismes qui ont développé des systèmes de comptabilité open source. Il existe un site qui s'appelle Open Value Network, qui propose un système pour comptabiliser les contributions de chacun dans un projet open source, c'est une manière de comptabiliser et de suivre la valeur apportée par chacun pour pouvoir la rétribuer si jamais le projet est commercialisé. Pour le moment il y a seulement quelques collectifs qui exploitent ce genre de système de comptabilité maintenant on espère voir venir un changement d'échelle. L'industrie se positionnera là-dessus le jour où elle sera mise en danger par des processus de conception ouverts qui sont capables de se développer plus vite qu'elle. Du coup c'est l'existence d'une nouvelle solution plus efficace qui obligent les autres à se repositionner.

# Le retour de la ville productive

**Vous devez vous-même avoir votre propre point de vue vis-à-vis de la façon dont on consomme et produit, comment réinjectez-vous cette vision au sein du *fablab* ?**

*Je fais partie d'un collectif appelé Fab City. L'idée est de prendre les fablabs qui sont des lieux d'expérimentations et de productions locales et de se dire qu'à l'échelle de la ville, il y a un enjeu qui serait le retour de la ville productive. Pour résumer, dans le cycle industriel initial qui existe depuis 200 ans, on extrait la matière à un endroit, on la transforme dans un autre, on la manufacture dans un troisième endroit, on la vend dans un quatrième et on envoie les déchets dans un cinquième endroit. Aujourd'hui avec le numérique, les problématiques de développement durable font qu'il est plus facile d'envoyer un mail que d'envoyer un conteneur. Donc on peut faire de la fabrication distribuée, locale et travailler sur un cycle des matières qui va être local également. On vise une relocalisation de la production. En plus, il y a un deuxième effet économique intéressant, c'est que les emplois qui tournent autour du réemploi de la matière sont des emplois qui ne sont pas délocalisables par définition. Cela crée de la résilience pour les villes au niveau de l'emploi et au niveau de l'économie.*

*A partir de ces problématiques, on va se demander comment on va réussir à développer un nouveau tissu industriel local composé de différents types de micro-usines ou de plein de typologies différentes d'espaces de fabrication. Ce qui va permettre d'une part de fabriquer localement, à la demande, éventuellement de rendre personnalisable cette production mais également d'avoir des endroits où l'on va pouvoir réparer, entretenir les productions et ensuite les retransformer en fin de vie pour maintenir un cycle de matière artificielle. Ce sont des pistes qui sont assez prospectives mais ce sont des choses sur lesquelles on travaille pour l'instant à petite échelle. On espère que ça va changer d'échelle, que l'industrie va s'y adapter. Il y a déjà des choses qui se mettent en place avec l'industrie 4.0. Par exemple l'usine Nike à Berlin, en accord avec les organismes de collecte des ordures ménagères, elle vient transformer les déchets plastiques en fil d'impression 3D pour fabriquer les chaussures à la demande.*

**C'est particulièrement ce changement d'échelle de la production et la possibilité de transformer les déchets en ressource qui m'intéresse avec les *fablabs*, comment ces changements pourraient-ils se mettre en place et comment motiver l'industrie à y participer ?**

*Les réponses à ces problématiques que vont proposer les fablabs sont multiscalaires. Par exemple, on va se dire que pour le recyclage du polyéthylène, en terme d'infrastructures, s'il y a 5 points de collecte à l'échelle européenne c'est suffisant. Par contre pour certaines matières, les points de collecte pourraient être à l'échelle de l'immeuble, pour d'autre ce serait à l'échelle du quartier. Donc on va essayer de procéder sur des imbrications d'échelles, pour définir les cycles des matières. Les industriels vont trouver leurs places au travers d'usines multi-produits, reprogrammables, avec des lignes de production composées de robots qui pourraient fabriquer des chaussures et le lendemain fabriquer des véhicules utilitaires. Et nous ce qui nous intéresse plus particulièrement,*



*c'est de partir du constat que dans les pratiques du design ou de l'artisanat, il y a de moins en moins de salariés et de plus en plus de travailleurs indépendants, pour se poser la question de comment ces indépendants vont trouver une place de valeur dans une économie de production à l'échelle de la ville. C'est là où les fablabs ont un rôle à jouer.*

### **Quel est le rôle des designers dans la mise en place d'une telle économie ?**

*Aujourd'hui le designer est très en vogue, on le retrouve dans tous les champs de l'économie et de l'entreprise. Mais par contre je pense que le design de produits neufs va être amené à perdre du terrain. Par contre le design de processus, c'est à dire concevoir des machines qui vont réemployer des matières, je pense que c'est quelque chose qui va se développer. On a organisé des expositions autour de l'upcycling, notamment une exposition internationale au Via, qui s'appelle Nouvelle Vie, on a en fait une deuxième que l'on a initiée avec la réserve des arts. Ce qui était intéressant c'est que quasiment tous les designers qui ont participé ont dû concevoir leur propre machine pour mettre en forme la matière. Il y a un grand intérêt à expliquer quel était le processus et quelles machines ont dû être inventées pour arriver à leur fin, plutôt que de seulement montrer le produit final, qui n'était pas forcément abouti. Cela permet de mieux expliquer les réponses aux problématiques qui étaient comment je fais pour rendre ré-employable, comment je fais pour créer de la ré-employabilité.*

### **Par rapport à tout ce qu'on a évoqué, comment pensez-vous que la pratique du design et l'acte même de concevoir va s'en retrouver impacté ?**

*Déjà je pense que l'une des choses les plus importantes c'est apprendre à réparer et donc comment rendre réparable pour prolonger la durée de vie des choses. Pour les choses qui ne peuvent plus être réparées, comment trouver une ré-employabilité pour la matière qui les compose. Notamment pour les designers, il est intéressant d'explorer ces deux questions sur des objets qui n'ont pas été conçus pour réparables et ré-employables. Par exemple à l'échelle d'un téléphone, on pourrait se dire que ça ne pourrait pas être réutilisé en tant que téléphone mais il pourrait devenir un mini-SSD ou un relais wifi par exemple. On pourrait ré-utiliser seulement une partie des fonctionnalités du téléphone pour lui trouver une nouvelle vie.*



# Conclusion



## Conclusion

La principale caractéristique du designer pourrait être, selon moi, la polyvalence. C'est la capacité à se spécialiser et à s'adapter à toutes sortes de contextes, de projets et de partenaires. Cette polyvalence se retrouve aussi dans la communication des intentions, des idées et des propositions en adaptant les choix des supports et des codes de langage aux publics concernés. Cette flexibilité est permise par le large panel de méthodes, de compétences et d'outils dans lequel les designers peuvent puiser pour analyser une demande, identifier des problématiques, formuler des intentions puis développer et formaliser leurs propositions jusqu'à leur aboutissement. Les méthodes, les compétences et les outils dont on peut disposer évoluent en permanence, entraînant de nouvelles possibilités d'expressions créatives. Observer l'impact de l'évolution des outils et des technologies sur les modes de conceptions et de productions m'a permis de mieux me situer pour comprendre la façon dont on produit notre environnement d'objets.

La première mutation est la conversion des outils analogiques vers le numérique dans un objectif de productivité et de fiabilité. Cette mutation a entraîné une évolution importante de l'expression créative au travers d'interfaces numériques. Etudier les outils numériques, les mutations méthodologiques et conceptuelles qu'ils entraînent m'a permis d'acquérir des clés de lecture pour mieux les comprendre et mieux me les approprier. L'important pour moi est d'être capable d'identifier les possibilités et les contraintes induites par les algorithmes qui font fonctionner ces outils et d'étudier leurs influences sur l'acte créatif ainsi que sur les formes produites. J'ai exploré les façons dont cet aspect "conditionnant" se manifeste puis les moyens qui existent pour le dépasser.

La démarche la plus pertinente m'a paru être celle qui consiste à concevoir ses propres outils. La programmation vient apporter une nouvelle compétence aux designers, celle de s'immiscer dans les lignes de codes faisant fonctionner les outils numériques pour être capable de les modifier ou d'en créer de nouveaux. Plus que jamais, les designers ont un rôle à jouer dans la conception de leurs futurs outils, soit aux côtés d'un éditeur de logiciel, soit pour leurs propres comptes, s'ils en ont les compétences. Cette capacité à exploiter les algorithmes et à créer ses propres outils ouvre de nouvelles possibilités en terme de recherche formelle, tel que le design génératif ou le *form finding* qui viennent assister le designer dans la réalisation de tâches exécutives complexes et même augmenter la créativité en offrant des résultats parfois inattendus. Mais travailler uniquement sur des médiums numériques peut aussi mener à une sorte de fascination devant la facilité à générer des formes complexes ou organiques. Pour dépasser cela, il faut être capable d'hybrider ses méthodes de travail en combinant des éléments analogiques et des techniques numériques.

Ce postulat conceptuel ne se limite pas à l'exploration formelle. Il touche aussi la recherche technique. Le numérique facilite l'accès aux outils de simulation et d'optimisation auparavant réservés aux ingénieurs. Ce qui permet aux designers de pousser beaucoup plus loin les performances techniques de leurs objets, notamment en économisant de la matière. Les outils algorithmiques ont donné naissance au design *by data* et au design paramétrique. Combinés à l'automatisation de la production et aux machines à commandes numériques, ces deux approches permettent de concevoir et de produire des objets personnalisés en fonction des goûts et des caractéristiques des consommateurs pour mieux correspondre à leurs besoins. La possibilité de mettre en place des chaînes de conception et de production entièrement numériques permet la production industrielle à la demande d'objets non standards. Ce mémoire a été l'occasion de m'interroger sur la manière dont ces technologies peuvent être exploitées pour inciter les consommateurs à prendre part à la définition de leur environnement d'objets et ainsi les sensibiliser aux enjeux sociaux et écologiques induits par nos façons de produire et de consommer.

Les outils de fabrication peuvent aussi être créés sur mesure et permettre d'expérimenter de nouveaux moyens de mise en forme de la matière et de nouvelles matières. Ils sont aussi pertinents pour revendiquer un positionnement et imaginer des alternatives à la production industrielle et même parfois dévoiler les machines pour démystifier la technique auprès du grand public. Ces outils spécialement dédiés assurent une expression créative singulière dont l'empreinte caractéristique garantit une signature exclusive.

J'ai pu comprendre les possibilités qu'offrent les outils numériques. Ma connaissance des outils et des techniques peut me permettre de mieux gérer la complexité de mes idées et de m'augmenter, en terme de conceptualisation et de réalisation.

La rencontre avec l'artisan Ludovic Mallégo m'a permis d'observer comment un praticien met en application les outils et les approches conceptuelles que j'ai explorés dans cette partie. Cet entretien m'a ouvert à des questionnements autour de l'artisanat, de l'autoproduction et leur évolution vis-à-vis des technologies numériques.

Après avoir tenté de définir l'artisanat et d'identifier les caractéristiques qui le différencient de la production industrielle, j'ai pu observer comment cette pratique se renouvelle au regard des outils numériques. Puis je me suis intéressé à l'autoproduction qui pour moi inaugure le futur artisanal de l'industrie. Entre un contexte économique contraignant et de nouvelles opportunités offertes par internet et l'accessibilité des machines à commandes numériques, certains designers sont amenés à "augmenter" leur statut, passant de concepteur à concepteur fabricant. Pour certains, c'est l'occasion de mieux maîtriser l'aspect créatif et éthique de leur travail.

et ainsi mieux faire valoir leurs intentions, leurs positionnements et leurs revendications, plus faciles à mettre en œuvre à petite échelle, avec un nombre limité d'acteurs.

Les nouvelles technologies ont favorisé la prise d'initiative et l'entreprenariat en facilitant l'accès à des outils de production, rendant les praticiens plus performants et plus productifs, leur permettant même de venir concurrencer la production industrielle. Ces pratiques participent de la relocalisation d'une partie de la production et donnent aux consommateurs le choix de leur circuit de consommation.

Ayant déjà expérimenté ces pratiques alternatives à la production industrielle, j'ai pu observer les critères nécessaires au développement de mon activité créative afin qu'elle soit la plus indépendante et autonome possible, tout en me garantissant une stabilité financière pour développer ma pratique de façon libre mais maîtrisée.

De nouvelles formes de conception, de production et d'économie ont émergé avec l'arrivée d'internet. Connectées mondialement, des communautés d'amateurs se forment pour partager et développer leurs idées. Après avoir permis le développement de services numériques, le même phénomène commence à toucher les biens physiques. Des passionnés se réunissent sur des forums et des plateformes de partage pour collaborer sur des projets d'intérêts communs et remettre en cause la notion de propriété intellectuelle. La démocratisation des machines à commandes numériques et leur accessibilité au travers de *makerspaces* facilitent la fabrication personnelle. Des designers proposent des objets en design libre pour accompagner cette pratique qui selon moi est synonyme de prise de conscience individuelle vis-à-vis des façons dont nous consommons et produisons.

84. ANDERSON  
Chris, *Makers, the  
new industrial  
Revolution*, op.  
cit.

D'après Chris Anderson<sup>84</sup>, ces différents éléments préfigurent une nouvelle révolution industrielle, locale, partagée et connectée mondialement. La rencontre avec Samuel Rémy, le fondateur du *fablab* Villette Makerz, m'a confirmé que les bases de ces changements se mettent déjà en place petit à petit.

En tant que designer, j'aimerais participer à la mise en place de cette nouvelle révolution industrielle et faire en sorte qu'elle profite réellement aux citoyens. Cette participation peut prendre plusieurs formes. La première forme consiste à travailler sur des supports culturels et éducatifs dans le but de favoriser une prise de conscience de la part des consommateurs et de donner les moyens à ceux qui le veulent de participer à la définition d'une société plus responsable. La deuxième consiste à concevoir des alternatives concrètes à la production de masse et de pousser les acteurs industriels à se réorienter vers des productions plus responsables.





# **Bibliographie**

# **Iconographie**



## Livres

ANDERSON Chris, *Makers, the New Industrial Revolution*, USA, Crown Business, 2012

BEAUCÉ Patrick, *Archive objectile*, in PEYRICOT Olivier (sous la dir.), *Objectiver*, Saint-Étienne, Cité du Design, 2016, pp. 09-48

BONNY Anne, *Le design, Histoire, Principaux Courants, Grandes figures*, Paris, Larousse, 2016

BOSQUE Camille, RICARD Laurent, NOOR Ophelia, *Fablabs etc. : Les nouveaux lieux de fabrication numérique*, Paris, Eyrolles, 2015

BRAYER Marie-Ange (sous la dir.), *Imprimer le monde*, Paris, Editions HYX, 2017

BRUMENT François, CAMPAGNOLI Maëlle, *Impression 3D, usine du futur*, Paris, Dunod, 2016

BRUMENT François, *Variations*, in PEYRICOT Olivier (sous la dir.), *Objectiver*, Saint-Étienne, Cité du Design, 2016, pp. 49-72

CACHE Bernard, *Terre Meuble*, Orléans, Editions HYX, 1997

CARPO Mario, *The Second Digital Turn : Design Beyond Intelligence*, Cambridge MA, MIT Press, 2017

CONVERSO Stefano et BONATTI Fabrizio, *Parametric Model for Architectural Design*, in Oosterhuis KAS et FEIRESS Lucas (sous la dir.), *Game set and match : on computer game, advanced geometries, and digital technologie*, Rotterdam, Episode Publishers, 2006

DELEUZE Gilles, *Le Pli - Leibniz et le Baroque*, Paris, Les éditions de minuit, 1988

GOODHOUSE Andrew (sous la dir.), *Quand le numérique marque-t-il l'architecture ?*, Montréal, Sternberg Press, 2017

EYCHIENNE Fabienne, *Fablab, L'avant garde de la nouvelle révolution industrielle*, Paris, Edition fyb, 2012

FAURE Pierrick, *Entretien avec Sophie Fétro*, in PEYRICOT Olivier (sous la dir.), *Objectiver*, Saint-Étienne, Cité du Design, 2016, pp. 123-132

FAURE Pierrick, *Machine à faire*, in PEYRICOT Olivier (sous la dir.), *Objectiver*, Saint-Étienne, Cité du Design, 2016, pp. 103-120

FRIEDMAN Yona, *Towards a Scientific Architecture*, Cambridge MA, MIT Press, 1975

GORZ André, *Écologica*, Paris, Galilée, 2008

- LYNN Greg, *Devenir natif du numérique : des notes sur une sélection d'artefacts de l'architecture numérique de la fin du XXe siècle*, in GOODHOUSE Andrew (sous la dir.), *Quand le numérique marque-t-il l'architecture ?*, Montréal, Sternberg Press, 2017
- MAEDA John, *Design by number*, Cambridge MA, MIT Press, 1999
- MANZINI Ezio. *La matière de l'invention*. Paris, Editions du Centre Pompidou, 1989
- MARI Enzo, *Proposta per un autoprogettazione*, Edizioni Corraini, 1974
- MARX Karl, *Manuscrits de 1844*, GF- Flammarion, 1999 [1844]
- MASURE Anthony, *Le design des programmes*, Paris, Thèse soutenue à l'Université Paris 1 Panthéon Sorbonne, 2014
- MENGES Achim, AHLQUIST Sean (sous la dir.), *Computational Design Thinking*, London, AD Reader, 2011
- MIGAYROU Frédéric, MENNAN Zeynep (sous la dir.) *Architectures non standard*, Paris, Centre Pompidou, 2003
- MORRIS William, RUSKIN John, GATTEGNO Jean, *Contre l'art d'élite*, Paris, Hermann, 1985 [1901]
- MORRIS William, *L'art et l'artisanat*, Paris, Edition Payot & Rivages, 2011 [1893]
- PEYRICOT Olivier (sous la dir.), *Objectiver*, Saint-Étienne, Cité du Design, 2016
- ROSSEL Pierre, *Histoire d'une fonction socio-économique, technique et culturelle : l'artisanat* in *Demain l'artisanat ?*, Genève, Graduate institute Publication, 1986, pp. 29-65
- ROSSEL Pierre, *Introduction à "Artisanat et développement enjeux et débats"* in *Demain l'artisanat ?*, Genève, Graduate institute Publication, 1986, pp. 23-27
- ROSSEL Pierre (sous la dir.), *Demain l'artisanat ?*, Genève, Graduate institute Publication, 1986
- SENETT Richard, *The Craftmen*, Yales University Press, 2008
- SIMONDON Gilbert, *Du mode d'existence des objets techniques*, Paris, Aubier, 1958
- SIMONDON Gilbert, *L'invention dans les techniques*, Paris, Edition du seuil, 1968
- WITT Andrew, *L'animal machinique : les réseaux autonomes et la computation comportementale*, in GOODHOUSE Andrew (sous la dir.), *Quand le numérique marque-t-il l'architecture ?*, Montréal, Sternberg Press, 2017 pp. 238

# Mémoires

BRUMENT François, *In-formation*, Paris, ENSCI, 2004

CHYLAK Aurélia, *Le mythe de l'autoproduction*, Paris, ENSCI, 2015

DONALDSON Patrick, *La création d'algorithmes dans le design génératif*, Genève, HEAD, 2014

FROMONT Victor, *Hypertrophie sérielle*, Paris, ENSCI, 2008

FAURE Pierrick, *Design en autoproduction*, Paris, ESADSE, 2014

MURIT Ivan, *Algorithmes naturels*, Valence, ESAD-GV, 2015

VIALA Baptiste, *Autoproduction*, Paris, ENSCI, 2012

ZAOUI Karim, *L'outil dans la démarche*, Paris, ENSCI, 2010

# Articles de presse

BERAUD Philippe, CORMERAIS Franck, "Économie de la contribution et innovation sociétale", *Innovations*, vol. 34, no. 1, 2011, pp. 163-183

BOUTILLER Sophie, FOURNIER Claude (sous la dir.), "Artisanat, la modernité réinventée" in *Marché et organisation*, Vol 1, L'Harmattan, 2006

CORP, Studio Lo, "Entretiens avec Jean-Louis Frechin", in *Azimuts*, no. 33, Décembre 2009 pp. 118-121

EVEILLARD Louis, "Art, Design & Algorithme", *Étapes*, no. 239, 01 septembre 2017, p.126

INGOLD Tim, "L'Outil, l'esprit et la machine : Une excursion dans la philosophie de la « technologie »", in *Techniques & Culture*, no. 54-55, 2010

FETRO, Sophie. "Bricolages en design. Inventer des rapports non réguliers à la technique", *Techniques & Culture*, vol. 64, no. 2, 2015, pp. 152-167.

POLGE Marion. "Entreprendre dans l'artisanat : quel(s) défi(s) ? Introduction", *Management & Avenir*, vol. 40, no. 10, 2010, pp. 73-78.

PONCET Jean-Sébastien, Studio Lo, "Design en auto-production", *Azimut*, no. 33, Décembre 2009 pp. 92-102

SULLIVAN Louis H., "The Tall Office Building Artistically Considered", *Lippincott's Magazine*, no. 57, Mars 1896, pp. 403-409

## Articles en ligne

Collectif, "économie de la contribution", *Ars industrialis*, 12 février 2012  
[[www.arsindustrialis.org/economie-de-la-contribution](http://www.arsindustrialis.org/economie-de-la-contribution)], consulté en novembre 2018

Anonyme, "Parametricism", *Designing Building Wiki*, 13 juillet 2017,  
[[www.designingbuildings.co.uk/wiki/Parametricism](http://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Parametricism)], consulté en novembre 2018

AUTODESK, "Design Variations and Optimization", *Autodesk research*,  
[[www.autodeskresearch.com/projects/designvariation](http://www.autodeskresearch.com/projects/designvariation)]

AUTODESK, "Project Dreamcatcher", *Autodesk research*,  
[[www.autodeskresearch.com/projects/dreamcatcher](http://www.autodeskresearch.com/projects/dreamcatcher)], consulté en novembre 2018

BARY Kevin, "Le don avec contrepartie est-il fait pour vous ?", *happycrowdfunding*,  
19 septembre 2017,  
[[www.happycrowdfunding.fr/le-don-avec-contrepartie-est-il-fait-pour-vous/](http://www.happycrowdfunding.fr/le-don-avec-contrepartie-est-il-fait-pour-vous/)],  
consulté en novembre 2018

BERTHEZENE Irène, "Autoproduction et auto édition en design: économie de crise ou autonomie de création?", *La revue du design*, 18 octobre 2018,  
[[www.larevuedudesign.com/2011/10/18/auto-production-et-auto-edition-en-design/](http://www.larevuedudesign.com/2011/10/18/auto-production-et-auto-edition-en-design/)], consulté en novembre 2018

BINCTIN Barnabé, "Des ateliers d'auto-production pour parvenir à l'autonomie", *Reporterre*, 29 octobre 2014,  
[[www.reporterre.net/Des-ateliers-d-auto-production](http://www.reporterre.net/Des-ateliers-d-auto-production)], consulté en novembre 2018

B. Clementine, "Le design génératif : quels changements pour les créateurs ?", *Du côté de chez vous*, 31 août 2018,  
[[www.ducotedechezvous.com/article/le-design-generatif-quels-changements-pour-les-createurs/](http://www.ducotedechezvous.com/article/le-design-generatif-quels-changements-pour-les-createurs/)], consulté en novembre 2018

BONNAUD Rémi, "L'artisanat numérique est un métier d'avenir", *MAK3R*, 12 février 2014,  
[[www.mak3r.com/lartisanat-numerique-est-un-metier-davenir/](http://www.mak3r.com/lartisanat-numerique-est-un-metier-davenir/)], consulté en novembre 2018

BYS Christophe, "Face à une crise existentielle du travail, certains jeunes diplômés investissent l'artisanat ou le commerce de proximité, explique Jean-Laurent Cassely", *Usine nouvelle*, 09/06/2017,  
[[www.usinenouvelle.com/article/face-a-une-crise-existentielle-du-travail-certains-jeunes-diplomes-investissent-l-artisanat-ou-le-commerce-de-proximite-explique-jean-laurent-cassely.N550718](http://www.usinenouvelle.com/article/face-a-une-crise-existentielle-du-travail-certains-jeunes-diplomes-investissent-l-artisanat-ou-le-commerce-de-proximite-explique-jean-laurent-cassely.N550718)], consulté en novembre 2018

Chambres de Métiers et de l'Artisanat, "L'Artisanat, Première entreprise de France", *artisanat.fr*, 2017,  
[[www.artisanat.fr/lartisanat/un-secteur-cle-de-leconomie/lartisanat-premiere-entreprise-de-france](http://www.artisanat.fr/lartisanat/un-secteur-cle-de-leconomie/lartisanat-premiere-entreprise-de-france)], consulté en novembre 2018

COCCO Alexandre, "Autoproduction(s)", *La revue du Design*, 28 octobre 2011, [www.larevuedudesign.com/2011/10/28/autoproductions/], consulté en novembre 2018

DE JARCY Xavier, "William Morris, qui fit éclore la beauté dans l'Angleterre victorienne", *Telerama*, 02, novembre 2011, [www.telerama.fr/scenes/william-morris-qui-fit-eclore-la-beaute-dans-l-angleterre-victorienne.74662.php], consulté en novembre 2018

FAIRS Marcus, "It's more than a technological revolution; it's a cultural revolution - Joseph Grima", *Dezeen*, 15 octobre 2012, [www.dezeen.com/2012/10/15/joseph-grima-on-open-design-at-istanbul-design-biennial/], consulté en novembre 2018

FashionLab "FashionLab collaborates with ECCO on a 3D print footwear project", *blog.3ds*, 3 novembre 2017, [www.blogs.3ds.com/fashionlab/dassault-systemes-collaborates-ecco-3d-print-footwear-project/]; consulté en novembre 2018

FAURE Pascal (sous la dir.), "Les chiffres clés de l'artisanat", *entreprises.gouv.fr*, 2016, [www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions\_services/etudes-et-statistiques/Chiffres\_cles/Artisanat/2016-06-Chiffres-cles-artisanat.pdf], consulté en novembre 2018

FETRO Sophie, "François Brument : l'enseigne du numérique", *Strabic*, 27 mars 2012, [www.strabic.fr/Francois-Brument-227], consulté en novembre 2018

FETRO Sophie : "Les outils numériques artisanalement modifiés", *Strabic*, 2011, [www.strabic.fr/Outils-numeriques-artisanalement-modifies-Sophie-Fetro], consulté en novembre 2018

FETRO Sophie, "Marc Fornes, double agent white", *Strabic*, 20 décembre 2012, [www.strabic.fr/Marc-Fornes-Double-Agent-White], consulté en novembre 2018

FORM2FAB, "Ce qu'il faut savoir à propos de la CAO paramétrique", *Form 2 fab*, [www.form2fab.com/cao-parametrique], consulté en novembre 2018

FORM2FAB, "Ce qu'il faut savoir à propos de la modélisation polygonale (Sub'd)", *Form 2 fab*, [www.form2fab.com/modelisation-polygonale-introduction], consulté en novembre 2018

FORM2FAB, "Ce qu'il faut savoir à propos de la modélisation surfacique", *Form 2 fab*, [www.form2fab.com/modelisation-surfacique/], consulté en novembre 2018

GALLIOT Laureline, "Contour et Masse", *Laureline Gaillot*, 2015, [www.laurelinegalliot.com], consulté en novembre 2018

HAKKENS Dave, “Manifesto”, *Precious Plastique*, 2013,  
[[www.preciousplastic.com/en/manifesto.html](http://www.preciousplastic.com/en/manifesto.html)], consulté en novembre 2018

HANSMEYER Michael, “Digital Grotesque II”, *Michael Hansmeyer*, 2017,  
[[www.michael-hansmeyer.com/digital-grotesque-ii](http://www.michael-hansmeyer.com/digital-grotesque-ii)], consulté en novembre 2018

HOWARD JESSE, “Transparents tools”, *Jesse Howard*, 2012,  
[[www.jessehoward.net/work/transparenttools](http://www.jessehoward.net/work/transparenttools)], consulté en novembre 2018

Insee, “Artisanat / Artisan / Entreprise artisanale”, *Insee.fr*, 2016,  
[[www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1137](http://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1137)], consulté en novembre 2018

KILKELLY Michael, “5 Ways Computational Design Will Change the Way You Work”,  
*Arch Smarter*, 5 avril 2016,  
[[www.archsmarter.com/computational-design/](http://www.archsmarter.com/computational-design/)], consulté en novembre 2018

LAARMAN Joris, “Bone chair”, *Joris Laarman*, 2006,  
[[www.jorislaarman.com/work/bone-chair/](http://www.jorislaarman.com/work/bone-chair/)], consulté en novembre 2018

LECLERE Pauline, “Les 1 % les plus riches empochent 82 % des richesses créées l’an dernier, la moitié la plus pauvre de l’humanité n’en voit pas une miette”,  
*Oxfam*, 22 janvier 2018,  
[[www.oxfam.org/fr/salle-de-presse/communiqués/2018-01-22/les-1-les-plus-riches-empochent-82-des-richesses-creees-lan](http://www.oxfam.org/fr/salle-de-presse/communiqués/2018-01-22/les-1-les-plus-riches-empochent-82-des-richesses-creees-lan) ], consulté en novembre 2018

LE FORT Marie, “En route vers l’auto-édition”, *Les Echos*, 12 décembre 2014,  
[[www.lesechos.fr/12/09/2014/LesEchos/21770-409-ECH\\_en-route-vers-l-auto-edition.htm](http://www.lesechos.fr/12/09/2014/LesEchos/21770-409-ECH_en-route-vers-l-auto-edition.htm)], consulté en novembre 2018

LE NET Julien “Economie de la contribution-Entretien avec Bernard Stiegler”,  
*Medium*, 22 novembre 2017,  
[[www.medium.com/@julienlenet/economie-de-la-contribution-entretien-avec-bernard-stiegler-abbadaba43b](http://www.medium.com/@julienlenet/economie-de-la-contribution-entretien-avec-bernard-stiegler-abbadaba43b)], consulté en novembre 2018

MANON Simone, “En quoi consiste l’aliénation au travail ?”, *Philolog*, 5 mars 2008,  
[[www.philolog.fr/lalienation-du-travail/](http://www.philolog.fr/lalienation-du-travail/)], consulté en novembre 2018

MANOVITCH Lev, “The Algorithms of Our Lives”, *Chronicle*, 16 décembre 2013,  
[[www.chronicle.com/article/The-Algorithms-of-Our-Lives-/143557](http://www.chronicle.com/article/The-Algorithms-of-Our-Lives-/143557)], consulté en novembre 2018

Mischer’Traxler Studio, “Collective works”, *Mischer’Traxler Studio*, 2011,  
[[www.mischertraxler.com/projects/collective-works/](http://www.mischertraxler.com/projects/collective-works/)], consulté en novembre 2018

Nervous sytem, “Kinematic apps”, *Nervous sytem*, 2014,  
[[www.n-e-r-v-o-u-s.com/projects/tags/algorithm/albums/kinematics-apps/](http://www.n-e-r-v-o-u-s.com/projects/tags/algorithm/albums/kinematics-apps/)], consulté en novembre 2018

Nervous system, “Kinematic cloth app”, *Nervous sytem*, 2014,  
[[www.n-e-r-v-o-u-s.com/projects/tags/algorithm/albums/kinematics-cloth/](http://www.n-e-r-v-o-u-s.com/projects/tags/algorithm/albums/kinematics-cloth/)], consulté en novembre 2018



SAUNIER Phillipe, "La réforme des Arts and Crafts", *L'histoire par l'image*, janvier 2006,  
[[www.histoire-image.org/fr/etudes/reforme-arts-and-crafts](http://www.histoire-image.org/fr/etudes/reforme-arts-and-crafts)], consulté en novembre 2018

SCHUMACHER Patrick, "Parametricism - A New Global Style for Architecture and Urban Design", *AD Architectural Design - Digital Cities*, vol. 79, no. 4, juillet/août 2009  
[[www.patrikschumacher.com/Texts/Parametricism%20-%20A%20New%20Global%20Style%20for%20Architecture%20and%20Urban%20Design.html](http://www.patrikschumacher.com/Texts/Parametricism%20-%20A%20New%20Global%20Style%20for%20Architecture%20and%20Urban%20Design.html)], consulté en novembre 2018

Sécurité sociale indépendant, "Guide auto-entrepreneur", *l'autoentrepreneur*, février 2018,  
[[www.lautoentrepreneur.fr/images/29080\\_SSI%20Guide%20Auto%20entrepreneur\\_0603bd.pdf](http://www.lautoentrepreneur.fr/images/29080_SSI%20Guide%20Auto%20entrepreneur_0603bd.pdf)], consulté en novembre 2018

UNFOLD Studio, KNAPEN Tim, "L'artisan électronique", *Tim Knapen*, 2010,  
[[www.timknapen.be/project/l-artisan-electronique](http://www.timknapen.be/project/l-artisan-electronique)], consulté en novembre 2018

WEISBERG David, "A Brief Overview of the History of CAD", *CAD history*, 2008,  
[[www.cadhistory.net/02%20Brief%20Overview.pdf](http://www.cadhistory.net/02%20Brief%20Overview.pdf)], consulté en novembre 2018

WERTELOBERFELL, "Fractal.MGX for MGX by Materialise", *Werteloberfell*, 2009,  
[[www.werteloberfell.com/?project=fractal-mgx](http://www.werteloberfell.com/?project=fractal-mgx)], consulté en novembre 2018

## Conférences

CARPO Mario, ASCENSIO Anne, BOURGEOIS Marie Julie, BOSQUE Camille, DESBAZELLE Magali, MOREL Philippe, RUBIO Emmanuel, "Pecha Kucha", Volume Coworking, Paris, 05 avril 2018

JOUIN Patrick, BANGLE Chris, ASCENSIO Anne, "DEZEEN Live conférence", Dassault Systèmes Space, Milan, 19 avril 2018

LOVEGROVE Ross, "Daily lecture", Nagami Design Space, Milan, 19 avril 2018

MIGAYROU Frederic, FRAZER John, RAVON Adrien, WITT Andrew, "Architecture et design, Coder le monde 2", Centre Pompidou, 16 juin 2018

PASQUERO Claudia (EcoLogic Studio), "Daily lecture", Nagami Design Space, Milan, 18 avril 2018

PERNECLY Jan, MALLEGOL Ludovic, SOUSA Pedro Jose, BADUT Rémy, DE LA BACHELERIE Aymeric, CICHOCKA Judyta, PERRAULT Sébastien, HEINRICH Mary Katherine, SENEMAUD Nicolas, PACLT Jan, NIKITIN Dmitrij, ERIOLI Alessio, GRAZIANO Andrea, "Datascape Fest : Quand l'outil devient architecture", Volume Coworking, Paris, 04 avril 2018

RETSIN Gilles, "Daily lecture", Nagami Design Space, Milan, 17 avril 2018

SEMPÉ Inga, Label famille, CASPAR François, "Designer indépendant, quel statut ?", Cité de la dock et du design, Paris, 5 septembre 2016

SCHUMACHER Patrick (Zaha Hadid architects), "Daily lecture", Nagami Design Space, Milan, 18 avril 2018

TEDESCHI Arturo "Daily lecture", Nagami Design Space, Milan, 21 avril 2018

WIDRIG Daniel "Daily lecture", Nagami Design Space, Milan, 20 avril 2018

## Expositions

Imprimer le monde, Centre Pompidou, Paris, 15 mars 2017 - 19 juin 2017

Coder le monde, Centre pompidou, Paris, 15 juin 2018 - 27 août 2018

Artistes et robots, Grand Palais, Paris, 5 Avril 2018 - 9 juillet 2018

## Vidéos

BOSQUE Camille et PAVILLARD Adrien, "Fais-le toi-même", 2016, [[www.arte.tv/fr/videos/RC-014205/fais-le-toi-meme/](http://www.arte.tv/fr/videos/RC-014205/fais-le-toi-meme/)], consulté en novembre 2018

HUYGHE Pierre-Damien, "Autoproduction : quand le designer est le producteur de son œuvre", 24 octobre 2011, [[www.youtube.com/watch?v=pOT9h6CW4Es](http://www.youtube.com/watch?v=pOT9h6CW4Es)], consulté en novembre 2018

LYNN Greg, "Animated Form", 21 janvier 1997, AA School of Architecture. [[www.youtube.com/watch?v=Pu3yxESdgcl](http://www.youtube.com/watch?v=Pu3yxESdgcl)], consulté en novembre 2018

STIEGLER Bernard, carte de blanche "Fabuleuses mutations", le 8 décembre 2015, à la Cité des Sciences et de l'Industrie. [[www.youtube.com/watch?v=Ag5ff9oIN-U](http://www.youtube.com/watch?v=Ag5ff9oIN-U)], consulté en novembre 2018

STIEGLER Bernard, "Vers une économie de la contribution ?", 25 juin 2013, [[www.youtube.com/watch?v=RXyPPd29KvE](http://www.youtube.com/watch?v=RXyPPd29KvE)], consulté en novembre 2018

VAN DEN BROOK Antoine, "Le nouvel artisanat numérique", 11 mars 2015, [[www.youtube.com/watch?v=\\_DEF\\_zWhZ9A](http://www.youtube.com/watch?v=_DEF_zWhZ9A)], consulté en novembre 2018

# Iconographie

[Fig.1] BERNOUSSI Sammy, *Totem in the jungle*, 2014, Dessin à l'encre de chine, crédit photo : Sammy Bernoussi

[Fig.2] BERNOUSSI Sammy, *Totems*, 2016, Bois fraisé, crédit photo : Sammy Bernoussi

[Fig.3], BERNOUSSI Sammy, *Infinite Mandala*, 2015, Processing, crédit photo : Sammy Bernoussi

[Fig.4], BERNOUSSI Sammy, *Memory flux*, 2018, Image de synthèse, crédit photo : Sammy Bernoussi

[Fig.5], [Fig.6], [Fig.7], FORM2FAB, "Ce qu'il faut savoir à propos de la modélisation Polygonale (Sub'd)", *Form 2 fab*, crédit photo : [[www.form2fab.com/modelisation-polygonale-introduction](http://www.form2fab.com/modelisation-polygonale-introduction)]

[Fig.8], [Fig.9], [Fig.10], [Fig.11], FORM2FAB, "Ce qu'il faut savoir à propos de la CAO paramétrique", *Form 2 fab*, crédit photo : [[www.form2fab.com/cao-parametrique](http://www.form2fab.com/cao-parametrique)]

[Fig.12], [Fig.13],[Fig.14], [Fig.15], FORM2FAB, "Ce qu'il faut savoir à propos de la modélisation Surfacique", *Form 2 fab*, crédit photo : [[www.form2fab.com/modelisation-surfacique/](http://www.form2fab.com/modelisation-surfacique/)]

[Fig.16], LAFARGUE Jean-Noël, *Plume*, 2014, Programme Processing, crédit photo : [[www.processingdrawings.tumblr.com](http://www.processingdrawings.tumblr.com)]

[Fig.17], Mauvaises herbes, générées par un programme de *L-system*, crédit photo : [[www.commonswikimedia.org/wiki/File:Fractal\\_weeds.jpg](http://www.commonswikimedia.org/wiki/File:Fractal_weeds.jpg)]

[Fig.18], Exemples de systèmes fractales, crédit photo : [[www.researchgate.net/figure/Iterated-function-system\\_fig7](http://www.researchgate.net/figure/Iterated-function-system_fig7)]

[Fig.19], STUDIO WERTAL - OBERFELL & BÄR Mathias, *Fractal.MGX*, Materialise, 2009, Résine, produit par la société Materialise, Victoria and Albert Museum (V&A), London, The Metropolitan Museum of Art, New York, Design Hub Barcelona, crédit photo : [[www.materialise.com/en/mgx/collection/fractal-mgx](http://www.materialise.com/en/mgx/collection/fractal-mgx)]

[Fig.20], Nervous System, *Orbicular Lamp*, 2010, nylon plastic, crédit photo : [[www.n-e-r-v-o-u-s.com/shop/generativeProduct](http://www.n-e-r-v-o-u-s.com/shop/generativeProduct)]

[Fig.21], Nervous System, *Cassiopea earring*, nylon plastic, crédit photo : [[www.n-e-r-v-o-u-s.com/shop/product](http://www.n-e-r-v-o-u-s.com/shop/product)]

[Fig.22], GROSSMAN Bathsheba, *Quin.MGX*, Materialise, 2005, polyamide, crédit photo : [[www.stylepark.com/en/mgx-by-materialise](http://www.stylepark.com/en/mgx-by-materialise)]

[Fig.23], HANSMEYER Michael, *Digital Grotesque II*, 2017, polyamide,  
crédit photo : [<http://www.michael-hansmeyer.com/digital-grotesque-II>]

[Fig.24], LOVEGROVE Ross, *New nature*, Artemide, 2012, acier chromé, plastique,  
crédit photo : Artemide

[Fig.25], KYTTANEN Janne, *Sedona loung table*, 2016, aluminium poli,  
crédit photo : Janne Kyttanen

[Fig.26], TERRAVIXTA, *Voronoi skateboard organique*, 2015, bois, bambou, fibre de carbone,  
crédit photo : Terravixta

[Fig.27], JOUIN patrick, *C2 chair*, Materialise, 2004, polyamide,  
crédit photo : Materialise

[Fig.28], [Fig.29], [Fig.30] GAILLOT Laureline, *Contour et Masse*, 2015, peinture digitale, fabrication additive polyjet,  
crédit photo : [[www.laurelinegalliot.com](http://www.laurelinegalliot.com)]

[Fig.31], MORETTI Luigi, *Model of stadium N*, exposition Parametric Architecture 12e triennale de Milan, 1960,  
crédit photo : [[www.researchgate.net/figure/A-model-of-stadium-N](http://www.researchgate.net/figure/A-model-of-stadium-N)]

[Fig.32], LAARMAN Joris, *Gradient Chair*, 2014, aluminium,  
crédit photo : [[www.jorislaarman.com/work/gradient-chair/](http://www.jorislaarman.com/work/gradient-chair/)]

[Fig.33], [Fig.34], LAARMAN Joris, *Bone chair*, 2006, aluminium,  
crédit photo : [[www.jorislaarman.com/work/bone-chair/](http://www.jorislaarman.com/work/bone-chair/)]

[Fig.35], [Fig.36], Autodesk, Lightning Motorcycle, *Motorcycle swingarm*, 2014,  
crédit photo : [[www.autodeskresearch.com/projects/designvariation](http://www.autodeskresearch.com/projects/designvariation)]

[Fig.37], Certain Measures, *Mine the scrap*, 2015,  
crédit photo : [[www.certainmeasures.com/rmts\\_installation.html](http://www.certainmeasures.com/rmts_installation.html)]

[Fig.38], Objectile, *Meuble*, 1999, bois,  
crédit photo : [[www.archilab.org/public/1999/artistes/obje01fr.htm#](http://www.archilab.org/public/1999/artistes/obje01fr.htm#)]

[Fig.39], Objectile, *Panneau*, 1999, bois,  
crédit photo : [[www.archilab.org/public/1999/artistes/obje01fr.htm#](http://www.archilab.org/public/1999/artistes/obje01fr.htm#)]

[Fig.40], Nervous system, *Kinematic apps*, 2014,  
crédit photo : [[www.n-e-r-v-o-u-s.com/projects](http://www.n-e-r-v-o-u-s.com/projects)]

[Fig.41], BRUMENT François, *Vases#44*, 2008,  
crédit photo : Studio In-flexions

[Fig.42], Nervous system, *Kinematic cloth app*, 2014,  
crédit photo : [[www.n-e-r-v-o-u-s.com/projects/](http://www.n-e-r-v-o-u-s.com/projects/)]

[Fig.43], [Fig.44], [Fig.45], ECCO innovation lab, Dassault Systèmes, *Project Quant-U*, 2017,  
crédit photo : ECCO, Dassault Systèmes

[Fig.46], BOWYER Adrian, *RepRap*, 2004,  
crédit photo : [www.reprap.org/wiki]

[Fig.47], VAN DER KOOIJ Dirk, *Endless chair*, 2010, plastique, [Fig.]  
crédit photo : Dirk Van Der Kooij

[Fig.48], VAN DER KOOIJ Dirk, *Endless process*, 2010, bras robotique, plastique,  
crédit photo : Dirk Van Der Kooij

[Fig.49], NOVIKOV Petr, JOKIC Saša, LAARMAN Joris, *Mataerial*, 2013, bras robot,  
résine,  
crédit photo : [www.mataerial.com/#lastPage]

[Fig.50], HAKKENS Dave, *Precious plastic*, 2013,  
crédit photo : [www.preciousplastic.com/en/machines.html]

[Fig.52], [Fig.52], Mischer'Traxler Studio, *Collective works*, 2011,  
crédit photo : [www.mischertraxler.com/projects/collective-works/]

[Fig.53], [Fig.54], [Fig.55], UNFOLD studio, KNAPEN Tim, *L'artisan électronique*,  
2010,  
crédit photo : [www.timknapien.be/project/l-artisan-electronique]

[Fig.55], [Fig.56], [Fig.57], [Fig.58], [Fig.59], [Fig.60], [Fig.61], [Fig.62], [Fig.63],  
[Fig.64], [Fig.65], [Fig.66], [Fig.67], MALLÉGOL Ludovic, *Interview Ludovic Mallégo*, 2018,  
crédit photo : Sammy Bernoussi

[Fig.68], Kisskissbankbank.com, *Capture d'écran*, 2018,  
crédit photo : kisskissbankbank.com

[Fig.69], Etsy.com, *Capture d'écran*, 2018,  
crédit photo : etsy.com

[Fig.70], Unto this last, *Atelier*,  
crédit photo : Unto this Last

[Fig.71], KYTTANEN Janne, *Sofa So Good*, 2015, metal,  
crédit photo : Janne Kyttanen

[Fig.72], HEIN EEK Piet, *Waste table in Scrapwood*, 2001,  
crédit photo : [www.pietheineek.nl/en/product/]

[Fig.73], Undostrial,  
crédit photo : Undostrial

[Fig.74], Aliexpress.com, *Capture d'écran*, 2018,  
crédit photo : Aliexpress.com

[Fig.75], Instructables.com, *Capture d'écran*, 2018,  
crédit photo: Instructables.com

[Fig.76], LaCoolCo, *Coolboard*, 2017, carte électronique programmable,  
crédit photo : LaCoolCo

[Fig.77], Open source ecology, *Global village construction set*, 2003,  
crédit photo : Open source ecology

[Fig.78], MARI Enzo, *Proposta per un autoprogettazione*, 1974,  
crédit photo : Enzo Mari

[Fig.79], [Fig.80], HOWARD Jesse, *Transparents tools*, 2012,  
crédit photo : Jesse Howard

[Fig.81], Open Structure, *Capture d'écran*, 2018,  
crédit photo : Open Structure

[Fig.82], Open Structure, *Grille de construction*,  
crédit photo : Open Structure

[Fig.83], SAN MARTIN Scarlett, *Fin Locker Planter*, 2015,  
crédit photo : Open Desk

[Fig.84], STEINER Joni, IERODIACONOU Nick, *Lift Standing Desk*,  
crédit photo : Open Desk

[Fig.85], [Fig.86], Lego, *Mindstorm*, 2018,  
crédit photo : Lego

[Fig.87], Nintendo, *Nintendo Lab*, 2018,  
crédit photo : Nintendo



## Remerciements

Un grand merci à mes parents d'avoir cru en moi et de m'avoir soutenu toutes ces années. Merci à ma mère pour les relectures.

Merci à ma belle Awa et à mes amis pour m'avoir motivé, conseillé et aidé, Teddy, Abdoulaye, Tuka, Pierrick, Alioune, Brams.

Merci à Antoine Berr, Florian Bédé, Johanna Lapray, Françoise Hugont, François Gaullier, Edith Hallauer, Françoise Courbis pour les conseils et les discussions enrichissantes.

Merci à Ludovic Mallégo, Sophie Fétro, Sébastien Smetryns et Samuel Rémy pour m'avoir accordé leur temps et d'avoir nourri ma réflexion.

Un très grand merci à Camille Bosqué pour m'avoir accompagné tout au long de cette aventure.



Mémoire de fin d'études de Sammy Bernoussi,  
sous la direction de Camille Bosqué,  
ENSCI - Les Ateliers, 2018



