

# MakerNet : la fabrication distribuée

Par Pierre-Alexis CIAVALDINI

Étudiant-entrepreneur à l'École 42 et cofondateur du BlockFest  
www.makernet.org

“*Release early, release often !*”. Cet adage bien connu du monde informatique est issu de *The Cathedral and the Bazaar* <sup>(1)</sup> (1997), un des ouvrages fondamentaux du mouvement *open source* qui révèle l'avantage compétitif qu'offre cette nouvelle vision de l'informatique. Applicable au matériel, cette philosophie permet l'élaboration d'un nouveau modèle de fabrication distribuée sécurisable grâce à la *blockchain*. La France a délocalisé son industrie de pointe et a perdu une grande partie de son savoir-faire en micro-électronique. *A contrario*, à Shenzhen, en Chine, l'électronique est désormais une forme d'artisanat. Elle permet à la Chine de créer chaque jour des dizaines de nouveaux *smartphones* que l'on appelle des « *Shanzai* », une forme d'*open hardware* standardisé (qui n'existe que là-bas). MakerNet <sup>(2)</sup> propose la généralisation de ce modèle et son ouverture aux autres cultures au travers d'un écosystème de fabrication distribuée permis par la *blockchain*.

## De l'*open source* à l'*open hardware*

L'histoire de l'*open source* commence le 1<sup>er</sup> janvier 1970 à minuit : c'est la Seconde 0 du Temps Unix ; cette date marque le début d'une nouvelle ère. Alors que le système d'exploitation Unix (créé par AT&T) n'a pas pu être commercialisé à cause d'une clause de non-concurrence, ses sources sont distribuées gratuitement. Des centaines de programmeurs contribuent au code source d'Unix, jusqu'à inspirer Richard Stallman, qui crée le projet GNU en 1984 (la première suite de logiciels totalement libre de droits). En 1991, le projet s'allie au noyau Linux pour proposer le premier système d'exploitation complet libre de droits. Il existe aujourd'hui des centaines de distributions GNU/Linux pour des usages encore plus variés que ceux des deux célèbres systèmes d'exploitation propriétaires Windows et MacOS.

Le produit lui-même étant rarement commercialisable, il est très difficile de tirer une loi générale des *business models* des industries de l'*open source* ! En revanche, son versant matériel, l'*open hardware*, semble être aujourd'hui extrêmement prometteur. Les plans des produits *open hardware* sont certes librement disponibles, mais il y a toujours un objet physique à vendre, ce qui rend plus facile la formalisation de son marché. Certes, on pourrait avancer l'idée qu'il reste toujours possible de « voler » le plan gratuit du concepteur pour pouvoir fabriquer en masse, mais ce serait sans compter sur la puissance de mise à jour que permet d'atteindre l'*open source*, grâce à une communauté d'intérêts. Ses membres participent à l'amélioration du produit pour que celui-ci comble réellement leurs attentes à une cadence que les usines de production de masse ne peuvent espérer suivre.

Considérés comme l'usine du monde, des fabricants centralisés (comme Foxconn et ses 1,6 million d'employés) sont capables de produire en masse des objets identiques, mais, dans un tel cas, toute modification de la chaîne de production est extrêmement onéreuse.

À l'inverse, une production reposant sur l'impression 3D est très bon marché. Tout comme Unix, la mise en libre-service des imprimantes 3D a fait leur succès actuel. Inventées en 1984 par trois Français pour Alcatel, c'est en 2004 qu'elles tombent dans le domaine public et que le projet *open hardware* RepRap donne naissance à des centaines de modèles.

## Du prototypage rapide à la production industrielle

De plus en plus utilisées pour le prototypage rapide, les imprimantes 3D ne permettent pas, toutefois, de proposer une production de masse. Leur entretien est complexe et leur rapidité d'exécution reste pour l'instant faible. En les mettant en réseau, il serait en revanche possible de créer un *cluster* d'imprimantes 3D ayant une force de production remarquable : si une imprimante tombe en panne, cela occasionne peu de répercussions sur la chaîne de production ; comme un nœud d'une *blockchain*, une autre imprimante 3D prendrait le relais. Il en va tout autrement si un moule d'injection, coûtant plusieurs dizaines de mil-

(1) RAYMOND E. S., *The Cathedral and the Bazaar: Musings on Linux and Open Source by an Accidental Revolutionary*, O'Reilly Media, Würzburg, 1997-1999.

(2) <https://makernet.org/>

liers d'euros faisait défaut dans une chaîne de production traditionnelle.

La fabrication additive est aujourd'hui principalement liée à l'*open hardware* et s'est heurtée à des problématiques légales sans précédent : que se passe-t-il lorsqu'un amateur reproduit une pièce soumise à brevet et la diffuse librement sur Internet ? De tels cas ont jusqu'ici été relativement isolés et sans grande ampleur. Il demeure cependant évident que l'industrie du brevet doit se saisir de cette question, comme c'est le cas actuellement dans le domaine de l'industrie créative, du fait de l'apparition de nouveaux modes de consommation.

Les *smart contracts* apportent un élément de réponse à ces questionnements. Par leur nature immuable, intègre et internationale, ils pourraient constituer un nouveau type de brevet numérique.

### La fabrication distribuée

Internet offre tout un univers d'expérimentations aux secteurs de la production. Pourquoi transporter des produits à des milliers de kilomètres en consommant inutilement des centaines de litres de carburant, quand on peut faire transiter uniquement les informations concernant ces produits ? La constitution d'un réseau international de *designers* dont les produits sont manufacturés localement, à proximité de leurs acheteurs, est une utopie en passe de devenir réalité.

FabCity, un programme de politique urbaine créé en 2014 par Tomas Diez, marque un tournant dans les objectifs politiques des métropoles mondiales<sup>(3)</sup>. Ce projet a pour vocation de rendre ces grandes villes à 50 % autosuffisantes dans les domaines de l'énergie, de l'alimentaire et des produits industriels à l'horizon des quarante ans.

L'échange d'informations entre les métropoles sur leur production et leur consommation fait de ces villes les nœuds d'un réseau mondial qui apprend de ses usages et de ses différences. C'est à la problématique de l'auto-suffisance de la production industrielle que MakerNet (qui est partie prenante de FabCity) s'est attachée à répondre.

MakerNet est une place de marché pour la fabrication locale et distribuée : elle met en relation *designers*, fabricants et consommateurs sur une plateforme proposant un ensemble d'outils pour la protection et la rémunération d'une propriété intellectuelle participative, en rassemblant ses différents acteurs en communautés d'intérêt autour d'un usage. L'objectif est de créer une base de données de communs matériels (à l'instar de Github<sup>(4)</sup>, pour les logiciels).

### Trois profils d'utilisateurs

Le terme de « *designers* » dans cet écosystème est à comprendre en son sens le plus large, celui d'inventeur. Le *designer* identifie un besoin d'usage et crée les plans de fabrication du produit qui y répond au sein d'une *blueprint*. Sa propriété intellectuelle est protégée et rémunérée grâce à la *blockchain*. Ce système l'incite à rendre ses plans de fabrication modulaires afin que d'autres projets

puissent intégrer son travail. De fait, plus son travail est intégré dans celui d'autres *designers*, plus grande sera son assiette de droits à collecter lors de la fabrication des produits.

Fabriques et fabricants sont référencés sur MakerNet. Hub d'accès aux capacités productives et créatives d'une localité, cette plateforme promeut l'artisanat et les pro-amateurs<sup>(5)</sup>. Ces derniers sont capables de proposer une fabrication à la demande à moindre coût. Les fabricants sont certifiés sur leurs compétences par des *tokens*<sup>(6)</sup> qui leur sont décernés sur la *blockchain*. Ces *tokens* leur permettent de recevoir une requête de fabrication de tout ou partie d'un produit, à laquelle ils répondent par un prix de fabrication et un temps de livraison au prochain maillon de la chaîne de fabrication. Leur réputation est capitale s'ils veulent garder une bonne visibilité sur le marché.

Utilisateur final (et acheteur du produit), son consommateur, commande sur MakerNet la fabrication locale d'un produit. Il choisit un plan de fabrication qui génère un appel d'offres s'adressant aux fabricants certifiés autour de chez lui. Le consommateur reçoit alors une liste des routes de fabrication possibles pour la matérialisation de son produit. Son choix dépend du prix total du produit, de la qualité attendue, des matières proposées et du trajet parcouru par chacun des composants du produit.

Ces trois profils d'utilisateurs sont totalement perméables. Lors du prototypage d'un produit avant sa mise sur le marché, un utilisateur peut devenir tour à tour *designer*, fabricant partiel et consommateur de son propre produit, cette facilité de prototypage accélérant très fortement l'arrivée sur le marché d'un produit fini. Les *start-ups* sont ainsi à même de « palper » leur marché avant même de lever et de dépenser des fonds pour parfaire leur produit.

### La rétribution des communs créatifs

Sur MakerNet, il est possible de créer une version modifiée d'un produit : comme sur Github, cela s'appelle un « *fork* ». Cette fonctionnalité est régie par les règles définies par le créateur du produit initial, par la licence qu'il lui a accordée et par le modèle de *business* qu'il a choisi (gratuit, donation libre, donation contre contribution, prix fixe, pourcentage du prix de production...). Cela a pour effet de créer un nouveau produit qui inclut la totalité de la propriété intellectuelle préexistante et leurs ayants droit. Lorsque ce nouveau produit sera fabriqué, le prix de la

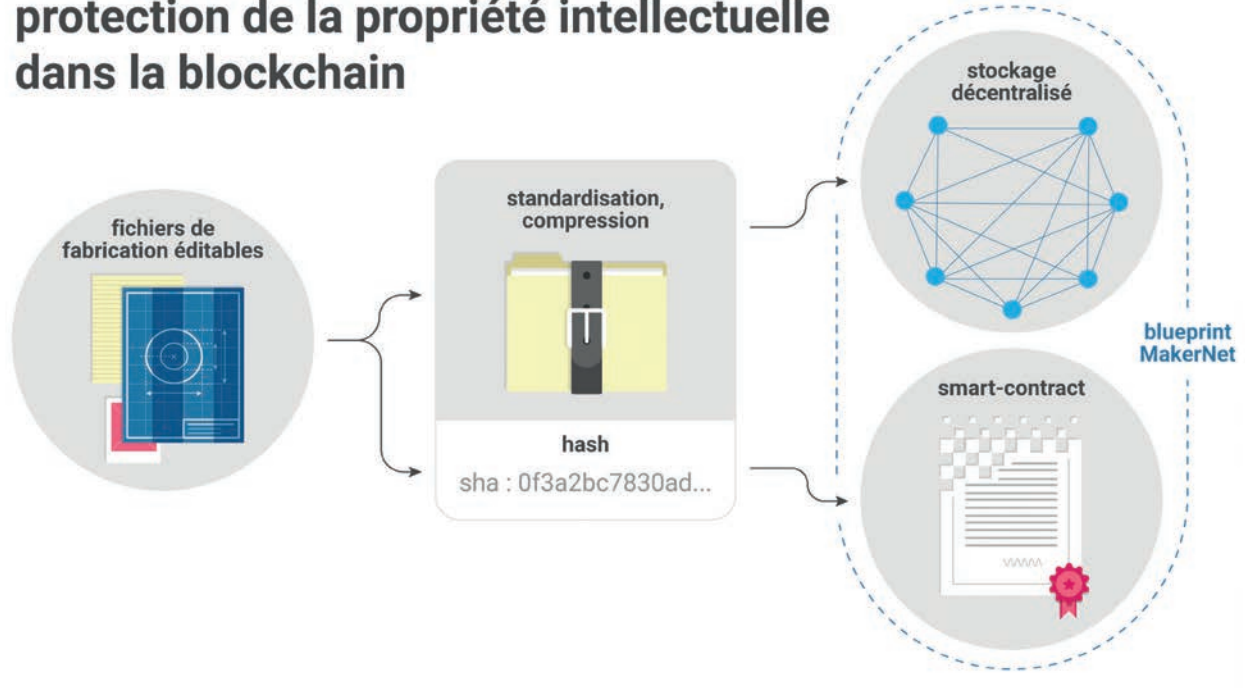
(3) Les localités et les États ci-après ont déjà rejoint FabCity : Barcelone, Boston, Somerville, Cambridge, Ekurhuleni (Afrique du Sud), le Kerala (Inde), la Géorgie, Shenzhen, Amsterdam, Toulouse, la Région Occitane, Paris, le Bhoutan, Sacramento, Santiago de Chile et Detroit.

(4) GitHub est un service Web d'hébergement et de gestion de développement de logiciels utilisant le logiciel de gestion de versions libre et décentralisé Git.

(5) MILLER P. & LEADBEATER Ch., The Pro-Am Revolution: How Enthusiasts are Changing Our Society and Economy, Londres, Demos, 2004.

(6) Un token est un jeton virtuel (sur une blockchain), dont la représentation dépend du système dans lequel il est utilisé (il peut, par exemple, signifier un droit d'accès ou encore un diplôme).

## protection de la propriété intellectuelle dans la blockchain



CC-BY-NC-SA Pierre-Alexis Ciavaldini | MakerNet 2017 | Design : Lucien Coycault

Figure 1

propriété intellectuelle sera calculé pour chacun en fonction de sa contribution à la création du nouveau produit.

Sur MakerNet, tout produit a donc nécessairement un marché associé, fût-il composé d'une seule personne. Lorsqu'un produit est « forké », son usage est modifié et il peut alors toucher une audience plus large. Ainsi, le *designer* du produit originel touchera les droits sur un marché plus large que son marché initial : les marchés de niche sont de ce fait dynamiques et ils s'agrandissent au fur et à mesure de l'amélioration d'un produit. Lorsque le *designer* effectue une mise à jour de ses plans de fabrication, un nouveau *blueprint* du produit est créé. Cette nouvelle version est sélectionnée par défaut pour la fabrication (mais les versions préexistantes demeurent accessibles). Ainsi, les mises à jour sont disponibles instantanément pour la fabrication dans le monde entier. Les consommateurs ayant déjà acheté le produit avant la mise à jour en sont notifiés : ils peuvent faire fabriquer la pièce mise à jour afin de remplacer la pièce obsolète, ou bien faire remplacer celle-ci par un fabricant.

### La certification pair-à-pair

Pour assurer plus de confiance au sein de la communauté, un système de certification des compétences pair-à-pair est associé à des mécanismes de réputation. Prenons l'exemple du responsable d'une usine détenant une machine de découpe laser. Son usine référencant cette machine sur MakerNet, il peut certifier la compétence des personnes qui fréquentent sa fabrique en leur décernant le *token* de « compétence découpe laser ». Cela leur permet de recevoir des commandes locales de découpe laser.

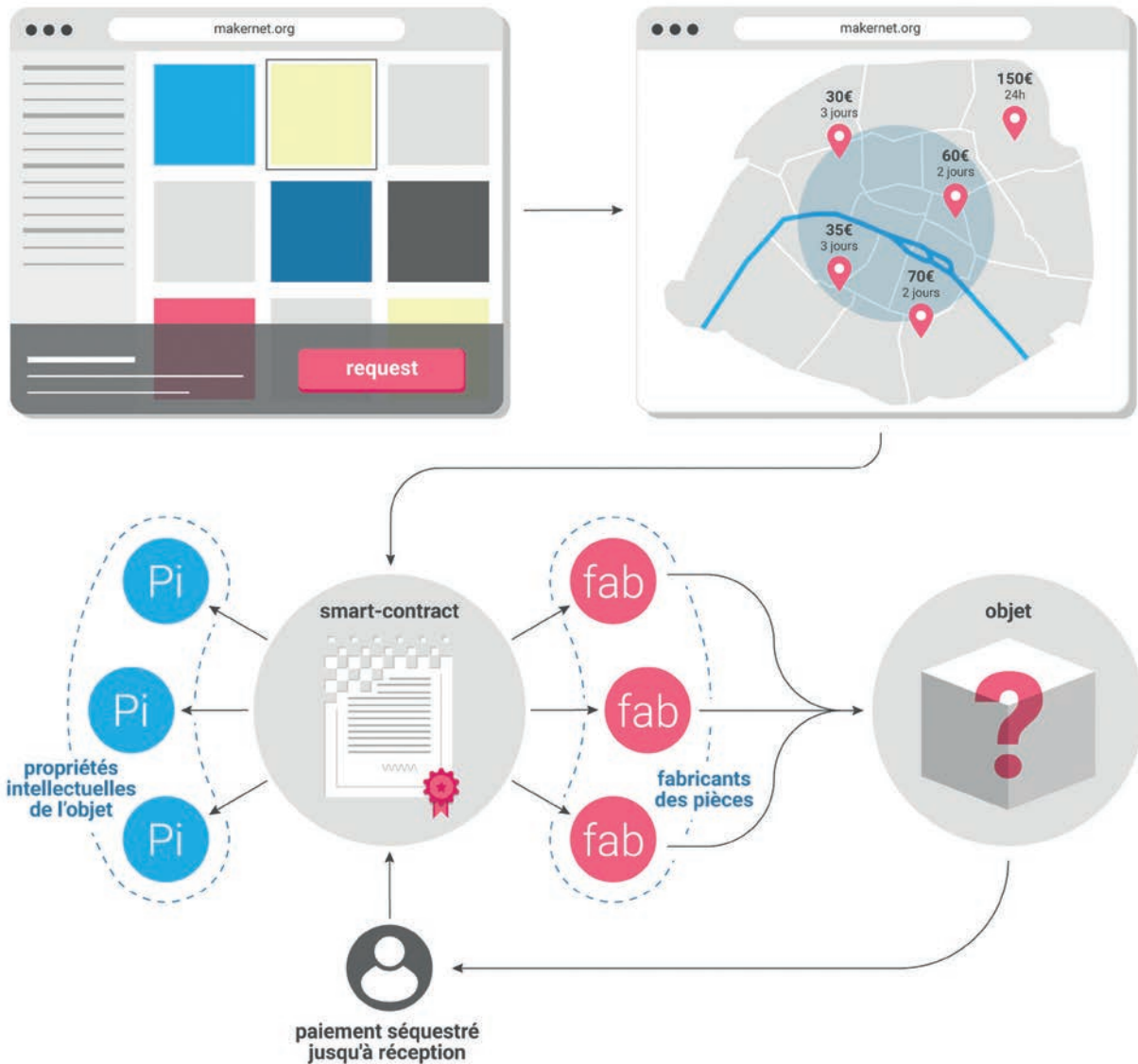
Le fait de détenir ce *token* permet au certifié d'enseigner à son tour la « compétence découpe laser » à d'autres personnes et de certifier celles-ci. Ainsi, quand ces nouvelles personnes certifiées réaliseront des découpes laser sur MakerNet, un pourcentage de leur bénéfice sera reversé à leur professeur. Cependant, s'il s'avère qu'un fabricant fait mal son travail, deux réputations sont mises en cause : la sienne propre, et celle de son professeur sur cette compétence.

En résumé : les *designers* peuvent trouver des profils triés par certification de compétences. Les fabricants sont référencés par les *tokens* qu'ils détiennent, tandis que les *designers* sont référencés par les logiciels qu'ils utilisent pour former les *blueprints* qu'ils ont publiés sur MakerNet.

Pour proposer un produit sur la plateforme, le *designer* doit créer un *blueprint*. Un *blueprint* est la représentation virtuelle du produit et de son processus de fabrication, ceux-ci étant sécurisés sur une *blockchain*.

Les fichiers contenus dans le *blueprint* sont dans le format éditable des logiciels que le *designer* utilise. Ils sont standardisés, compressés et « hachés » pour former une archive complète du produit à fabriquer. Le fichier compressé est hébergé sur un stockage décentralisé (tel que BitTorrent) afin d'en assurer la disponibilité. Son *hash* est stocké dans un *smart contract* horodaté qui contient les adresses de paiement de tous les participants de cette propriété intellectuelle. Une fois stockée, le *blueprint* assure l'intégrité de son contenu : il est impossible de l'altérer. Il est néanmoins possible, en cas de litige, de révoquer le *blueprint*.

## la fabrication distribuée



CC-BY-NC-SA Pierre-Alexis Clavaldini | MakerNet 2017 | Design: Lucien Coycault

Figure 2

Sur MakerNet, le consommateur choisit son produit dans la liste des *designs* proposés et lance un appel d'offres aux fabricants locaux référencés par leur *token* certifiant. Ces derniers disposent d'un délai pour répondre à l'appel d'offres. MakerNet calcule alors les étapes de fabrication en fonction des offres, puis il propose celles-ci au consommateur, dès qu'elles sont disponibles.

Chaque route de fabrication inclut les prix des matériaux, du transport, de la fabrication et de la chaîne des droits de propriété intellectuelle. Optionnellement, elle peut intégrer les assurances et les normes de conformité. Lorsqu'une route de fabrication satisfaisante est constituée, le consommateur peut sélectionner celle-ci et en payer la réalisation. Son argent est sécurisé par un séquestre<sup>(7)</sup> sur le *smart contract* de la route de fabrication (seule la partie correspondant aux matières premières est envoyée aux fabricants ayant transformé ces dernières).

Le consommateur est assuré qu'il recevra son produit, car le reste de son paiement ne sera pas transmis aux fabricants tant que sa commande n'aura pas été délivrée (elle doit être conforme aux plans). Les fabricants sont, quant eux, assurés que le consommateur a déjà payé et que la somme qu'il a versée est conservée sous séquestre.

Après la livraison, en cas de litige sur la qualité du produit, le consommateur et le fabricant responsable de la partie défectueuse doivent trouver un arrangement amiable, à

(7) Un séquestre dans le domaine du droit est la procédure par laquelle un tribunal décide de placer un bien ou une somme d'argent sous la garde de la justice, rendant le bien séquestré momentanément indisponible pour son propriétaire, et ce, jusqu'au jugement qui y mettra un terme.



défaut de quoi le capital du *smart contract* comprenant le contrat de dépôt du client serait détruit <sup>(8)</sup>.

## La blockchain, levier de confiance

Bien qu'elle crée de l'emploi dans les domaines de la recherche et du développement, la robotisation générale a tendance à anéantir bon nombre de tâches et de métiers, notamment de métiers manuels.

Pour renouveler le système de production et de consommation actuel, nous proposons de placer l'innovation participative et l'artisanat – électronique inclus – au centre du schéma productif, grâce à la fabrication distribuée. Cette manière d'envisager la production industrielle est traversée de problématiques complexes. Notamment, un écosystème tel que celui-ci ne semble réalisable que grâce à la sécurité, à la dématérialisation monétaire et à la

décentralisation intrinsèque apportées par la technologie *blockchain*.

En promouvant l'industrie pédagogique, les citoyens peuvent reprendre le pouvoir sur la technique et proposer des produits dont l'usage leur est adapté, au lieu de s'adapter à l'usage du produit.

*Cet article a été mis au point avec la précieuse participation de Vivien Roussel et de Laura Bui.*

---

*(8) Le contrat de dépôt est une somme supplémentaire à la commande qui ne sera pas restituée au client si un litige ne trouve pas de résolution. Ce principe repose sur celui de l'ultimatum game, expérience économique développée en 1982 par Güth, Schmittberger et Schwarze.*

## Les Matrices de l'École 42\*

Pas de cours, pas de profs : à l'École d'informatique 42, ce sont les étudiants eux-mêmes qui sont en charge de leur réussite et de la réussite de leurs camarades. Pour progresser sur les projets qui leur sont proposés, ils doivent compter sur la force du groupe, donner et recevoir des informations, être tour à tour formateur et apprenant. Ce mode d'apprentissage pair-à-pair supprime les liens de subordination dans l'apprentissage. Chacun est le garant d'une partie de la réussite de projets menés à bien ensemble.

« Nous passons de l'ère industrielle à l'ère digitale »

Créer, innover et construire sont les maîtres-mots de notre époque et les technologies rendent ces pratiques de plus en plus accessibles. L'École 42 enseigne à ses élèves à apprendre ces technologies par eux-mêmes (cependant, l'apprentissage autodidacte de l'informatique ne s'accompagne pas naturellement d'une maîtrise du monde institutionnel : entre ces deux univers, un dialogue productif reste à organiser).

Matrice est née de la rencontre entre 42 et Creative Valley (espace d'innovation et incubateur de *start-ups*). Ce programme met des institutions ou des entreprises en relation avec des étudiants de différentes filières pendant dix mois pour mettre au point des solutions numériques qui soient économiquement viables.

En conciliant l'agilité des *start-ups* et la puissance de réflexion du monde étudiant, Matrice couvre l'ensemble de la chaîne d'innovation, depuis la recherche fondamentale jusqu'à la mise en production. Le programme permet d'aller plus loin que la pédagogie en intégrant des données réelles de marchés, d'entreprises et d'utilisateurs.

Attirées par l'approche hors normes de 42, plusieurs entreprises sont en passe d'intégrer le programme Matrice afin d'y étudier notamment des problématiques afférentes à la *blockchain*. La structure de l'école autorise les élèves à étudier, par intérêt personnel, des domaines qui sortent parfois des conventions. Motrice de l'apprentissage, cette curiosité intellectuelle est le gage d'un travail de qualité taillé sur mesure.

« Le numérique, veiller à ce qu'il ne dérive vers le seul ciblage publicitaire ou la prédation sur les données »

La place prépondérante que prend le numérique dans notre société contemporaine lui confère une puissance qui devrait l'astreindre à une constante remise en question morale. C'est pourquoi il est primordial d'accompagner la construction éthique des étudiants en informatique en les confrontant à la réalité des mondes institutionnels et professionnels.

À 42, rien n'est imposé : personne n'est là pour « forcer » les élèves à venir. L'école leur permet de combiner leurs besoins en formation et leur envie de faire. C'est le seul véritable moteur de l'apprentissage et de l'engagement. Les étudiants s'intéressent spontanément à des technologies, soumettent de nouveaux sujets pédagogiques et créent des groupes d'intérêt comme l'association Blockchain 42. Des conférences et des événements peuvent aussi être organisés, c'est ainsi qu'est né le BlockFest – festival pédagogique des *blockchains*, en juin 2016 au sein de l'École 42.

Monté par une équipe passionnée par la transmission et le partage, le BlockFest a pour objectif d'être un espace-temps de construction collective, accueillant et fertile. Conférences, ateliers de prototypage de haute technologie avec de la pâte à modeler et des baguettes chinoises, cours de programmation et analyses *business* s'y côtoient pour former un objet à plusieurs entrées à destination des néophytes de l'Internet comme des experts en cryptographie.

Depuis, deux autres BlockFest ont été organisés et une vingtaine d'entreprises ont pu étudier la faisabilité de projets *blockchain* et les prototyper.

\* Par Pierre-Alexis Ciavaldini, étudiant-entrepreneur à l'École 42 et cofondateur du BlockFest, avec l'aide de François-Xavier Petit, directeur du programme Matrice à l'École 42.