

AOP « Tous Makers » : Une Approche Pédagogique Innovante au Fablab Coh@bit pour la Formation Pratique en Conception et Prototypage

Pierre Grangé-Praderas^{1*}, Jean-Baptiste Bonnemaïson^{1*}; Thierry Bombardier¹, Hamida
Hallil^{1,2*}

¹ Univ. Bordeaux, Bordeaux Institute of Technology, Gradignan, France.

² Univ. Bordeaux, CNRS, Bordeaux INP, IMS, UMR 5218, Talence, France

*Auteurs correspondants : fablab@iut.u-bordeaux.fr

Résumé : *Le Fablab Coh@bit, situé à l'Institut Universitaire de Technologie de Bordeaux, est un espace innovant de fabrication numérique qui soutient l'apprentissage par la pratique à travers des projets collaboratifs. En intégrant des ressources avancées comme des imprimantes 3D, des découpeuses laser, et des logiciels de conception assistée par ordinateur (CAO), le Fablab offre une pédagogie active à ses utilisateurs, allant des étudiants aux acteurs communautaires. Cet article présente les modules d'enseignement « AOP Tous Makers », conçus pour développer des compétences techniques et transversales en conception et prototypage rapide. L'approche d'enseignement, y compris l'utilisation d'outils numériques de documentation, et les résultats d'une évaluation des projets sont analysés pour souligner les bénéfices et défis du programme, tant pour les étudiants présents que pour ceux à distance.*

Mots clés : Maker culture, Fablab, Fabrication numérique, Apprentissage par projet, Compétences transversales, Documentation collaborative.

Abstract: AOP “All Makers” : An Innovative Pedagogical Approach at the Coh@bit Fablab for Hands-on Training in Design and Prototyping

The Coh@bit Fablab, located at the University Institute of Technology in Bordeaux, is an innovative digital fabrication space that supports experiential learning through collaborative projects. By incorporating advanced resources such as 3D printers, laser cutters, and computer-

aided design (CAD) software, the Fablab provides an active learning environment for its users, ranging from students to community participants. This paper introduces the "AOP All Makers" teaching modules, designed to foster both technical and transferable skills in design and rapid prototyping. The teaching approach, including the use of digital documentation tools and the outcomes of project evaluations, are analyzed to highlight the benefits and challenges of the program for both in-person and remote learners.

Keywords: Maker Culture, Fablab, Digital Fabrication, Project-Based Learning, Transferable Skills, Collaborative Documentation.

1. Introduction

1.1. Présentation du Fablab [Coh@bit](#)

L'Institut Universitaire de Technologie (IUT) de Bordeaux [1], faisant partie intégrante de l'université de Bordeaux [2], est reconnu pour son offre académique variée, avec 16 diplômes de type Bachelor proposés sur quatre campus distincts. Au cœur de cet établissement dynamique se trouve le Fablab Coh@bit [3], un espace dédié à la fabrication numérique et à l'innovation. Ce lieu multifonctionnel est conçu pour encourager l'expérimentation et la créativité à travers une approche pédagogique centrée sur la collaboration et l'apprentissage par projet.

Le Fablab Coh@bit s'adresse à un public diversifié, allant des écoliers aux universitaires, ainsi qu'aux membres de la société civile. Il met à disposition un large éventail d'outils et de technologies de pointe, tels que des imprimantes 3D, des découpeuses laser, des fraiseuses CNC [4], et des logiciels de conception assistée par ordinateur (CAO). Ces ressources permettent aux utilisateurs de concrétiser des projets allant de l'idée initiale au prototype abouti. Adoptant une pédagogie active et réflexive, le Fablab propose des ateliers de formation axés sur la fabrication numérique, la programmation et l'électronique, tout en organisant des sessions de prototypage pour transformer les concepts en réalisations tangibles. En outre, il accueille régulièrement des événements comme des hackathons, des journées portes ouvertes et des conférences, stimulant ainsi l'échange de savoirs et la cohésion au sein de sa communauté.

En tant qu'incubateur d'innovation, le Fablab Coh@bit joue un rôle stratégique dans la promotion des nouvelles technologies. Il offre aux étudiants, entrepreneurs, artistes et passionnés de technologie des opportunités d'apprentissage pratique et d'exploration créative. Cet espace de co-création encourage également l'entrepreneuriat et soutient le développement de projets collaboratifs en partenariat avec les acteurs locaux et régionaux. Le Fablab Coh@bit est un makerspace associatif qui accompagne une large gamme de projets, allant de la décoration saisonnière à la réalisation de dispositifs de recherche scientifique. En plus de l'accompagnement des projets individuels, le Fablab soutient des initiatives à vocation sociale et communautaire. Depuis 2022, le Fablab Coh@bit participe activement au projet de recherche ANR « FabLab-MORE » (Médiation, Optimisation, Redocumentarisation et Enjeux de savoirs) [5], qui examine l'influence de la documentation sur l'efficacité des pédagogies par le faire. Le Fablab Coh@bit s'intègre également dans une perspective plus large, celle du programme « InnovationS » [6] de l'université de Bordeaux, un axe stratégique de la feuille de route Horizon 2030. InnovationS ambitionne de transformer en profondeur la culture de l'innovation au sein du campus, mobilisant un réseau étendu de partenaires pour favoriser la créativité et la

compétitivité régionales. En tant que moteur de cette dynamique, le Fablab Coh@bit fournit un environnement propice à l'apprentissage collaboratif et à l'expérimentation, renforçant ainsi les pratiques éducatives et technologiques avant-gardistes.

1.1.1 Ressources Humaines

Le Fablab Coh@bit repose sur une équipe polyvalente composée de deux Fablab-managers, des enseignants et des chercheurs de l'université de Bordeaux et d'instituts de recherche comme le CNRS. La structure accueille également des bénévoles issus du secteur industriel, ainsi qu'un contingent de cinq volontaires en service civique et environ 50 stagiaires par an, contribuant à la réalisation des projets, l'animation et à l'entretien des lieux.

1.2. Présentation de L'Activité d'Ouverture et de Personnalisation (AOP) « Tous Makers »

L'intégration de la pédagogie « maker » dans les FabLabs révèle un fort potentiel pour stimuler la créativité, l'apprentissage par la pratique et la collaboration interdisciplinaire [7]. Ancrée dans les théories constructivistes, notamment celles de John Dewey [8,9] et de Seymour Papert, cette approche s'appuie sur les outils de fabrication numérique pour favoriser la résolution concrète de problèmes et l'innovation. Des initiatives internationales, telles que FabLearn et la Maker Education Initiative, ont démontré la flexibilité de cette méthode, permettant de relier les apprentissages formels et informels [10]. Toutefois, des défis subsistent, notamment en ce qui concerne la formation continue des enseignants et l'adoption de pratiques inclusives et équitables.

Dans ce contexte, le FabLab a saisi l'opportunité offerte par l'introduction des AOP à l'IUT de Bordeaux [11] pour concevoir un enseignement adapté, mettant l'accent sur l'apprentissage par la pratique et destiné aux étudiants souhaitant s'approprier l'identité et l'esprit des Makers.

Les AOP [11] constituent des unités d'enseignement transversal qui s'inscrivent dans le cadre de la réforme des Bachelors Universitaires de Technologie (BUT) [12] et répondent aux exigences de l'Université de Bordeaux en termes d'offre d'unités d'enseignement d'ouverture.

Chaque année, ces enseignements AOP « Tous Makers » touchent entre 30 et 40 étudiantes et étudiants de l'IUT et se déroulent sur 12 semaines durant un semestre universitaire, à raison de deux heures par semaine. L'objectif principal des AOP est de permettre aux étudiants de développer des compétences par la pratique, tout en s'appuyant sur leurs centres d'intérêt personnels.

Cet enseignement peut être perçu comme une initiation aux futures formations par projet actuellement mises en place à l'IUT et à l'université de Bordeaux. Il offre une première approche des concepts de reproductibilité en sciences et en technologie et sert d'introduction à la conception et au prototypage rapide à l'aide de machines numériques. Les étudiants ont la possibilité de suivre cet enseignement à deux reprises. Lors de la première inscription, appelée AOP1, les participants choisissent librement leurs sujets de projet. Lors de la deuxième inscription, nommée AOP2, ils orientent leur choix vers des projets d'intérêt commun portés par le Fablab Coh@bit, favorisant ainsi leur implication dans des initiatives collaboratives et innovantes.

2. Organisation des AOP1 et AOP2

2.1. Découpage de l'AOP1

Pour garantir que tous les participants atteignent un niveau minimal en conception, documentation et utilisation des machines, le parcours pédagogique s'articule en plusieurs étapes structurées, intégrant des phases de formation initiale, de pratique et de redocumentarisation finale [13].

2.1.1. Présentation initiale

La première étape consiste en une visite de 30 minutes, au cours de laquelle l'espace est présenté, avec ses règles de fonctionnement, sa charte éthique et la philosophie Hacker [14] à l'origine des hackerspaces et des fablabs [15]. Les machines, leurs possibilités et leurs limites, ainsi que les ressources disponibles (matériel et ressources humaines), sont introduites. La présentation inclut également un aperçu des projets passés et en cours.

2.1.2. Formation au système de documentation

Les étudiants apprennent à documenter leurs projets sur un wiki dédié du fablab [16]. Cette formation d'une heure, dispensée dès la première séance, leur enseigne l'édition de pages personnelles et le formatage textile, garantissant la cohérence et la qualité des contributions documentaires.

2.1.3. Formation à la CAO sur FreeCAD

Des tutoriels vidéo spécifiques, réalisés au fablab, complètent l'enseignement. En raison de la rareté des tutoriels exploitant pleinement le noyau géométrique de FreeCAD [17], un contenu adapté a été élaboré :

- 1er tutoriel : conception d'un dé personnalisé à imprimer en 3D, exposant diverses méthodes de modélisation pour en explorer les possibilités [18].
- 2eme tutoriel : création d'un pot à crayons et sa fabrication en découpe laser [19].

2.1.4. Formation à l'utilisation des machines

À l'issue de chaque tutoriel de conception, les participants réalisent physiquement leurs projets.

- Impression 3D : Formation à l'utilisation du trancheur, au changement de bobine, au lancement de l'impression (surveillance des premières couches) et à la vérification des dimensions des pièces obtenues.
- Découpe laser : Exportation des profils en format vectoriel (svg, dxf), traitement dans Inkscape [20] pour la préparation à la découpe, réglage des paramètres de découpe et de gravure, ajustement du point focal, vérification de la géométrie du plateau, consignes de sécurité, et fabrication. Les dimensions et la qualité de la découpe (complète) sont vérifiées, suivies de l'assemblage des pièces.

2.1.5. Phase projet

Les étudiants sélectionnent leurs projets, qu'ils réalisent seuls ou en binômes, selon les recommandations. Les projets peuvent être choisis parmi les initiatives du fablab ou proposés par les participants eux-mêmes (Voir Figure 1 illustrant un des projets réalisé par les étudiants).

- Recherche de sources : une analyse des projets DIY similaires existants est requise avant la conception. Si un projet similaire est trouvé, les étudiants sont encouragés à le réaliser, le tester et l'améliorer.
- Conception et fabrication : la phase de conception débute dès la 4^e séance et se poursuit tout au long du projet, confrontant les étudiants aux réalités de la conception, incluant des ajustements progressifs au gré des découvertes et essais. Bien que la formation initiale couvre l'impression 3D et la découpe laser, certains étudiants choisissent d'utiliser d'autres machines (fraiseuse, plotter, brodeuse), en s'appuyant sur les tutoriels et documentations disponibles sur le wiki. Les fablab managers, services civiques et bénévoles offrent également leur soutien dans ce processus.
- Utilisation d'outils manuels : certains projets nécessitent des outils manuels présents au fablab ou la fabrication d'outils spécifiques, souvent conçus et réalisés avec les machines numériques (ex. supports de pliage pour PMMA, couture de plaques de bois, masques de perçage).

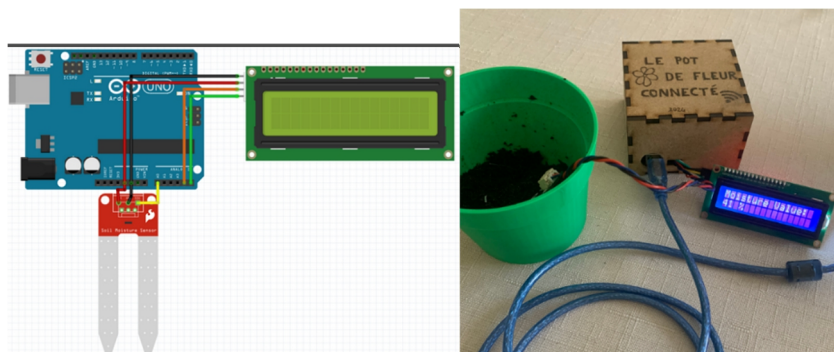


Figure 1 : Exemple de projet « plante connectée » choisi et réalisé par les étudiants en AOP1

2.1.6. Redocumentarisation

À la fin du projet, les étudiants relisent et complètent leur documentation pour garantir sa cohérence. Ils ajoutent les sources et fichiers de conception manquants et, dans certains cas, produisent un tutoriel pour permettre la reproduction de leur travail. En cas de contribution à un projet existant, leur documentation est intégrée à celle du projet initial, consolidant ainsi la transmission des connaissances.

2.2. Structure de l'AOP2

L'AOP2 est destiné aux étudiants ayant déjà suivi l'AOP1. Ce module inclut une phase où les participants contribuent au développement de projets d'intérêt commun portés par le fablab. À l'instar de l'AOP1, ces projets peuvent être réalisés individuellement ou en groupe, favorisant ainsi la collaboration et l'application des compétences acquises (Voir Figure 2).

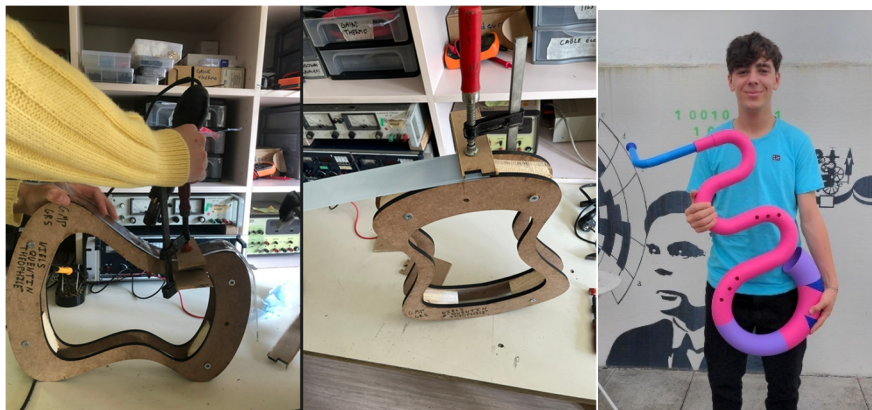


Figure 2 : Exemple du projet « Serpent » et de l'instrument de musique réalisé par les étudiants

2.3. Élèves en enseignements à distance

Une partie des élèves a suivi cet enseignement à distance. Ils ont bénéficié des mêmes cours propédeutiques que leurs camarades en présentiel, dispensés simultanément via un système de visioconférence depuis une salle de leur établissement, sous la supervision d'un enseignant responsable de l'atelier de leur école. Les phases de projet se déroulent en autonomie, tout comme pour les élèves présents sur site. Une visioconférence était accessible durant les heures de projet, permettant une communication directe entre ces élèves et notre fablab.

3. Évaluation

Pour préciser l'approche d'évaluation, les deux responsables du FabLab observent les étudiants pendant les séances, répondent à leurs questions en temps réel et animent des débriefings afin d'analyser l'avancement des groupes et l'évolution des projets.

L'évaluation des étudiants s'appuie sur la documentation qu'ils ont produite ainsi que sur l'analyse de la qualité des objets réalisés. L'ensemble est pondéré par les observations des encadrants, qui prennent en compte les compétences techniques et relationnelles déployées par les élèves.

Les compétences sur lesquelles les étudiants sont évalués incluent :

3.1. Compétences techniques communes :

- Conception mécanique assistée par ordinateur : maîtrise de l'utilisation du logiciel FreeCAD.
- Impression 3D FDM : capacité à préparer un modèle 3D pour l'impression sur une machine spécifique, à configurer la machine et à superviser l'impression.
- Découpe et gravure laser CO2 : aptitude à préparer un fichier vectoriel pour la découpe laser, à paramétrer la machine et à garantir le bon déroulement de la fabrication.

3.2. Compétences techniques additionnelles :

- Programmation de microcontrôleurs : savoir utiliser des microcontrôleurs tels que l'Arduino [21], l'ESP32 [22] ou le Raspberry Pi [23], connectés ou non à des capteurs et des actionneurs.
- Utilisation de brodeuses numériques.
- Utilisation de plotters de découpe.
- Maniement des outils manuels.

3.3. Compétences transversales :

- Capacité d'organisation : savoir planifier et adapter les étapes nécessaires à la réalisation du projet en fonction du calendrier de l'AOP.
- Esprit de coopération : travailler efficacement en groupe sans esprit de compétition.
- Autonomie : rechercher de manière proactive les techniques requises pour le projet, au-delà des enseignements propédeutiques, à l'aide du wiki du fablab, d'internet et des conseils des usagers et bénévoles.
- Autodiscipline : être responsable du rangement et de la sécurité du matériel, ainsi que de sa propre sécurité et de celle des autres.
- Compétences en communication : solliciter de l'aide ou des conseils auprès des usagers ou des bénévoles du fablab.

3.4. Grille d'évaluation :

La grille d'évaluation suivante est soumise aux élèves dès le début de l'enseignement.

Tableau 1 : Grille d'évaluation

Points	Nom	Descriptif
2	Orthographe, syntaxe et relecture	Penser au correcteur d'orthographe
6	Qualité de la documentation	Plan général, contextualisation, bibliographie, développement, images, conclusion. Lisibilité, reproductibilité, liens de téléchargements.
10	Conception & Fabrication	Description, méthode, fichiers sources
2	Objet Réalisé	Finitions, qualités fonctionnelles, tests, retours critiques.

4. Discussion et Analyse

Cette section présente les résultats des évaluations, les observations pédagogiques et les retours d'expérience, tout en introduisant des pistes de réflexion.

4.1. Mode d'enseignement : à distance/en présentiel

Pour l'année académique 2022-2023, le programme a accueilli un total de 37 participants répartis comme suit : 24 participants en AOP1, 6 en AOP2, et 7 étudiants en distanciel. En comparaison, pour l'année 2023-2024, le nombre de participants a augmenté, avec 36 étudiants inscrits en AOP1 et 7 en AOP2. Cette évolution montre une légère augmentation de la participation en AOP1, ce qui pourrait indiquer un intérêt croissant pour le programme, tandis que le nombre de participants en AOP2 reste stable.

Dans le cadre de l'apprentissage à distance, les observations ont été réalisées par un enseignant sur site, suivies de débriefings d'une heure avec les responsables du FabLab. Bien que les dispositifs à distance aient intégré des outils similaires à ceux d'un FabLab, les séances se déroulaient dans des salles de classe traditionnelles, et non dans un environnement FabLab authentique. Cette différence semble avoir influencé les performances des étudiants : les apprenants à distance ont obtenu une moyenne de 5,78/20, contre 13,88/20 pour ceux en présentiel.

L'absence de caractéristiques propres au FabLab, telles que sa culture ouverte et collaborative ainsi que l'accompagnement par des responsables ancrés dans les pratiques du maker, a probablement limité l'initiative et la motivation des étudiants à distance. L'apprentissage en présentiel favorise les échanges spontanés, la clarification immédiate et une meilleure intégration dans le groupe, ce qui renforce la compréhension et l'engagement des étudiants. À l'inverse, l'enseignement à distance peut accentuer l'isolement, réduire la participation active et augmenter les distractions, ce qui peut impacter les performances académiques. Certains étudiants ont également associé l'apprentissage à distance à des expériences négatives post-pandémiques, influençant leur implication et leur concentration.

Ces résultats soulignent l'importance de l'environnement du FabLab, basé sur l'apprentissage pratique et l'autonomie, pour la réussite des étudiants.

4.2. Rapport aux erreurs

L'analyse des attitudes face aux erreurs a révélé deux groupes distincts : ceux qui perçoivent les erreurs comme des échecs personnels et ceux qui les abordent de manière constructive et les documentent. Les résultats montrent un écart significatif entre les deux groupes : 0 erreur documentée (moyenne de 11,3/20), 1 erreur ou plus documentée (moyenne de 14,39/20).

4.3. Vidéos tutoriels

Lors de la formation initiale en CAO, les sessions dirigées par les managers des fablabs se sont révélées inégales en termes de rythme. Pour remédier à cela, un tutoriel vidéo a été créé, permettant de réduire le besoin d'interventions directes et de raccourcir le temps nécessaire à la formation de quatre heures réparties sur deux semaines à seulement deux heures.

4.4. Choix des projets

Les projets proposés, lorsqu'ils n'avaient pas de finalité concrète, n'ont pas suscité l'intérêt des étudiants. L'engagement semble ainsi étroitement lié aux projets répondant à des besoins personnels ou collectifs, comme le projet "serpent" réalisé en collaboration avec le

conservatoire, visant à concevoir et fabriquer un instrument de musique à l'aide de la technologie additive.

4.5. Reconnaissance et extension des horaires

Certains étudiants ont exprimé leur souhait de poursuivre leur projet après la fin du module. Cependant, le manque de créneaux dédiés dans leur programme d'études a limité cette possibilité.

4.6. Diversité des participants

Le mélange d'étudiants de l'AOP avec des bénévoles, des services civiques, des étudiants d'autres disciplines et des ingénieurs retraités a favorisé l'autonomie et l'acquisition de compétences avancées.

4.7. Système numérique de documentation

Grâce à l'outil de documentation Redmine [24], il a été possible de suivre l'activité et le rythme de documentation des élèves, même en dehors des heures de cours. Certains ont enrichi leur documentation jusqu'à deux semaines après la fin du module. Cette documentation, « open sources » reste publique et accessible aux élèves, leur permettant de poursuivre leurs projets à titre personnel, ce qui est encouragé.

5. Conclusion

Les AOP « Tous Makers » ont montré leur efficacité dans l'apprentissage par la pratique et la fabrication numérique. Toutefois, pour aller plus loin, l'intégration de technologies émergentes et l'extension des formats d'enseignement hybride (présentiel et à distance) pourraient renforcer l'implication et la réussite des étudiants.

D'un point de vue recherche, il serait pertinent d'explorer l'impact des différentes modalités pédagogiques sur l'engagement et la performance des étudiants, ainsi que l'influence de la collaboration interdisciplinaire dans le développement de projets innovants. L'avenir des AOP réside probablement dans une synergie renforcée entre les outils numériques, les partenariats externes et une approche pédagogique plus personnalisée.

Remerciements

Ce travail a bénéficié du soutien du gouvernement français, géré par l'Agence Nationale de la Recherche dans le cadre du Plan Relance 2030, pour le projet InnovationS, référence ANR-21-EXES-0004 et ANR FabLab-MORE - ANR-21-SSMS-0011. Nous tenons à remercier Charles-Alexandre Delestage et Léa Degeuse, de l'Université Bordeaux Montaigne – MICA, ainsi qu'Estèle Jouison, Maître de Conférences à l'Université de Bordeaux, spécialisée en pédagogie de la communication, pour leurs précieux conseils concernant la méthodologie d'évaluation de cette AOP.

Références

- [1] Univ. Bordeaux, Bordeaux Institute of Technology, F-33175 France.
- [2] Univ. Bordeaux, F-33400 Talence, France.
- [3] <https://cohabit.fr/#presentation>
- [4] Computer Numerical Control
- [5] *FabLab-MORE – Médiation, Optimisation, Redocumentarisation et Enjeux de savoirs* | ANR, Agence nationale de la recherche, 2024 : <https://anr.fr/Projet-ANR-21-SSMS-0011>.
- [6] *InnovationS* : <https://www.u-bordeaux.fr/en/about-us/our-strategy/institutional-projects/innovations>
- [7] Quintana-Ordorika, Amaia, Urtza Garay-Ruiz, and Javier Portillo-Berasaluce, *A Systematic Review of the Literature on Maker Education and Teacher Training*. Education Sciences 14.12 (2024): 1310.
- [8] Emmanuelle Rozier, *John Dewey, une pédagogie de l'expérience*. La lettre de l'enfance et de l'adolescence, 2010/2 n° 80-81, pp. 23-30.
- [9] Koole, Marguerite, et al., *Makerspaces: Materializing, digitizing, and transforming learning*, Handbook of research on transformative digital content and learning technologies, IGI Global, 2017. 1-20.
- [10] <https://fablearn.org/>
- [11] *Livret AOP* : https://intranet.iut.u-bordeaux.fr/info/pedago/uploads/Informations/InformationsDirectionDesEtudes/livret_aop.pdf.
- [12] BUT : <https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/fr/but>.
- [13] J.-M. Salaün, *Re-documentation: A Challenge for Information Studies*, Etudes de communication, no. 30, pp. 13–23, Oct. 2007, doi: 10.4000/edc.428.
- [14] S. Levy, *Hackers: Heroes of the Computer Revolution*, Garden City, N.Y.: Anchor Press/Doubleday, 1984.
- [15] *Getting Started with Fab Labs* : <https://fabfoundation.org/getting-started/#fablabs-full>.
- [16] <https://projets.cohabit.fr/redmine/projects/accueil/wiki>
- [17] *FreeCAD : Your own 3D parametric modeler*, <https://freecad.org>.
- [18] *Freecad, tutoriel dé à jouer* : <https://tube.aquilenet.fr/w/p/1kRD5Ef5AVYJz3qydiStDN>.
- [19] *Freecad, pot-a-crayon pour découpe laser* : <https://tube.aquilenet.fr/w/jMXkT9pEwmQ1tZFvV3mioc>.
- [20] *Inkscape Website Developers* : <https://inkscape.org/>.
- [21] *Arduino* : <https://www.arduino.cc/>.
- [22] *Wi-Fi & Bluetooth MCUs and AIoT Solutions I EspressifSystems* : <https://www.espressif.com/>.
- [23] *Raspberry Pi — Teach, Learn, and Make with Raspberry Pi*, Raspberry Pi Foundation : <https://www.raspberrypi.org/>.
- [24] *Redmine, project managementtool* : <https://www.redmine.org>.

Biographie des auteurs

Pierre Grangé-Praderas : artiste, enseignant et Fablab-Manager au Fablab Coh@bit.

Jean-Baptiste Bonnemaïson : Fablab-Manager au Fablab Coh@bit depuis 2017.

Hamida Hallil est professeure à l'université de Bordeaux, où elle enseigne l'électronique et les microsystemes. Chercheuse au laboratoire IMS (UMR CNRS), elle développe de nouveaux capteurs pour la santé et l'environnement.