

## Préface

# Fabrication additive : de la 3D au *bio-printing*

Ce nouvel ouvrage de Jean-Claude André est très précieux parce que c'est un livre de très grande expérience, celle de quelqu'un qui a étudié et lui-même suivi le parcours qui conduit de l'idée du chercheur à l'application industrielle.

Jean-Claude André a été successivement ou simultanément, pendant plus de cinquante ans, chercheur, directeur scientifique adjoint du département des sciences de l'ingénieur du CNRS, directeur scientifique d'un organisme paritaire consacré à la sécurité au travail, conseiller de l'Institut national des sciences et de l'ingénierie des systèmes (INSIS-CNRS). Il est heureux qu'il ait songé à mettre par écrit son expérience car, malheureusement, dans notre beau pays, l'expérience inestimable de personnes telles que Jean-Claude André est bien souvent ignorée par des « responsables » sans culture de l'innovation et, même souvent, sans la moindre connaissance en science et/ou en ingénierie. Puissent-ils un jour ouvrir cet ouvrage, favoriser l'innovation et stopper la désindustrialisation de la France.

Jean-Claude André commence justement par rappeler le rôle, dans l'économie d'un pays, de l'industrie manufacturière et sa dépendance à la science et à l'innovation. Il rappelle, ce que personne ne devrait ignorer, qu'un emploi créé dans une zone industrielle, par suite des incitations et aides octroyées par les politiques, et inauguré à grand renfort de flonflons, coûte à la collectivité au moins dix fois plus cher qu'un emploi créé dans une *startup* innovante.

Une bonne partie de l'ouvrage (en deux volumes) est donc consacrée au passage de l'invention à l'innovation puis à la fabrication industrielle. Les chapitres 1 et 2 du volume 1 suivent la longue route semée d'embûches qui mène de l'une à l'autre, depuis le

soutien à la créativité, jusqu'à la mobilisation de producteurs, en passant par l'indispensable POC (preuve de concept). Jean-Claude André décrit en détail tous les pièges qu'il faut éviter pour transformer une idée en produit. Il faut le remercier de nous éclairer sur les processus de décision, l'utilisation immodérée, parfois ignorante, des TRL (*Technology Readiness Level*) par l'administration de la recherche en France comme en Europe. Il consacre aussi plusieurs pages à la propriété industrielle et aux brevets, indispensables pour la recherche privée, mais calamiteux comme indicateurs de performance des chercheurs puisqu'ils mesurent surtout la capacité d'une institution à payer des avocats et des annuités. Une large place est consacrée aux *startups* qui jalonnent cette route qui va de l'idée à la licorne et dont de nombreux cadavres gisent sur le bas-côté. Les différents moyens de les accompagner pour éviter la sortie de route sont passés en revue.

Dans le volume 2, le chapitre 1 est principalement centré sur la responsabilité sociale du chercheur, de l'inventeur et des entreprises. Il est constaté que la communication joue un grand rôle d'interface entre la science et le public. On en connaît les difficultés et les faiblesses mises en évidence pendant la crise de la Covid-19. La question n'est pas éludée par l'auteur qui souligne combien les erreurs de communication, les annonces inconsiderées faites par des ignorants, les attermoiments des conseils d'experts, les faux espoirs alimentent le ressentiment de la foule toujours prompte à chercher des boucs émissaires.

Au-delà des responsabilités individuelles, Jean-Claude André plaide pour une recherche socialement responsable (RSR). En conclusion de la première partie de l'ouvrage en deux volumes (chapitres 1 et 2 du volume 1 et chapitre 1 du volume 2), notre auteur reprend, dans un tableau (section 1.5, volume 2) que tous les responsables de politique d'innovation devraient avoir sous les yeux, la liste des douze obstacles qu'il faut surmonter pour passer de l'idée du chercheur à l'innovation et au succès économique.

Le chapitre 2 du volume 2 revient sur l'expérience de Jean-Claude André comme inventeur, avec Alain Le Méhauté, de l'impression 3D que l'on appelle maintenant « fabrication additive ». Jean-Claude André nous décrit toute la genèse et le déroulement de son aventure qui a conduit, d'une expérience de laboratoire, à la fabrication additive et aux diverses technologies qui la composent. Une aventure aux milliards d'euros/an de chiffre d'affaires qui est loin d'être finie. C'est un récit passionnant qui met en lumière l'aveuglement de beaucoup d'institutions et de responsables qui préfèrent ne rien faire plutôt que de prendre le moindre risque de soutenir une innovation qui pourrait finalement échouer ; c'est comme si l'on ne devait soutenir que les *startups* dont on est sûr qu'elles deviendront des licornes !

De l'impression 3D, Jean-Claude André passe à la 4D dont il décrit les problèmes et les technologies associées. Il explique bien comment ce type d'innovation doit, au

départ, s'appuyer sur une politique de niche. Après l'impression 4D, on passe au *bio-printing* et ses défis.

Le chapitre 3 du volume 2 revient, de manière synthétique, sur l'ensemble des processus qui mènent de la créativité à l'industrialisation. Se poser les bonnes questions, valoriser les interactions entre les chercheurs, favoriser l'interdisciplinarité et l'intégration des connaissances sont quelques-unes des recommandations qui émergent, tirées de l'expérience vécue du démarrage de la 3D, sans oublier le rôle du hasard. L'avenir de la 4D et celui du *bio-printing* sont envisagés à la lumière des applications qui sont d'ores et déjà possibles et décrites...

Au total, cet ouvrage contient l'enseignement extrêmement précieux d'une expérience vécue et d'un savoir encyclopédique, alimenté par une bibliographie réellement impressionnante. On ne trouvera nulle part ailleurs une somme de connaissances aussi importantes sur les liens entre recherche, invention, innovation et industrialisation. Ajoutons que l'érudition de Jean-Claude André se manifeste aussi par un nombre impressionnant de citations, parfois surprenantes ou amusantes, mais toujours très éclairantes, ce qui rend passionnante la lecture de cet ouvrage, touffu, mais exceptionnel dans sa vérité de l'expérience de toute une vie.

Jean-Charles POMEROL  
Président de l'incubateur Agoranov

## Introduction du volume 2

Le pilotage de la recherche, le fonctionnement sur projets, l'évaluation trop centrée sur les productions, la faiblesse de la gestion de projets interdisciplinaires, la position de la recherche académique vis-à-vis des entreprises, sont déjà des questions posées dans le volume 1 et reprises dans celui-ci, en même temps qu'a été abordé le lien un peu hasardeux et difficile entre idée et innovation, élément clé d'un développement de technologies émergentes pleines de promesses. Ce travail en quelque sorte préalable à tout lien avec la société est sans doute utile avec sa logique *bottom-up* avec un nombre d'acteurs modeste pour gagner sur le temps de réalisation d'une preuve de concept convaincante. Mais de manière évidente, cela ne suffit pas. Et, c'est cet aspect qui est discuté dans ce volume 2.

Ce qui a été montré dans celui que vous venez de quitter pour le présent volume, c'est qu'il n'y a pas d'innovation sans la société, surtout pas contre la société parce que l'invention, puis l'innovation leurs sont destinées. Mais, pour autant, avant de relier l'idée « heureuse » et les utilisateurs, dans la vraie vie, il y a de nombreux obstacles à franchir qui sont souvent loin de la science, mais dont certains en font partie. Pour prendre un exemple, la recherche scientifique met en évidence dans l'invention des questions de complexité. Elle ne peut pas en rester là parce que le secteur aval qui est productif a besoin de procédures claires pour réaliser les objets, avec des procédés simples et robustes issus de cette « fermentation » intellectuelle.

D'une part, il y a besoin d'opérer des transitions radicales entre complexité et déterminisme pour produire et d'autre part il faut des inventions attractives pour que cette production ait du sens industriel pour des clients intéressés. Cela signifie, que le plus tôt possible, ces interactions en profondeur entre science ouverte à la société et production industrielle ouverte à la science, doivent se mettre en place, malgré les différents « travaux d'Hercule » présentés dans le volume 1. Elles doivent conduire à une réelle mutualisation d'intérêt, en attendant peut-être un jour un réel métissage.

Or, à terme, c'est bien sur une prise de risque en amont, individuelle dans sa naissance, exploitant l'imagination, puis plus collective dans des groupes d'encadrement et de soutien scientifique et technologique, que sa pertinence seront jugés par le chercheur et/ou son unité de recherche ! Ce constat signifie que l'organisation du laboratoire doit disposer de partenaires réflexifs et solidaires qui anticipent le changement, qui ne s'inscrivent pas seulement dans les « valeurs de protection » (satisfaisant des préceptes passifs d'évaluation biaisée par exemple) et dans les logiques hiérarchiques d'un ordre ancien et de carrières ordinaires...

Cette évaluation ne peut donc pas être uniquement académique au sens disciplinaire ! Dans ce cadre, la science (chercheurs et organisation) doit prendre acte de sa responsabilité sociétale qui doit viser l'approfondissement et l'élargissement de la connaissance. Elle n'est pas un bibelot qu'on affiche dans un cadre de référence mondialisé, elle a localement, voire plus largement, une utilité sociale ou sociétale. Elle doit donc réfléchir de manière responsable, à ses buts et à ses conséquences (et, ce serait bien, aux moyens qu'elle y consacre !). Elle doit intégrer une réflexion sur ce que représente le progrès technologique qui ne saurait être une fin en soi, mais bien un moyen de (bien) vivre sur notre planète. En réfléchissant avec d'autres parties prenantes sur ses finalités, elle ne doit alors pas revendiquer une neutralité avec pour seule raison l'affirmation de son objectivité, mais être engagée pour mieux soutenir le partage des savoirs et des pouvoirs applicatifs liés à ces acquis. C'est d'une manière générale ce que tente de montrer ce volume 2 avec une vision d'une recherche responsable et de manière plus factuelle autour de situations connues issues de l'impression 3D.