

LA FABRICATION ADDITIVE

Série « Écosystèmes industriels critiques pour 2035-2050 et technologies sous-jacentes »

À propos de la série « Écosystèmes industriels critiques pour 2035-2050 et technologies sous-jacentes » : issus du séminaire 2024 de l'Académie des technologies, les avis de cette collection proposent une liste (non exhaustive) des technologies et écosystèmes industriels à développer dès maintenant, pour assurer à la France (et l'Europe) la réindustrialisation, la souveraineté et la décarbonation de son économie à l'horizon 2035-2050.

En bref

Si la France dispose de compétences scientifiques reconnues et d'un leadership en aéronautique et en médical sur certaines pièces, l'absence de coordination nationale et d'écosystème intégré, existant dans d'autres pays, limite la croissance de la filière. Pourtant, le marché mondial croît selon certaines estimations à 20%/an et pourrait atteindre 135Mds€ en 2035. En effet, les opportunités et enjeux sont nombreux : pour fabriquer de manière plus économe en ressources (30% en moins en moyenne), et de manière plus compétitive et souveraine. La technologie permet aussi de favoriser l'économie circulaire par la maintenance (en fabricant des pièces de remplacement) et plus généralement de fabriquer à la demande, de façon rapide et directe. Il est donc nécessaire de structurer cette activité sur le plan national. Notamment, d'encourager les projets autour de l'intelligence artificielle et du « generative design », de développer les matériaux avancés tout en étant attentifs à l'accès aux matériaux de base, d'améliorer la lutte contre la contrefaçon, et plus généralement de redonner une image positive des matériaux et de la fabrication auprès des jeunes.

1. Face aux grands enjeux du XXI^e siècle

La fabrication additive, plus communément appelée impression 3D, est un procédé de fabrication qui consiste à créer un objet en superposant des couches successives de matière à partir d'un modèle numérique. Contrairement aux méthodes soustractives (comme l'usinage), qui enlèvent de la matière d'un bloc initial, la fabrication additive permet une plus grande liberté de conception, une réduction du gaspillage de matériaux et une personnalisation accrue des pièces. Elle est utilisée dans de nombreux domaines industriels, notamment l'aéronautique, le médical, l'automobile, l'architecture et le BTP.

Le marché mondial connaît une forte croissance¹ :

- en 2024, sa taille était estimée entre 10,7 et 19,94 milliards USD. La part de marché de la France est évaluée entre 3% et 5%, soit un marché national 2024 compris entre 320 M€ et 1 milliard d'euros ;
- les projections tablent sur une croissance (CAGR, c'est-à-dire en taux de croissance annuel composé) comprise entre 13 % et 18 % dans les prochaines années, soit un marché français porté entre 1 et 3 milliards d'euros à l'horizon 2030. Certains scénarios tablent même sur un taux (CAGR) à 21,78%, avec une cible de 120 jusqu'à 143,3 milliards USD en 2035 au niveau mondial ;
- l'Amérique du Nord domine, mais la Chine accélère son développement.

La fabrication additive traverse en France une phase de transition. Plusieurs entreprises sont en difficulté financière malgré une forte dynamique technologique. Par exemple, la fermeture de la filiale Kimya d'Armor, fabriquant du fil pour imprimantes 3D située au sud de Nantes, illustre la pression concurrentielle exercée en particulier par la Chine.

En revanche, la défense, l'aéronautique et le spatial conservent une activité soutenue.

Les secteurs les plus actifs sont :

- aéronautique et spatial : la technologie y permet une optimisation des structures et une réduction de masse. Des verrous importants concernent la production de pièces critiques impliquées dans la sécurité. Safran prévoit d'industrialiser la fabrication additive pour certains de ses composants moteurs (dans un vaste hall près de Bordeaux dédié à ces technologies), comme General Electric l'a déjà fait. L'aéronautique a récemment subi un ralentissement, bien que des avancées aient été faites pour des pièces complexes comme des carters de moteurs de lanceurs spatiaux (1m20 de hauteur) ;
- défense et naval : le développement est plus centré sur des pièces complexes à haute performance. Naval Group a triplé le nombre de machines utilisées pour la fabrication d'ébauches métalliques ;
- médical et dentisterie : des prothèses personnalisées, des implants et des outils chirurgicaux sont sur le marché :
 - les implants maxillo-faciaux en fabrication additive restent souvent trop chers (d'un coût supérieur à celui d'une intervention conventionnelle),
 - la fabrication d'outils chirurgicaux imprimés en 3D réduit drastiquement la durée des interventions, notamment pour les prothèses de hanche (45 minutes au lieu de plusieurs heures),
 - la dentisterie est le principal marché de la fabrication additive médicale. De nombreux investissements récents ont été faits en France dans ce domaine, malheureusement avec l'achat de machines chinoises (les machines européennes équivalentes existant mais à des prix supérieurs) ;

¹ <https://www.sphericalinsights.com/fr/reports/additive-manufacturing-market> ;
<https://www.voxelmatters.com/metal-am-is-dead-long-live-metal-am/> https://www.researchandmarkets.com/reports/5877384/metal-additive-manufacturing-markets?utm_source=GNE&utm_medium=PressRelease&utm_code=g8rq49&utm_campaign=1891226+-+Global+Metal+Additive+Manufacturing+Markets+Report+2023+Featuring+EOS%2c+GE+Additive%2c+V ;
<https://wohlersassociates.com/product/wr2025/> ;
<https://www.globenewswire.com/news-release/2023/07/24/2709342/0/en/Additive-Manufacturing-Market-revenue-to-cross-USD-100-Billion-by-2035-says-Research-Nester.html> ;
<https://www.trade.gov/country-commercial-guides/france-additive-manufacturing-am>

- automobile : prototypage rapide, production de pièces spécifiques. La fabrication additive en automobile est essentiellement limitée aux outillages et à des équipements spécifiques, principalement sur de nouveaux modèles. Plusieurs unités de production de pièces de rechange ont été créées dans ce secteur, principalement en Allemagne. La fabrication de pièces pour les véhicules de compétition permet de faire également progresser la conception optimisée de pièces de série ;
- nucléaire : développement de composants pour centrales et réacteurs. D'importants travaux de R&D ont permis de mettre en évidence l'importance de la fabrication additive pour faciliter la maintenance et l'utilisation de matériaux spécifiques au domaine. Elle pourrait aussi réduire des difficultés liées aux soudures complexes et à la réalisation de pièces de grande dimension, sous réserve d'approbations de l'autorité de sûreté, sans retarder le programme nucléaire ;
- construction et architecture : fabrication d'ouvrages de géométrie complexes, de résistance optimisée mettant en œuvre des matériaux peu impactant au niveau CO2. Une approche modulaire pour certains bâtiments permet de proposer des composants spécifiques comme des murs végétalisés. L'utilisation de la fabrication additive dans ce secteur va de la construction d'abris de bus à celle d'habitations individuelles ou de petits immeubles de deux étages. Le dernier « Additive manufacturing village » de l'Agence européenne de défense² a également mentionné la construction ou reconstruction d'infrastructures pour les forces armées à l'aide de l'impression 3D ;
- tous secteurs : conception optimisée et fabrication de pièces complexes intégrant plusieurs fonctions, minimisation du nombre de pièces dans un ensemble, diminution des stocks (fabrication à la demande des rechanges). Pour le « maintien en conditions opérationnelles », la réparation de pièces de manière générale, la fabrication de pièces de rechange ou d'outillages personnalisés, le marché est porteur pour l'avenir. Ainsi, la SNCF généralise l'utilisation de la fabrication additive, avec le projet Additive4Rail qui vise à produire des ensembles représentatifs à différentes échelles à l'aide de plusieurs technologies, en particulier WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing) ainsi que FDM (Fused Deposition Modeling) pour des matériaux polymères. L'enjeu principal du projet est d'évaluer les possibilités de la fabrication pour la maintenance.

Si son utilisation prend de plus en plus d'importance, c'est en particulier parce que la fabrication additive répond à plusieurs enjeux :

- réduction des besoins de matière et d'énergie : les pièces fabriquées en fabrication additive utilisent en moyenne 30 % de masse de matière de moins à caractéristiques équivalentes que des pièces similaires fabriquées avec des procédés traditionnels tels que la fonderie par exemple. De plus, dans de nombreux cas (sauf pour certains usages de poudres métalliques ou pour des pièces de très grande taille), l'avantage est de pouvoir ne produire que le juste nécessaire quand on a besoin et où on en a besoin. Cette démarche élimine des investissements d'outillage coûteux et la nécessité du transport : on transforme une logistique physique en logistique digitale ;
- enjeux de souveraineté : la technologie permet une moindre dépendance en volume de matières premières, notamment pour les secteurs de pointe et/ou stratégiques, au moment où la géopolitique tend à rendre l'accès à celles-ci de plus en plus tendu. L'Agence européenne de défense a réalisé en 2017³ des études pour évaluer le potentiel de la fabrication additive. Dans ce contexte, la maîtrise d'un potentiel suffisant de moyens de fabrication additive sur le territoire associés aux écosystèmes d'approvisionnement de matériaux, constitue un enjeu fort en termes de souveraineté ;
- réponses à des besoins de la société : la fabrication additive constitue un ensemble de moyens qui, associés à des écosystèmes d'approvisionnement de matériaux (granulés, poudres, fils, résines), apportent des solutions flexibles, facilement et rapidement adaptables à la fabrication de très nombreux produits personnalisés pouvant utiliser une grande diversité de matériaux. Les domaines sont très vastes : depuis la fabrication de médicaments à la construction d'ouvrages en béton en passant par la fabrication de pièces résistant au feu, des supports de satellites⁴, des petits outillages,

² <https://www.constructions-3d.com/fr/blog/l-impression-3-d-beton-au-service-de-la-protection-des-forces-armees>

³ <https://www.3dnatives.com/aed-fabrication-additive-110320173/>

⁴ Structure ou système qui maintient et positionne un satellite dans l'espace ou pendant son lancement.

des pièces de rechange dans tous les domaines mécaniques (transports, produits du quotidien, énergie, médical, etc.).

Dans le même temps, la fabrication additive est accessible à l'ensemble des citoyens soit par l'achat de petites machines peu onéreuses (quelques centaines d'euros), soit par l'utilisation de ces moyens dans des tiers-lieux tels des fablabs, soit par leur emploi au sein de processus divers dans tous les domaines économiques qui touchent au plus près les citoyens (comme pour des vêtements, des chaussures, des casques, et de nombreux équipements sportifs). La fabrication additive est plus qu'un fait de société. Les générations à venir devront savoir en maîtriser les grands principes et en posséderont les rudiments, grâce à des moyens utilisés au cours de leur formation dans de nombreuses filières. Il est donc fondamental de renforcer le potentiel de formation dans ce domaine et d'encourager les jeunes à s'orienter vers des métiers qui nécessitent des connaissances approfondies dans le domaine. Il va sans dire que ceci ne constitue qu'un complément de formation, les fondamentaux scientifiques et technologiques ne devant en aucun cas être négligés.

2. Le positionnement mondial de la France et de l'Europe

Les forces de la France sont :

- des compétences scientifiques reconnues, avec de nombreux laboratoires, des universités, des écoles d'ingénieurs, des organismes nationaux, ainsi que des laboratoires industriels privés ;
- un leadership en aéronautique et médical pour les petites et moyennes séries de pièces différenciées et personnalisées (exemples : pièces et outillages complexes pour l'aéronautique et le spatial, ou prothèses auditives et dentaires) ;
- un ensemble de sous-traitants qui possèdent et maîtrisent de nombreuses machines de différentes technologies capables de fabriquer dans différents matériaux et dans des dimensions allant de nanomètres à plusieurs mètres ;
- une certification IAMQS (*International Additive Manufacturing Qualification System*) en fabrication additive, créée en 2022, qui atteste d'un ensemble de compétences professionnelles à différents niveaux et pour différentes fonctions nécessaires à la mise en œuvre de processus centrés sur la fabrication additive. Comme toute certification professionnelle, c'est un enjeu crucial afin que les entreprises disposent d'un personnel possédant des compétences avérées et actualisées. On dénombre à ce jour 4 centres de formation agréés et 185 personnes qualifiées (déjà 23 en 2025).

Ses faiblesses sont :

- une absence de coordination nationale efficace, contrairement à l'Allemagne (centres Fraunhofer, en particulier IAPT⁵), aux États-Unis (America Makes⁶), à Singapour, et bien d'autres pays dont récemment l'Australie (Australia Makes⁷) dont l'initiative compte déjà plus de 110 partenaires sur l'ensemble de la chaîne de valeur de la fabrication additive. En France, les initiatives sont éparpillées entre de très nombreux partenaires dont les principaux sont le CEA, différents laboratoires dépendant du CNRS, des universités et des écoles d'ingénieurs, le CETIM, et divers IRT (en particulier Saint-Exupéry, Jules Verne, M2P). Les structures régionales se multiplient sans coordination nationale. Une proposition de création d'un Institut national de fabrication additive a été rejetée en 2015, mais une relance est en cours par France Additive⁸, association nationale à but non lucratif créée en 1992, et qui rassemble une grande majorité des acteurs du domaine de la FA ;
- une absence d'écosystème intégré sur l'ensemble de la chaîne de valeur de la fabrication additive avec des acteurs pour certains spécialisés en fabrication additive uniquement, peu d'entre eux

⁵ <https://www.iapt.fraunhofer.de/en.html>

⁶ <https://www.americamakes.us/>

⁷ <https://www.amcrc.com.au/>

⁸ franceadditive.tech

maîtrisant plus largement la conception, la fabrication additive, les finitions et post-traitements, les contrôles et caractérisations, en particulier pour la fabrication de pièces métalliques ;

- un manque de continuité numérique sur l'ensemble de la chaîne de valeur centrée sur la fabrication additive. Ainsi, peu de bureaux d'études conçoivent directement pour la fabrication additive. L'absence de logiciels accessibles limite l'adoption de la technologie. Le *Generative Design*, couplé à l'IA, reste sous-exploité en raison du coût élevé des licences, mais constitue la piste principale pour l'amélioration de l'adoption de la FA dans les entreprises. Même si la France compte quelques acteurs clefs dans le domaine, la traçabilité et la lutte relative aux contrefaçons constituent également des éléments à renforcer afin de permettre une maîtrise complète de la chaîne de valeur. Des formations à la propriété intellectuelle et industrielle sont indispensables, mais au niveau opérationnel, il est indispensable de renforcer les solutions techniques en termes de *blockchain*⁹ et de dispositifs non falsifiables inclus dans les objets fabriqués¹⁰ ;
- un manque d'investissement public et privé. Par le passé, des projets ont été cofinancés par Bpifrance et d'autres ont été soutenus dans le cadre du programme France 2030. Mais ces efforts n'ont rien de comparable avec les niveaux d'investissement de pays comme la Chine (difficile à chiffrer mais de nombreuses initiatives comme le NIIAM¹¹ en témoignent) ou les USA (des dizaines de milliards d'US\$ depuis le discours du Président Obama le 12 février 2013¹²). Au niveau européen, en avril 2019, l'Union décidait de soutenir la fabrication additive dans le cadre du programme Horizon 2020, dont le programme de modernisation industrielle S3P qui comporte la fabrication de pointe, la cybersécurité, l'intelligence artificielle, et la fabrication additive ;
- une forte dépendance aux importations de matériaux (notamment poudres métalliques et polymères) et de machines. La Chine, les États-Unis et le Canada dominent le marché des matières premières. Les efforts sont à renforcer pour le développement de fournisseurs de matériaux biosourcés et mieux adaptés à la fabrication additive (y compris 4D¹³), à un coût raisonnable ;
- Une autre dépendance vis-à-vis des fabricants de machines. Des soutiens sont à apporter aux constructeurs français de machines dans un contexte de compétitivité accrue au plan mondial ;
- une difficulté à transformer des start-ups en entreprises leaders sur leur marché (ex. acquisition de Prodways par le groupe Gorgé pour éviter un rachat étranger) et un risque permanent de rachat de start-ups par de grands groupes internationaux (exemples d'Optoform et de Phénix Systems par le passé, acquises par 3D Systems).

On peut par ailleurs identifier des menaces :

- une domination chinoise grâce à une montée en compétence rapide et des prix très bas. L'Allemagne continue d'exporter des composants clés aux constructeurs de machines chinois, mais ces derniers gagnent en autonomie ;
- des écosystèmes structurés aux États-Unis et en Allemagne avec des financements colossaux ;
- une difficile transformation des sous-traitants français en ETI (entreprise de taille intermédiaire) ;
- des investisseurs étrangers dans plusieurs de nos pépites (chez les producteurs de machines comme 3DCeram avec des fonds japonais, ou chez les sous-traitants comme MMB-Volume adossée au groupe italien Lincotek).

Mais également des opportunités :

⁹ <https://www.3dnatives.com/ge-technologie-blockchain-05072018/>

<https://vistory.com/vistory-simmt/>

¹⁰ <https://www.inria.fr/fr/sam-signature-authentification-protection-donnees>

¹¹ www.niiam.com

¹² Barack Obama déclarait lors de son discours sur l'état de l'union en 12 février 2013 que la fabrication additive (FA) « avait le potentiel de révolutionner la façon dont on fabrique quasiment tout ». America Makes a été créé avec une dotation initiale de plus de 19 milliards d'US \$. Le Président Obama y voyait là une opportunité certaine pour révolutionner la manière de fabriquer des objets et générer des emplois. Il a demandé au Congrès "d'aider à créer un réseau d'une quinzaine de centres de compétences et de garantir que la prochaine révolution industrielle sera "made in America", selon ses propres termes.

¹³ L'impression 4D ajoute une nouvelle dimension, avec des fonctionnalités évolutives dans le temps. Voir par exemple <https://icb-comm.utbm.fr/parteneriats-academiques/recherche-transversale-fabrication-additive/fabrication-additive-4d/> ou, avec quelques illustrations, <https://www.sculpteo.com/en/3d-learning-hub/best-articles-about-3d-printing/4d-printing-technology/>. Pour une vision plus pointue du sujet, on pourra se reporter à l'ouvrage : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781394163786>

- la forte croissance des activités de recherche sur l'ensemble des maillons de la chaîne de valeur, avec l'existence d'un groupement de recherche CNRS (ALMA)¹⁴ spécialisé sur la fabrication additive métal et plusieurs chaires de l'Institut universitaire de France dans le domaine de l'impression 4D¹⁵. Dans ce dernier domaine, la fabrication multimatériaux¹⁶ ou à gradient de matériau¹⁷ est un vecteur important de développement pour de futures applications. Certaines sont déjà opérationnelles pour être exploitées dans l'industrie¹⁸. Des efforts sont également en cours pour accroître le développement de la fabrication additive grâce à la combinaison de différents procédés dans un processus qualifié de « fabrication hybride » ;
- la création d'une filière locale de production de poudres et fils métalliques dans le Grand Est en particulier ;
- l'adoption croissante de la FA pour la maintenance et les pièces de rechange. Ainsi, certains constructeurs de produits électroménagers envisagent d'accroître la mise à disposition de bases de données de fichiers numériques afin de répondre en partie au problème d'obsolescence et de permettre la fabrication individualisée de pièces de rechange.

3. Les technologies clefs à horizon 2035-2050

Les innovations à suivre sont :

- l'intelligence artificielle et le *Generative Design* : automatisation et optimisation des produits, des structures et des processus associant l'ensemble des procédés de la chaîne de valeur centrée sur la fabrication additive. Grâce principalement à l'utilisation de jumeaux numériques (voir avis dédié de l'Académie des technologies), il s'agit à la fois d'une aide à la conception des produits et des processus, mais aussi d'une aide au pilotage de ces processus, en améliorant leur efficacité globale ;
- développement de nouveaux matériaux : alliages avancés et polymères hautes performances, matériaux biosourcés ;
- développement de solutions liées au système de commande des machines permettant d'observer, d'analyser et de rétroagir sur le procédé en cas d'apparition de défaut en cours de fabrication ;
- traçabilité des matériaux et procédés, lutte contre la contrefaçon ;
- normalisation et certification.

Il y a de nombreux projets européens et français d'intérêt¹⁹. À titre d'illustration, citons :

- Grade2XL : Développement du procédé Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM) pour les grandes pièces métalliques²⁰ ;
- PRINTER : Plateforme en Auvergne-Rhône-Alpes pour la fabrication additive polymère et composite²¹ ;
- PAM : Projet européen visant l'optimisation des procédés de fabrication additive pour l'aéronautique, le spatial, l'énergie²².

Par ailleurs, face à la complexité croissante des technologies, il est essentiel de renforcer la formation :

- certifications IAMQS : créées par l'EFW (European Welding Federation) pour harmoniser la formation en fabrication additive à l'échelle internationale. En France ce sont l'AFS (Association

¹⁴ <https://alma.cnrs.fr/>

¹⁵ <https://www.iufrance.fr/les-membres-de-liuf/membre/2531-frederic-demoly.html> ; <https://www.iufrance.fr/les-membres-de-liuf/membre/2670-antoine-le-duigou.html>

¹⁶ <https://theses.hal.science/tel-03403126>

¹⁷ <https://nanomechanics.mit.edu/fundamentals/> ;

<https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/functionally-graded-material>

¹⁸ <https://www.irepa-laser.com/applications/fabrication-additive/fabrication-multi-materiaux>

¹⁹ <https://www.rm-platform.com/am-related-projects/projects-list>

²⁰ <https://www.grade2xl.eu/>

²¹ <https://www.europe-en-france.gouv.fr/fr/projets/printer-plateforme-fabrication-additive-polymere-composite>

²² <https://www.compositadour.com/projets/fabrication-additive/pam-prod>

- française de soudage) et France Additive, qui coordonnent l'attribution des certifications des centres de formation ;
- initiatives académiques : implication des écoles et universités (très nombreuses en France) et de façon générale renforcement de la FA au sein des programmes de formation, du collège jusqu'au doctorat ;
 - la Fabadd-Académie²³ : réseau de centres de compétences qui rassemble de nombreux acteurs de la formation ;
 - l'ensemble des acteurs de la formation (voir cartographie nationale²⁴).

4. Les recommandations de l'Académie des technologies

En matière de **structuration de l'écosystème** :

Comme le font de très nombreux pays qui souhaitent mettre en place une politique nationale de développement économique de la fabrication additive, en appui sur un écosystème identifié et structuré (exemples de l'Allemagne, des USA et de l'Australie cités plus haut), il est éminemment souhaitable de créer un Institut national de fabrication additive en France afin de :

- mieux mutualiser les efforts de R&D et structurer les collaborations public-privé ;
- soutenir les start-ups et PME à travers des fonds d'investissement ciblés ;
- coordonner tous les efforts faits dans les régions afin de mieux connaître et profiter du potentiel au plan national ;
- développer une filière nationale de production de matériaux pour limiter la dépendance aux importations qui sont susceptibles de faire l'objet d'embargos. Ceci passe notamment d'une part par l'accroissement du recyclage, d'autre part par l'examen de nouveaux permis miniers, ce qui impose de faire paraître rapidement le décret relatif au nouveau code minier, en souffrance depuis juillet 2024. Il faut aussi favoriser la traçabilité totale et la lutte contre la contrefaçon : des achats de produits contrefaits, outre leur illécitité, peuvent présenter des risques techniques ;
- coordonner les actions de formation et renforcement de la certification IAMQS, faciliter l'information et la diffusion des technologies, de leur utilisation, de leur intégration et de leurs applications.

Cet institut pourrait jouer un rôle de coordinateur national pour la mise en œuvre d'une politique nationale basée sur une souveraineté accrue et une valorisation des savoir-faire en place. Il serait particulièrement judicieux que cet institut soit une évolution naturelle de France Additive, qui rassemble en son sein l'ensemble des principaux acteurs clefs au niveau national et qui assure déjà une partie de l'animation nationale dans le domaine depuis plus de 30 ans. Cet institut bénéficierait d'un siège disposant de lieux de rencontre, d'information et de démonstrations technologiques. Il ne se substituerait pas à l'ensemble des initiatives déjà présentes sur l'ensemble du territoire national, mais permettrait de les mettre en relation et d'en coordonner les actions dans un souci de structuration et d'efficacité, au service d'une pénétration plus rapide de la FA et d'un développement du marché.

En matière de **développement technologique** :

- encourager les projets (réponse à des appels d'offres dédiés, au niveau national et européen) autour de l'intelligence artificielle et du Generative Design pour optimiser les processus de conception et de décision afin d'exploiter en totalité le potentiel de la fabrication additive. Développement et mise en place de jumeaux numériques ;
- renforcer la normalisation et la certification des matériaux. Favoriser le développement de matériaux spécifiquement adaptés à la fabrication additive ;
- développer des chaînes de valeur technologiques hybrides combinant la fabrication additive et d'autres procédés (fabrication de pièces, de sous-ensembles et d'outillages) pour améliorer la rentabilité en exploitant au mieux les avantages de chacun de ces procédés.

²³ <https://www.fabadd-academie.fr/>

²⁴ <https://www.la-fabrication-additive.com/carte-formations/>

En matière de **compétences et de formations** :

- mesures générales pour les matériaux :
 - améliorer l'image des matériaux et de leurs enjeux auprès des jeunes et de leurs parents, en usant de la gouvernance des outils de la culture scientifique technique et industrielle, de la semaine de l'industrie, des campus des métiers et qualifications, pour ajouter ce thème à ceux qu'ils soutiennent déjà. Il faut également favoriser des communications d'entreprises, à l'initiative de ces dernières, aux fins de susciter suffisamment de vocations ;
 - renforcer la formation de techniciens et d'ingénieurs technologues pour les procédés de fabrication et leur intégration dans une chaîne de production ;
- mesures spécifiques à la fabrication additive :
 - expansion de la certification IAMQS afin qu'elle devienne un label reconnu largement par les employeurs ;
 - développement de plateformes et logiciels adaptés aux apprentissages fondamentaux.

La fabrication additive représente une opportunité majeure pour la compétitivité industrielle de la France et de l'Europe. Cependant, des défis persistent, notamment sur la structuration du secteur et l'indépendance en matériaux. La mise en place d'un cadre stratégique cohérent est indispensable pour garantir une adoption industrielle massive et durable.

Auteurs principaux (liens d'intérêts en relation avec le thème, le cas échéant) : Alain Bernard (président d'honneur et ancien vice-président de France additive, collaborateur et expert sur de nombreux projets de fabrication additive, retraité) ; Grégoire Postel-Vinay. Les auteurs remercient François Mudry et François Lefaudeaux pour leurs relectures attentives.

La déontologie académique exige que tout contributeur à l'élaboration d'un rapport n'apporte au collectif que sa seule expertise, en se gardant de promouvoir tout intérêt personnel, institutionnel ou corporatiste. L'indépendance de nos positions est assurée par le caractère collectif de nos travaux. Ce document a été validé par l'Académie des Technologies selon la procédure disponible sur le site de l'Académie.