



GOUVERNEMENT

Liberté
Égalité
Fraternité



DIAGNOSTIC FANI

Fabrication Additive Normande pour l'Industrie

Premier levier des transitions numériques et écologiques, la formation des jeunes et des salariés permet de renforcer le capital humain indispensable au fonctionnement de nos entreprises et au-delà de toute la société. C'est aussi le meilleur moyen pour proposer des emplois durables et de tous niveaux de qualification sur l'ensemble du territoire.

C'est également une des conditions majeures pour la réussite du plan France 2030 : soutenir l'émergence de talents et accélérer l'adaptation des formations aux besoins de compétences des nouvelles filières et des métiers d'avenir. 2,5 milliards d'euros de France 2030 seront mobilisés sur le capital humain pour atteindre cette ambition.

L'appel à manifestation d'intérêt « **Compétences et métiers d'avenir** » s'inscrit dans ce cadre et vise à répondre aux besoins des entreprises en matière de formations et de compétences nouvelles pour les métiers d'avenir.

Dans le cadre de ce dispositif, **la réalisation de diagnostics des besoins en compétences et en formations sont financés et diffusés.**

DIAGNOSTIC DE FORMATION

Juin 2023



Introduction

L'appel à manifestation « Compétences et métiers d'avenir » de France 2030

L'appel à manifestation d'intérêt « Compétences et métiers d'avenir » s'inscrit dans ce cadre et vise à répondre aux besoins des entreprises en matière **de formations et de compétences nouvelles pour les métiers d'avenir**. L'adaptation et le renforcement de l'appareil de formation sur des métiers en tension pourra également renforcer notre capacité à atteindre les objectifs de France 2030.

Il ambitionne d'**anticiper** autant que possible et de contribuer à satisfaire **les besoins en emplois ou en compétences**, que ceux-ci soient sanctionnés par des titres, des certifications ou des diplômes. Il s'agit aussi d'**accélérer la mise en œuvre des formations** y préparant, ainsi que leur accès en matière d'information, d'attractivité et d'inscription tant en cursus de formation initiale qu'en formation continue, quel que soit le statut de l'actif (apprenti, lycéen, étudiant, salarié, demandeur d'emploi, indépendant, libéral ou entrepreneur). La demande des entreprises porte fréquemment sur le manque de personnel formé et adapté à un marché du travail qui change sans cesse. Au-delà des attentes propres à chacune des entreprises, **les besoins d'un territoire ou de la filière concernés par la stratégie**, s'ils ne sont pas satisfaits, peuvent être sources de faiblesse dans la mise en œuvre de chaque priorité de France 2030.

Les projets soutenus pourront notamment porter sur :

- la réalisation de diagnostics des besoins en compétences et en formations ;
- l'identification des initiatives et projets en rapport avec une stratégie ou plusieurs stratégies nationales ;
- le financement des projets les plus adaptés qui auront été sélectionnés par une procédure exigeante.

Le présent diagnostic FANI, lauréat de l'AMI « Compétences et métiers d'avenir », vise notamment à identifier les besoins en compétences liés à l'intégration de la Fabrication Additive Métallique dans les secteurs industriels des énergies et du naval.

Sommaire

PARTIE 1 – OBJECTIFS ET DEROULEMENT DE L’ETUDE.....1

1. Contexte et objectifs du diagnostic.....	2
1.1. Contexte de l'étude	2
1.2. Maturité de la fabrication additive dans les secteurs ciblés	3
1.3. Objectifs et phasage du diagnostic	4
2. Consortium et industriels associés	6
2.1. Membres du consortium	6
2.2. Entreprises membres du Comité de pilotage	10
2.3. Entreprises associées	15
3. Planning de réalisation du diagnostic	16
4. Pilotage et suivi	17
5. Rencontre des plateformes industrielles de la FAM	18
5.1. Retours d'expérience de la plateforme « Printing de Bourges »	18
5.2. Plateforme « Platinium 3D » à Charleville-Mézières	20

PARTIE 2 - ANALYSE ECONOMIQUE TECHNOLOGIQUE ET INDUSTRIELLE ..24

1. Etat des lieux de la fabrication additive métallique.....	25
2. Une offre pléthorique de procédés FAM.....	30
3. Enjeux pour les entreprises.....	32
4. Analyse des opportunités industrielles de la FAM	33
4.1. Tableau d'identification des pièces	33
4.2. Choix des procédés FAM.....	34
4.3. Résultats de l'analyse des pièces	34
5. Présentation des procédés sélectionnés.....	36
5.1. Procédé WAAM	36

5.2.	Procédé DED poudre	47
5.3.	Procédé L-PBF	52
5.4.	Procédé MBJ.....	57
6.	Niveau d'intégration de la fabrication additive dans les secteurs étudiés	60
7.	Préconisations industrielles.....	61
7.1.	Les premières réussites industrielles issus du diagnostic FANI	61
7.2.	Une stratégie industrielle par procédé nécessaire.....	61
8.	Principaux enseignements industriels	64

PARTIE 3 – DEFINITION DES BESOINS EN COMPETENCES **66**

1.	Présentation de la méthodologie	67
2.	identification et analyse de données.....	69
2.1.	Identification de l'ensemble des métiers en lien avec la FAM.....	69
2.2.	Identification des métiers en émergence ou en évolution majeure	70
2.3.	Production de fiches métiers et formations	75
3.	Benchmark d'actions territoriales et de formation en lien avec la FAM.....	76
3.1.	Identification des actions territoriales	77
3.2.	Benchmark des structures de formation de la Branche de la Métallurgie .	77
3.3.	Identification des actions de formation nécessaires à la mise en œuvre de la FAM en Normandie.....	79
4.	Préconisations sur la formation	84
4.1.	Identification du vivier de salariés à former sur la FAM.....	84
4.2.	Présentation par métier émergent et/ou en évolution majeure des formations et certifications à développer ou renforcer en Normandie.....	87
4.3.	Déploiement des formations par métier	88
5.	Principaux enseignements sur Les compétences	90

PARTIE 4 – PLAN D' ACTIONS PROPOSE **92**

1.	Les enjeux de l'industrie du futur et de la fabrication intelligente	93
1.1	Les perspectives d'investissements des industriels.....	93

1.2	La paralysie technologique comme frein décisionnel	95
1.3	Les compétences des salariés au cœur des préoccupations des industriels 96	
1.4	L'intégration des nouvelles générations de salariés devient une préoccupation.....	96
1.5	Les compétences recherchées pour les salariés de demain	97
2.	Synthèse des enseignements industriels	99
3.	Synthèse des enseignements sur les besoins en compétences	99
4.	Plan d'actions propose	100

REFERENCES 106

ANNEXES 107

ANNEXE 1	-Présentation de la plateforme Printing de Bourges	108
ANNEXE 2	-Présentation de la plateforme Platinium 3D	109
ANNEXE 3	- Tableau d'analyse de la chaîne de valeur de la FAM et des 9 métiers prioritaires	110
ANNEXE 4	- Fiche d'analyse de l'évolution des 9 métiers prioritaires.....	111
ANNEXE 5	- Exemple de formations à la FAM	112
ANNEXE 6	- Fiche d'analyse des compétences des 9 métiers prioritaires.....	113
ANNEXE 7	- Fiche d'analyse des compétences des 9 métiers prioritaires	114

PARTIE 1 – OBJECTIFS ET DEROULEMENT DE L'ETUDE



1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DU DIAGNOSTIC

1.1. Contexte de l'étude

Les enjeux de la fabrication additive pour l'industrie française

La fabrication additive (FA), ou impression 3D, est une nouvelle technologie qui se déploie dans les secteurs industriels comme l'aéronautique, la santé ou la chimie.

En effet, la FA apporte des solutions innovantes pour les nouvelles énergies. De nombreux projets de recherche industrielle portant sur les systèmes énergétiques intègrent dans leurs processus de la FA. A titre d'exemples :

- *Création par FA de matériaux plus résistants au profit des énergies décarbonées du futur (ex : aciers renforcés par dispersion d'oxydes pour les réacteurs à neutron) ;*
- *Fabrication des équipements en FA : pâles d'éoliennes en matériaux recyclés, ancrs et sous-structures plus légères pour les éoliennes flottantes, cellules solaires plus performantes pour les panneaux photovoltaïques, batteries révolutionnaires pour le stockage de l'énergie ou encore des réservoirs sous pression à haute résistance pour la filière hydrogène ;*
- *Fabrication de sous-équipements : échangeurs thermiques innovants multifonctionnels permettant, grâce à la FA, d'atteindre des compacités élevées et une meilleure performance pour la production de gaz de synthèse, d'hydrogène ou les composants des moteurs électriques ;*
- *Fabrication d'objets intelligents : intégration de capteurs intelligents au sein des composants fabriqués en FA permettant de faciliter les opérations de suivi à distance et de maintenance prédictive des parcs énergétiques (éolien, hydrolien, photovoltaïque, etc.).*

Au regard de ces nombreux projets, les technologies de FA se fiabilisent et permettent d'envisager leur développement sur des secteurs industriels majeurs pour la Normandie et la France :

- La construction navale : navires de surface, sous-marins et énergies marines renouvelables (éolien en mer, hydrolien)
- Les énergies : énergies nouvelles renouvelables (éolien, hydrogène, photovoltaïque, etc.) et nucléaire.

En Normandie, les filières industrielles concernées ont sollicité la CCI Ouest Normandie, et des partenaires (UIMM, CETIM), sur la nécessité et la pertinence de mener un diagnostic dans le but de caractériser les enjeux spécifiques de la Fabrication Additive Métallique (FAM). En effet, la Fabrication Additive Métallique (FAM) est susceptible d'offrir de nombreuses perspectives et d'applications industrielles pour ces secteurs.

De nouvelles compétences à définir pour déterminer les besoins en formation

La FA modifie les cycles de conception et de développement dans l'industrie. La chaîne de valeur de la fabrication additive va impacter de nombreux métiers (matériaux, conception, fabrication, finition et contrôle).

Ainsi, la FA va générer de nouvelles compétences dans les entreprises qu'il faut caractériser pour ensuite ajuster ou créer une offre de formation nouvelle sur les territoires.

Le présent diagnostic s'inscrit dans cette volonté d'anticiper les besoins en recrutement et en formation susceptibles de naître avec le déploiement de la Fabrication Additive Métallique dans les années à venir en Normandie.

1.2. Maturité de la fabrication additive dans les secteurs ciblés

Dans les secteurs des énergies et du naval, la Fabrication Additive Métallique est encore au stade de la recherche et du développement. Ces programmes de recherche et d'expérimentation sont portés au niveau national par les grands industriels du secteur : EDF, Siemens, Naval Group, Orano, Framatome, Total Energies, etc.

Contrairement aux secteurs de l'aéronautique ou de l'automobile où les productions s'inscrivent le plus souvent dans de la grande série, les équipements fabriqués pour les secteurs des énergies et du naval ont des spécificités :

- Les environnements peuvent être fortement contraints (sûreté / sécurité) ;
- Les pièces sont généralement complexes et de grande dimension ;
- Les pièces sont réalisées à partir de matériaux nobles et sont à forte valeur ajoutée ;
- Les productions s'inscrivent très souvent dans de la pièce unitaire ou de la très petite série (moins de 10 pièces à fabriquer).

En raison de ces spécificités sectorielles, l'approche stratégique de déploiement de la Fabrication Additive Métallique (FAM) peut être différente et les choix technologiques sont susceptibles de s'éloigner des solutions retenues dans les autres secteurs industriels.

Pour les filières des énergies et du naval, le déploiement de la FAM dans la chaîne de sous-traitance industrielle est faible et à ses tous premiers balbutiements avec l'arrivée de premiers acteurs. En effet, la chaîne de sous-traitance industrielle est à un niveau d'acculturation et de sensibilisation à la FAM très hétérogène.

Toute la supply chain attend des premiers éléments de réponse avant de s'engager plus avant dans cette révolution industrielle.

Les principales interrogations posées par les entrepreneurs sont les suivantes :

- Quelle est la stratégie de mes clients sur la FAM ?
- Quelles sont les technologies FAM privilégiées par mes clients ?
- Qu'en est-il de la maturité des technologies de la FAM ?
- Y-a-t-il des recouvrements technologiques entre mes clients ?

- Quelle est la performance économique actuelle des procédés FAM ?
- Les processus de qualification et de certification ont-ils été éprouvés ?
- Quand est-il de l'obsolescence des équipements ?
- Quels sont les marchés réels accessibles à court et moyen terme pour mon entreprise ?

Toutes ces interrogations sont justifiées et légitimes pour les entreprises industrielles sous-traitantes. Elles sont exprimées par les grandes entreprises et par les PME qui doivent sécuriser leur stratégie et disposer d'une visibilité économique suffisante avant d'engager des investissements importants tant en formations que pour l'acquisition d'équipements dont la valeur dépasse plusieurs centaines de milliers d'euros.

Le diagnostic FANI s'inscrit dans cette logique industrielle en intégrant dans l'étude un écosystème industriel complet (industriel + grande entreprise + PME) afin de mesurer et caractériser les enjeux du déploiement de la FAM dans les secteurs ciblés.

1.3. Objectifs et phasage du diagnostic

Le diagnostic est réalisé à l'initiative des entreprises normandes qui expriment des enjeux industriels majeurs liés au développement de la Fabrication Additive Métallique (FAM).

La valeur ajoutée de ce diagnostic repose sur son approche multi-sectorielle (naval, hydrolien, nucléaire, etc.) basée sur une analyse précise des besoins et des potentialités de la FAM dans les secteurs industriels ciblés.

Le diagnostic vise à apporter des réponses concrètes aux entreprises et à l'ensemble des acteurs pour concevoir et mettre en œuvre une nouvelle offre de formation dédiée pour la Normandie.

Le diagnostic est structuré en trois phases :

- ***PHASE 1 – Analyse économique, technologique et industrielle pour les secteurs ciblés***

Dans les secteurs du naval et des énergies, les premières expérimentations en FA ont commencé. Les potentialités de déploiement de la FA dans les processus industriels doivent encore être mesurés pour ces secteurs en Normandie. Cette analyse est indispensable pour pouvoir caractériser les besoins en compétences et en main d'œuvre pour les années à venir.

Cette analyse économique, technologique et industrielle sera décomposée de la manière suivante :

- Analyse des potentialités de la FA dans les processus industriels des secteurs ciblés ;
- Définition des solutions technologiques et techniques qui seront privilégiées ;
- Analyse des perspectives de développement de la FA ;

- Identification des impacts de la FA sur l'organisation des entreprises (savoir-faire, compétences et métiers) ;
- Caractérisation des conditions économiques pour le déploiement de la FA.

▪ **PHASE 2 – Définition des besoins en compétences et analyse de l'offre de formation**

Sur la base des enseignements de la phase 1, il pourra être caractérisé les nouveaux métiers induits par la FA et les besoins en compétences à venir dans les entreprises.

A l'appui des résultats du diagnostic, l'offre de formation nouvelle, pour tous les publics, pourra être construite en lien étroit avec les Ministère certificateurs, les opérateurs de compétences, France Stratégie, France Compétences ainsi que le Comité Régional de l'Emploi, de l'orientation et de la FORMation Professionnelle (CREFOP).

L'analyse est construite de la manière suivante :

- Caractérisation des nouveaux métiers induits par la FA au sein du tissu industriel normand et sur la chaîne de valeur (grands industriels, PME et TPE) ;
- Définition des besoins en compétences et en main d'œuvre pour la FA dans les secteurs industriels ciblés ;
- Analyse de l'offre de formation au RNCP et des agréments propres à la FA ;
- Analyse de la cartographie des formations en Normandie ;
- Détermination de l'offre de formations nouvelles à structurer en Normandie.

▪ **PHASE 3 – Définition d'un plan d'actions**

Le plan d'actions est établi selon la méthodologie suivante :

- *Analyse des meilleures pratiques* : l'analyse est menée auprès des pays étrangers sur les bonnes pratiques contribuant à la diffusion de la fabrication additive dans les entreprises et à la formation des différents publics.
- *Définition d'un plan d'actions* : l'objectif est de définir un plan d'actions en mesure de faire émerger en Normandie, et pour les secteurs du naval et des énergies, un écosystème autour de la FAM et constituer une offre de formation pour accompagner ces nouvelles compétences dans les entreprises (formation initiale et continue).

2. CONSORTIUM ET INDUSTRIELS ASSOCIES

2.1. Membres du consortium

Le diagnostic est porté par un consortium composé des partenaires suivants.

La CCI Ouest Normandie

La CCI Ouest Normandie représente les intérêts généraux de plus de 26 000 entreprises commerciales, industrielles et de services (cafés, hôtels, restaurants, services à l'industrie et services à la personne), et de leurs salariés, sur l'ensemble de son territoire présenté ci-après.

Cartographie du territoire de la CCI Ouest Normandie



Elle assure également la gestion du Centre d'Essais Dynamiques à Flers, utile à l'attractivité du territoire et à la performance industrielle.

La CCI Ouest Normandie gère un budget annuel de 14 millions d'euros, compte 400 collaborateurs et est implantée à Saint-Pair-sur-Mer, Cherbourg-en-Cotentin et Flers. Elle dispose d'antennes permettant de mailler le territoire.

Dans le cadre du présent diagnostic, la CCI Ouest Normandie a été le chef de file en charge de notamment de :

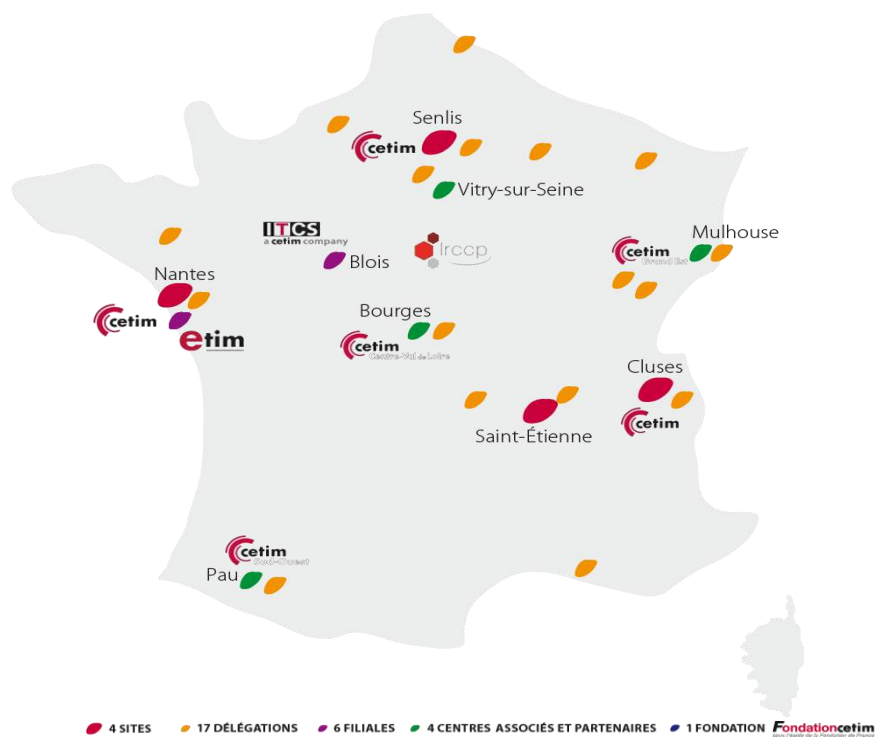
- Suivre le bon déroulement du diagnostic ;
- Piloter et animer les comités de pilotage ;
- Organiser les réunions de travail ;
- Définir l'implication du tissu industriel et mobiliser toute la supply chain ;
- Assurer la programmation des rendez-vous dans les entreprises ;
- Coordonner la restitution des travaux aux entreprises partenaires ;
- Formaliser et structurer le plan d'actions sur la base des enseignements et des travaux menés par le CETIM et l'UIMM de la Manche ;
- Restituer l'avancement des travaux et la restitution des rapports à la Banque des Territoires ;
- Corédiger les rapports et les présentations du diagnostic
- Suivre le budget du diagnostic.

Le CETIM

À la croisée de la recherche et de l'industrie, le Cetim, institut technologique labellisé Carnot et membre du réseau CTI, est le centre d'expertise mécanique français.

Outil de recherche et développement au service des 6 500 entreprises mécaniciennes en France, il totalise, avec ses filiales, 1 100 personnes dont plus des 2/3 d'ingénieurs et techniciens, pour 173 M€ de chiffre d'affaires.

Les implantations du CETIM sont présentées sur la carte ci-dessous.



Aujourd’hui, le Cetim est plus que jamais engagé pour la réussite d’une politique industrielle nationale ambitieuse. Son modèle mutualiste et la construction d’une présence régionale unique en France lui permettent d’accompagner au plus près la montée en gamme de masse des PMI. Il s’est engagé à faire de la mécanique la première industrie du futur de France et à soutenir le tissu productif dans la transition écologique et énergétique.

Pour favoriser le développer et l’intégration des procédés innovants, le CETIM dispose d’experts. **Ainsi, sur la fabrication additive, le CETIM dispose d’une vingtaine d’experts dont la Direction est assurée par le Cetim Centre Val de Loire à Bourges.**

Pour le diagnostic FANI, **le CETIM a assuré la réalisation de la phase 1** qui porte sur l’analyse économique, technologique et industrielle de la Fabrication Additive Métallique (FAM) pour les secteurs des énergies et du naval.

L’UIMM de la Manche

Créée par les industriels pour agir en leur nom, l’Union des Industries et Métiers de la Métallurgie Manche (UIMM Manche) a pour vocation de représenter, en les fédérant, les entreprises de la métallurgie de toutes tailles et couvrant de nombreux secteurs d’activités. **L’UIMM Manche compte aujourd’hui 170 entreprises adhérentes.**



Pour le diagnostic FANI, **l'UIMM Manche a assuré la réalisation de la phase 2** qui a pour but de définir les besoins en compétences induits dans les entreprises par l'intégration de la Fabrication Additive Métallique (FAM) et analyser les besoins en formation.

2.2. Entreprises membres du Comité de pilotage

Pour mener à bien ce diagnostic, des industriels ont été intégrés dans le Comité de pilotage et fortement impliqués dans l'analyse des opportunités et des impacts liés à l'intégration de la FAM dans les secteurs des énergies et du naval.

Leurs expertises, leurs connaissances des marchés et des processus industriels ou encore leur maîtrise de la chaîne de valeur industrielle étaient indispensables à la réussite de l'étude. Les industriels concernés sont les suivants :



CMN (Constructions Mécaniques de Normandie) est un chantier de construction navale. Implanté à Cherbourg depuis 1946, et employant 400 salariés, son siège social est à Paris. CMN appartient au Groupe CMN Naval qui détient des chantiers en Allemagne et au Royaume-Uni.

Depuis sa création, CMN chiffre à un millier le nombre de bateaux sortis de leurs ateliers, dont 700 pour le marché militaire international.

Réputé pour ses navires militaires, à l'image du patrouilleur de type combattante FS 56 ci-contre, CMN a diversifié ses activités afin d'inclure la construction et la réparation de tout type de vaisseaux, les travaux de soudage d'acier et d'aluminium, ainsi qu'un bureau d'études pour les projets de navires commerciaux et militaires



Dans le domaine de l'innovation, CMN a présenté en 2022 une version autonome de son intercepteur HSI 32. Depuis Riyad à 6 000 km, le chantier cherbourgeois, associé pour ce projet à Sea machines robotics, a piloté à distance le bâtiment, grâce à une connexion réseau qui pourrait être établie partout dans le monde.



« Le HSI 32 est le premier intercepteur de sa catégorie, avec des performances de vitesse de plus de 45 nœuds, à intégrer une telle technologie », assure le PDG de CMN, Serge Quaranta.

Le chantier CMN vient de remporter le marché pour la réalisation de la station scientifique polaire de la fondation Tara, ci-contre, qui va mobiliser 140 salariés pendant quinze mois.





CMN est une entreprise engagée dans la transition énergétique et qui valorise le potentiel des océans au travers de sa filiale Hydroquest, leader de la filière hydrolienne.

Hydroquest porte le projet Flowatt, en partenariat avec l'électricien Qair, qui prévoit l'implantation d'une ferme pilote de 7 hydroliennes dans le Raz-Blanchard, à l'ouest des côtes du Cotentin (Manche).

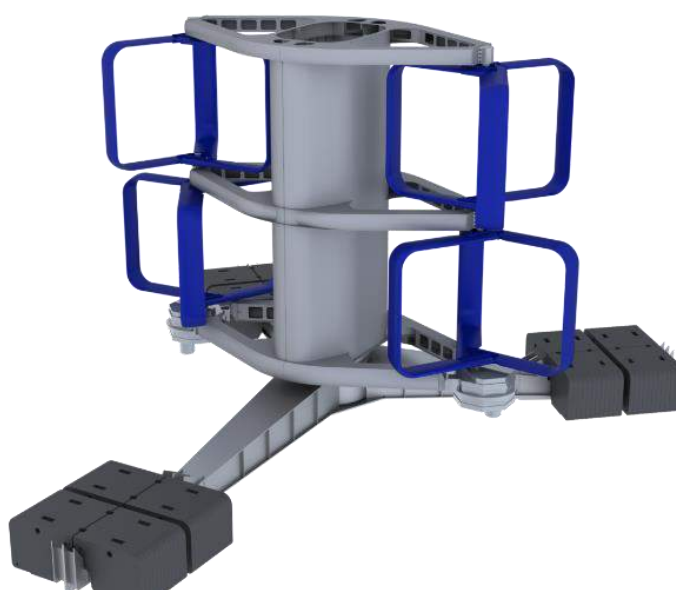
Cette ferme pilote d'une puissance 17,5 MW sera la plus puissante au monde et permettra de structurer la filière industrielle de l'hydrolien marin. Une filière à fort potentiel, avec une production prédictible et un fort gisement en Europe, dont 3,5 GW en France.

Un projet qui vient de recevoir le soutien de l'Etat pour France 2030

Le 7 juillet 2023, **la ministre de la transition énergétique, Agnès Pannier-Runacher, a annoncé le soutien du Gouvernement au développement de la ferme pilote hydrolienne Flowatt dans le Raz-Blanchard.**

Lauréat de l'appel à projets Systèmes énergétiques – Villes et territoires durables (SEVTD) de l'ADEME, le projet Flowatt sera soutenu financièrement par France 2030 à hauteur de 65 millions d'euros au minimum et bénéficiera en complément d'un tarif d'achat préférentiel de l'électricité produite. L'attribution de ce tarif d'achat est conditionnée à une notification à la Commission européenne. Les démarches associées débuteront dès cet été.

Vue de l'hydrolienne pour le projet Flowatt





La société Électricité de France (EDF) a été créée le 8 avril 1946, suite à la loi de nationalisation des 1450 entreprises françaises de production, de transport et de distribution d'électricité et de gaz.

Acteur majeur de la transition énergétique, le groupe EDF est un énergéticien intégré, présent sur l'ensemble des métiers : la production, le transport, la distribution, le négoce, la vente d'énergies et les services énergétiques.

Leader des énergies bas carbone dans le monde, le groupe a développé un mix de production diversifié basé principalement sur :

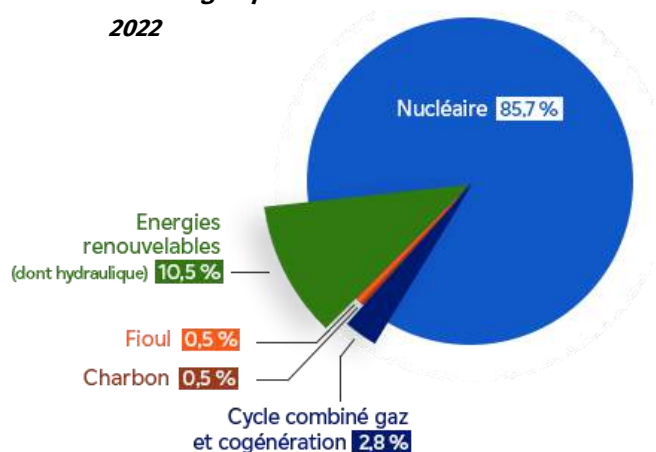
- L'énergie nucléaire ;
- L'énergie hydraulique ;
- Les autres énergies renouvelables (solaire, éolien, etc.).

En France(1), l'électricité produite par EDF est à 96 % sans émission de CO₂, grâce au nucléaire et aux énergies renouvelables.

EDF investit dans de nouvelles technologies pour accompagner la transition énergétique (stockage, micro-grid, hydrogène, ...).

EDF conçoit, construit et maintient l'ensemble du parc nucléaire français composé de 56 réacteurs répartis sur l'ensemble du territoire au sein de 18 centrales. EDF et la filière industrielle française développent actuellement une version optimisée et industrialisée de l'EPR, dans le cadre du programme de construction de trois paires « EPR 2. » En outre, le Groupe EDF développe un projet de petits réacteurs nucléaires dit « SMR. »

Mix énergétique d'EDF en France en 2022



NAVAL GROUP

Maître d'œuvre industriel, concepteur et intégrateur d'ensemble des navires armés et des systèmes de combat, Naval Group est un acteur international du naval de défense.

Grâce à des savoir-faire et des moyens industriels exceptionnels, Naval Group conçoit, réalise, intègre, maintient en service, démantèle et déconstruit des sous-marins et navires de surface. La France lui doit d'être membre du cercle restreint des nations conceptrices de sous-marins nucléaires lanceurs d'engins (SNLE). La France est aussi l'une des rares nations à disposer d'une armada aéronavale d'excellence, dont le porte-avions Charles de Gaulle, conçu et entretenu par Naval Group, est le navire amiral.



Depuis ses 10 sites de production en France, tous experts dans un volet clé de la chaîne de valeur du naval de défense, et depuis ses filiales internationales, Naval Group bâtit une offre unique de produits et de services.

Pour les dix ans à venir (2022-2031), Naval Group s'est fixé pour ambitions de :

- Rechercher une croissance rentable, équilibrée entre les activités menées en France et à l'international ;
- Accélérer l'innovation, vecteur de compétitivité ;
- Maintenir son rôle de pivot des alliances européennes et des partenariats stratégiques ;
- Améliorer sa compétitivité et l'efficacité de ses processus industriels ;
- Maintenir et développer des compétences clés, en particulier celles qui sont spécifiques au groupe ;
- Affirmer son positionnement unique de maître d'œuvre concepteur et intégrateur d'ensemble du navire armé maîtrisant tout le cycle de vie.



2.3. Entreprises associées

Dans une volonté d'intégrer un écosystème industriel pertinent pour la réalisation du diagnostic, un panel d'entreprises a été étroitement associée pour :

- Identifier et évaluer les opportunités de la Fabrication Additive Métallique ;
- Mesurer les besoins en compétences induits dans les entreprises avec l'intégration future de la FAM dans les processus industriels.

Ainsi, avec les industriels membres du Comité de pilotage, ce sont une quinzaine d'entreprises qui ont été consultées dont la répartition par domaine d'activité est présentée ci-après.

Partenaires et industriels associés au diagnostic FANI

Pilotage de l'étude FANI					
Partenaires techniques					
Partenaires industriels					
Industriels associés	Industriels				
	Bureaux d'étude - Ingénierie				
	Métallurgie - Chauffage - Tuyauterie				
	Mécanique - Usinage				

Pour la réalisation du diagnostic, ce sont plus d'une trentaine de rendez-vous individuels qui ont été organisés avec les entreprises associées.

En plus de ces rendez-vous, une réunion collective de partage avec tous les industriels a été organisée dans les locaux de la CCI Ouest Normandie, le 8 mars 2023.

Cette réunion avait pour but :

- Sensibiliser les entreprises associées à la FAM ;
- Partager les premiers enseignements des opportunités de la FAM pour les secteurs des énergies et du naval ;
- Donner une vision partagée des industriels auprès de leurs partenaires et sous-traitants ;
- Impliquer les entreprises dans la réalisation du diagnostic et de ses enjeux.

Réunion collective sur le diagnostic FANI avec les industriels – 8 mars 2023



3. PLANNING DE REALISATION DU DIAGNOSTIC

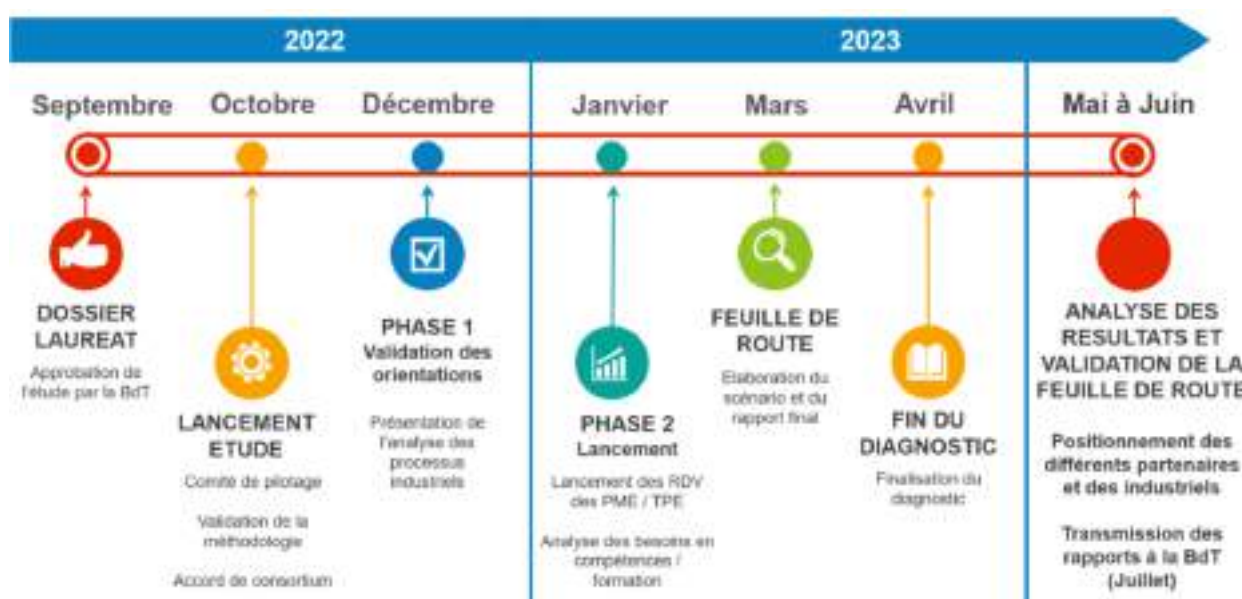
Conformément à la convention conclue avec la Banque des Territoires, la réalisation du diagnostic a débuté le 31 octobre 2022 pour s'achever au 30 avril 2023.

L'étude a été réalisée en deux phases :

- Phase 1 : L'analyse technique, économique et industrielle ;
- Phase 2 : L'analyse des besoins en compétences induits par la FAM.

A l'achèvement du diagnostic fin avril 2023, il a été validé le principe de prévoir un délai indispensable de deux mois afin que les enseignements issus du diagnostic puissent faire l'objet d'un plan d'actions validé par les directions des industriels partenaires pour disposer d'une feuille de route opérationnelle.

Le calendrier détaillé de l'étude est présenté ci-après.



4. PILOTAGE ET SUIVI

La réalisation du diagnostic FANI a été dirigée par un Comité de Pilotage composé des membres du Consortium (CCI Ouest Normandie, CETIM, UIMM de la Manche) et les industriels partenaires (CMN, EDF et Naval Group).

Pour mener à bien le diagnostic, le Comité de pilotage s'est réuni mensuellement selon le planning suivant :

Comité de pilotage du diagnostic	Date
Comité de lancement	Jeudi 6 octobre 2022
Comité de pilotage	Vendredi 25 novembre 2022
Comité de pilotage	Mardi 13 décembre 2022
Comité de pilotage	Mardi 24 et Mercredi 25 janvier 2023
Comité de pilotage	Mardi 7 février 2023
Comité de pilotage	Mercredi 8 mars 2023
Comité de clôture du diagnostic	Mardi 25 avril 2023

Pour la validation du plan d'actions, des comités dédiés ont été organisés selon le calendrier suivant :

Comité de validation du plan d'actions	Date
Comité de validation	Mercredi 7 juin 2023
Comité de clôture du plan d'actions	Mardi 11 juillet 2023

5. RENCONTRE DES PLATEFORMES INDUSTRIELLES DE LA FAM

Pour la réalisation du diagnostic, des rencontres avec les plateformes de recherche et développement sur la Fabrication Additive Métallique ont été menées avec les membres du Comité de Pilotage afin de :

- Découvrir les technologies et les procédés FAM ;
- Connaître la genèse et les objectifs visés par ces plateformes ;
- Bénéficier de l'expérience d'autres territoires dans l'industrialisation de la FAM ;
- Identifier les besoins en formation générés et l'offre déployée sur ces autres territoires.

Les plateformes de Bourges (Centre Val de Loire) et Charleville Mézières (Champagnes Ardennes) ont été rencontrées.

5.1. Retours d'expérience de la plateforme « Printing de Bourges »

Depuis 2019, le CETIM travaille, avec les industriels de la Défense et de l'aéronautique en Région Centre Val de Loire, sur la création d'une plateforme collaborative de fabrication additive dans le cadre du projet « Printing de Bourges. »

Deux industriels sont co-fondateurs et co-financeurs de ce projet :



Première entreprise européenne de défense intégrée, MBDA est un des leaders mondiaux des missiles et systèmes de missiles.

Seul groupe capable de répondre à toute la gamme des besoins opérationnels présents et futurs des trois armées (terre, marine et air), la société MBDA réalise un chiffre d'affaires annuel de 4,2 milliards d'euros et regroupe plus de 13 000 collaborateurs principalement en Europe.



Nexter est une société du groupe KNDS spécialisée dans la défense terrestre.

Le groupe dispose d'une gamme allant des engins blindés aux systèmes d'artillerie et maîtrise également les sous-ensembles stratégiques, comme les systèmes d'armes et les munitions ou encore les robots et systèmes électroniques embarqués.

L'entreprise Nexter réalise un chiffre d'affaires de 1,3 milliards d'euros et emploie 4 500 salariés en France et en Europe.

MBDA, Nexter et les autres industriels régionaux ont intégré la FAM dans leur feuille de route technologique et industrielle. Un temps retardé par la crise du Covid-19, l'intégration de la FAM devient opérationnelle. A titre d'exemple, Nexter a d'ores et déjà validé un programme ambitieux de formation de 200 techniciens (dessinateurs – projeteurs) pour « penser fabrication additive. »

D'une manière générale, faute de tissu industriel mature en Fabrication Additive, les programmes et clients restent encore réticents à insérer ces nouvelles pièces et procédés.

Par voie de conséquence, faute de garantie et visibilité sur les calendriers, volumes et natures des pièces 3D à réaliser, les industriels, et notamment les PME de sous-traitance mécanique traditionnelle, sont dans l'incapacité d'engager leur transformation industrielle et d'investir tant au niveau matériel (machines, matière première) qu'humain (formation et maîtrise des process).

La constitution d'une plateforme collaborative est apparue pour les industriels du secteur comme le seul moyen de rompre ce cercle vicieux d'attentisme réciproque, et de créer les conditions favorables à la constitution d'un écosystème assurant le développement industriel de ces technologies 3D.

Représentant plusieurs millions d'euros d'investissements, et hébergée dans les locaux de MBDA, la plateforme Printing de Bourges ouvrira ses portes à l'automne 2023 et comprend :

- Un plateau de plus de 1 000 m², sécurisé et ouvert sur l'extérieur, juxtaposé aux locaux de MBDA Bourges Aéroport. Elle peut accueillir une trentaine d'opérateurs et experts ;
- Une offre de 5 à 6 machines de fabrication additive de marque françaises et européennes, couvrant les principaux types de procédés (SLM, DMD, WAAM) et matériaux.

Chaque industriel / PME / labo pourra y apporter et réaliser ses projets industriels (faisabilité, prototypage, qualification, industrialisation, petites séries, ...) en accédant aux machines et en bénéficiant de l'accompagnement d'experts, notamment du CETIM.

Le Comité de pilotage de FANI a visité les locaux du CETIM à Bourges et a échangé avec les industriels, Nexter et MBDA, pour bénéficier de leurs retours d'expérience.

Visite des locaux du CETIM – Projet Printing de Bourges



Principaux enseignements du retour d'expérience Printing de Bourges

- ***L'intégration de la FAM doit être encouragée dans les entreprises par la Direction et suivie par l'ensemble du « top management » ;***
- ***Pour les grandes filières industrielles, une implication forte et proactive des acteurs leaders est nécessaire pour mobiliser et convaincre toute la chaîne de sous-traitance ;***

- **Des entreprises normandes, sous-traitantes de Nexter, pourraient être impliquées dans le projet Printing de Bourges ou être intéressées par certains procédés ;**
- **Au-delà des équipements, la formation à la FAM apparaît comme un préalable indispensable à une démarche d'intégration. Les métiers de la conception sont particulièrement ciblés comme étant la première étape pour diffuser une « pensée additive » dans l'entreprise ;**
- **La réalisation de cas d'usage est une nécessité pour convaincre en interne (direction, collaborateurs) et en externe (clients, acheteurs) ;**
- **Pour couvrir tous les besoins potentiels, les plateformes collaboratives de recherche et développement sont contraintes d'acquérir une large gamme d'équipements et de machines mobilisant des investissements importants ;**
- **L'obsolescence des équipements est une réalité, avec des machines qui peuvent être très largement dépassées à horizon de 3 à 4 ans. Une démarche collaborative et des partenariats publics-privés permettent de diminuer et partager les risques liés aux programmes de recherche ;**
- **Un dispositif d'accompagnement important est mis en œuvre pour la plateforme Printing de Bourges pour accompagner les industriels dans l'intégration de la FAM, en particulier à destination des PME sous-traitantes.**

ANNEXE : le support de présentation de la plateforme Printing de Bourges est joint en annexe du présent rapport.

5.2. Plateforme « Platinium 3D » à Charleville-Mézières

Située à Charleville-Mézières, en Région Champagne-Ardenne, Platinium 3D est une plateforme spécifiquement dédiée à la fabrication additive.

A l'origine du projet, il s'agit d'une initiative menée dès 2015 par une vingtaine de fonderies des Ardennes en partenariat avec les Pouvoirs Publics et les organisations professionnelles. L'idée générale est de proposer des actions collectives visant à soutenir l'ensemble de la chaîne de valeur des entreprises. Un des volets de ce « plan de progrès » s'intéressait spécifiquement au développement technologique de la fonderie régionale.

Assez rapidement, les industriels autour de la table s'accordent à penser qu'il serait pertinent de s'intéresser à la fabrication additive. Platinium 3D (plateforme technologique et scientifique dédiée à l'obtention de pièces métalliques par les procédés de fabrication additive) voit ainsi le jour. Cette première étape leur permet de mutualiser une machine d'impression additive, de mener des travaux de R&D et surtout de s'approprier au fur et à mesure la technologie.

Initiée sous la forme d'un consortium, Platinium 3D est aujourd'hui une association loi 1901. La plateforme a réalisé d'importants investissements avec le soutien des pouvoirs publics (Etat, Région, Europe, etc.) : elle dispose aujourd'hui d'un parc de 10 machines couvrant 6 à 7 procédés différents de fabrication additive (métal direct/indirect, polymère, sable).

Cette offre importante d'équipements répond à la volonté de la plateforme de pouvoir répondre aux demandes très diversifiées des entreprises et de secteurs d'activité différents (fonderie, aéronautique, agricole, médical, automobile, etc.).

Pour répondre à cette diversité des besoins, la force de Platinum 3D est d'avoir constitué un écosystème technique et scientifique en mesure d'accompagner les entreprises vers la fabrication additive, présenté ci-après.



Platinum 3D propose aux entreprises un accompagnement global dans la démarche d'industrialisation à la fabrication additive comprenant :

- Conseils
- Recherche et développement, tests, prototype et contrôle ;
- Fabrication de présérie et série ;
- Appui au transfert technologique dans l'entreprise.

Les entreprises sollicitant les services de Platinum 3D bénéficient de soutiens financiers de la Région Champagne Ardenne (prise en charge d'une partie du coût des prestations de Platinum 3D).

Platinum 3D a fait naître des premières réussites industrielles, au travers de la création d'une société, 3D Metal Industrie, spécialisée dans la fabrication 3D sable. L'entreprise réalise aujourd'hui un chiffre d'affaires de 1,5 million d'euros et emploie 11 salariés.

Platinum 3D intervient majoritairement auprès de PME indépendantes. La plateforme ne bénéficie pas de partenariats ou de l'implication forte d'un grand industriel structurant qui serait en mesure d'apporter de l'activité régulière et de mobiliser toute une chaîne de sous-traitance vers la fabrication additive.

Visite de Platinum 3D et 3D Metal Industrie



Principaux enseignements du retour d'expérience de Platinum 3D

- ***Le projet Platinum 3D dispose d'une intégration territoriale très forte, initiée à l'origine par les industriels de la fonderie ;***
- ***Le projet dispose d'un soutien public important tant dans l'investissement que dans les dispositifs de financement visant à inciter les PME du territoire à s'orienter vers la fabrication additive ;***
- ***Les équipements proposés par Platinum 3D couvrent un champ très large de procédés et de technologies qui ont nécessité des investissements de plusieurs millions d'euros ces dernières années. Cette stratégie mise en œuvre vise à répondre aux demandes de secteurs industriels diverses. Cette volonté territoriale se traduit par le fait que Platinum 3D est la seule plateforme française disposant d'une offre aussi diversifiée sur un même lieu ;***
- ***Les distributeurs de machines et d'équipements jouent un rôle mineur dans l'appui à la commercialisation de l'offre de Platinum 3D ;***
- ***La constitution d'un écosystème complet, technique et scientifique, est une réussite et permet de proposer une offre complète d'accompagnement aux entreprises ;***

- ***Des premières formations de sensibilisation à la fabrication additive ont été mises en place avec le Pôle formation UIMM de Champagne Ardenne mais les volumes de stagiaires restent limités, les besoins de recrutement dans les PME restent faibles au stade actuel de l'intégration de la technologie ;***
- ***Le développement de Platinum 3D a été freiné par la crise du Covid-19, les entreprises ayant limité les projets de recherche et développement ;***
- ***La création de 3D Metal Industrie est une première réussite industrielle pour la plateforme ;***
- ***Platinum 3D accompagne majoritairement des PME indépendantes. L'absence de partenariats avec des grands industriels structurants pourrait fragiliser à terme l'équilibre économique de la plateforme. Des actions sont en cours pour convaincre de grands industriels, et leur chaîne de sous-traitance, de recourir aux services de Platinum 3D.***

ANNEXE : le support de présentation de la plateforme Platinum 3D est présenté en annexe du présent rapport.

PARTIE 2 - ANALYSE ECONOMIQUE TECHNOLOGIQUE ET INDUSTRIELLE



Les entreprises du consortium FANI sont issues des secteurs industriels suivants :

- Construction navale
- Nucléaire
- Energies Marines Renouvelables (Hydro-énergies)
- Oil & Gas
- Défense

Celles-ci ont exprimé un intérêt partagé à la Fabrication Additive Métallique (FAM) pour certains de leurs produits ouvragés et qui sont fabriqués en petite quantité.

Afin d'évaluer l'intérêt de la Fabrication Additive Métallique, il a été mis en place pour la réalisation du diagnostic FANI une démarche de caractérisation et d'analyse des opportunités offertes par la FAM pour les secteurs industriels ciblés. Cette analyse complète couvre les champs économiques, technologiques et industriels.

1. ETAT DES LIEUX DE LA FABRICATION ADDITIVE METALLIQUE

Le marché de la fabrication additive est en pleine expansion. Avec le développement de nouvelles technologies de Fabrication Additive Métallique (FAM) et le perfectionnement de leur maîtrise, les opportunités de conception et de production offertes par ces technologies ne cessent de croître. La Figure 1 illustre l'évolution du marché de la FAM de 2016 à 2022 et donne une prévision de celui-ci en 2027. Il apparaît que la croissance du marché de la FAM augmente et s'accélère. Toutefois, une légère baisse de vitesse entre 2021 et 2022 est observable, probablement liée à la crise sanitaire, mais reste négligeable.

Sur la Figure 1, le marché de la FAM est décomposé en trois sous-parties : le marché de la production de pièces, le marché de la production de matériaux et enfin le marché des systèmes de FAM. En 2016, le marché des systèmes représentait 49% du marché de la FAM, mais sa contribution dans le marché global s'amenuise avec le temps. En 2022, sa part ne représente plus que 38% et devrait être identique en 2027.



Figure 1 : Marché de la fabrication additive métallique de 2016 à 2022, et prévision pour 2027 (en milliard). Source : AMPOWER

Le marché de la production de Machine-Outils à Commande Numérique (MOCN) est comparé à celui de la production de systèmes de FAM sur la Figure 2. Le marché de la production de MOCN est très largement supérieur à celui de système de FAM.

Toutefois, les prévisions montrent que le marché de la production de système de FAM connaît une croissance nettement plus importante, de 25,9 % contrairement à 7,5 %.

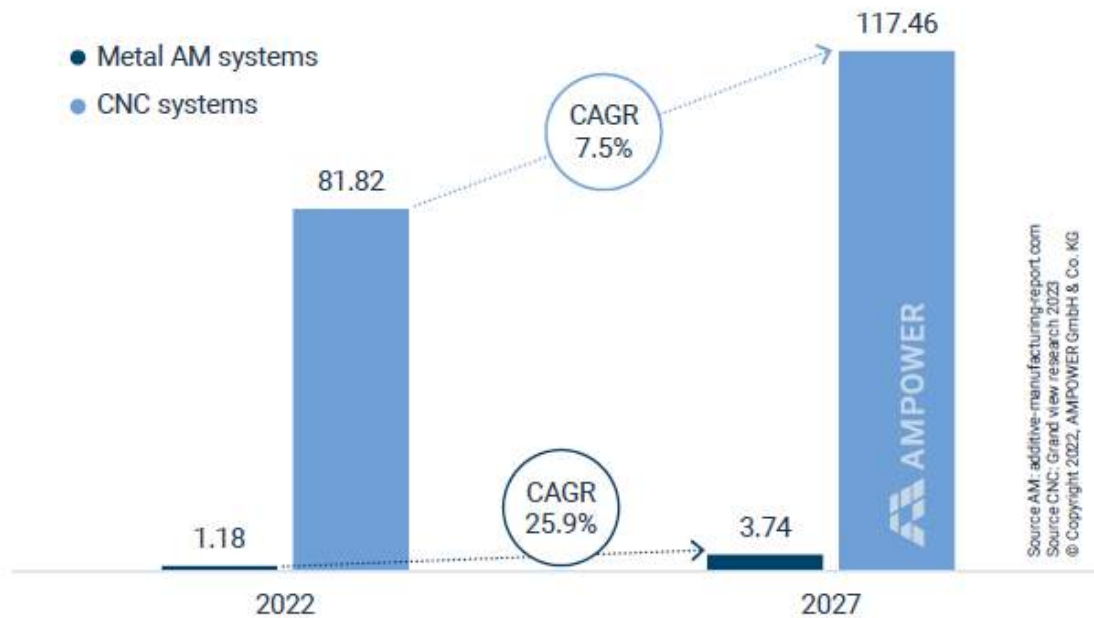


Figure 2 : Comparaison entre les marchés des MOCN et de la FAM (nombre en milliard).
 Source : AMPOWER

La répartition des investissements dans la FA à travers le monde est représentée sur la Figure 3. En 2021, les Etats-Unis étaient largement en tête par rapport au reste du monde. En 2022, la Chine a investi très fortement, au point d'atteindre le même niveau d'investissement que les Etats-Unis.

Le reste du monde investie beaucoup moins que les Etats-Unis et la Chine, puisque sa part ne représente que 10% des investissements mondiaux en 2022.

Les forts investissements des Etats-Unis et de la Chine dans le marché de la Fabrication Additive leur donneront à terme une position d'hégémonie. Des investissements en Europe, et notamment en France, sont nécessaires afin de rester concurrentiels dans ce marché en pleine expansion.

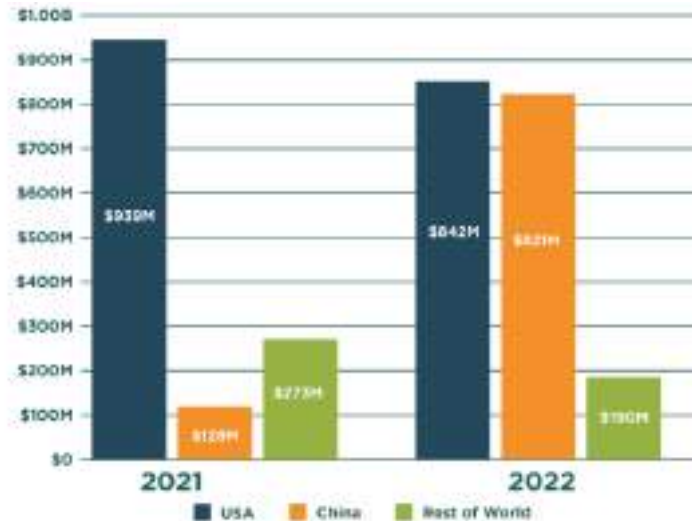


Figure 3 : Montant total des investissements en million d'euros en biens d'équipement FAM aux Etats-Unis, en Chine et dans le reste du monde (source : <https://www.additivemanufacturing.media/>)

Le nombre de machines de FAM vendues de 2019 à 2022, ainsi que les prévisions pour 2027, sont donnés sur la Figure 4. Les machines sont triées par technologie¹.

Les machines de fusion sur lit de poudre (PBF pour Powder Bed Fusion) représentent la majorité des ventes. Les prévisions pour 2027 indiquent que les ventes de toutes les technologies vont croître, avec toujours une majorité de machines de fusion sur lit de poudre.

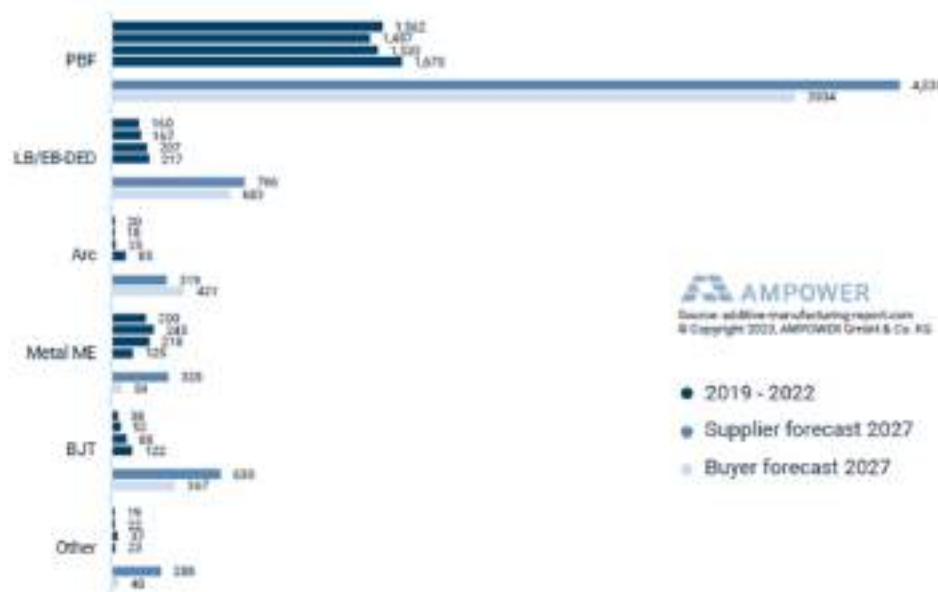


Figure 4 : Nombre de ventes de systèmes d'impression de 2019 à 2022, et prévision des ventes en 2027 selon les fournisseurs de systèmes et les consommateurs. Source : AMPOWER

Le nombre de machines vendues (Figure 4) est lié au degré de maturité des technologies (Figure 5). Ceci se confirme avec les technologies de fusion sur lit de poudre (PBF), qui sont les plus matures et les mieux implantées dans l'industrie, et qui représentent logiquement la majorité des ventes de machines.

¹ Les différentes technologies seront présentées dans la Figure 8.

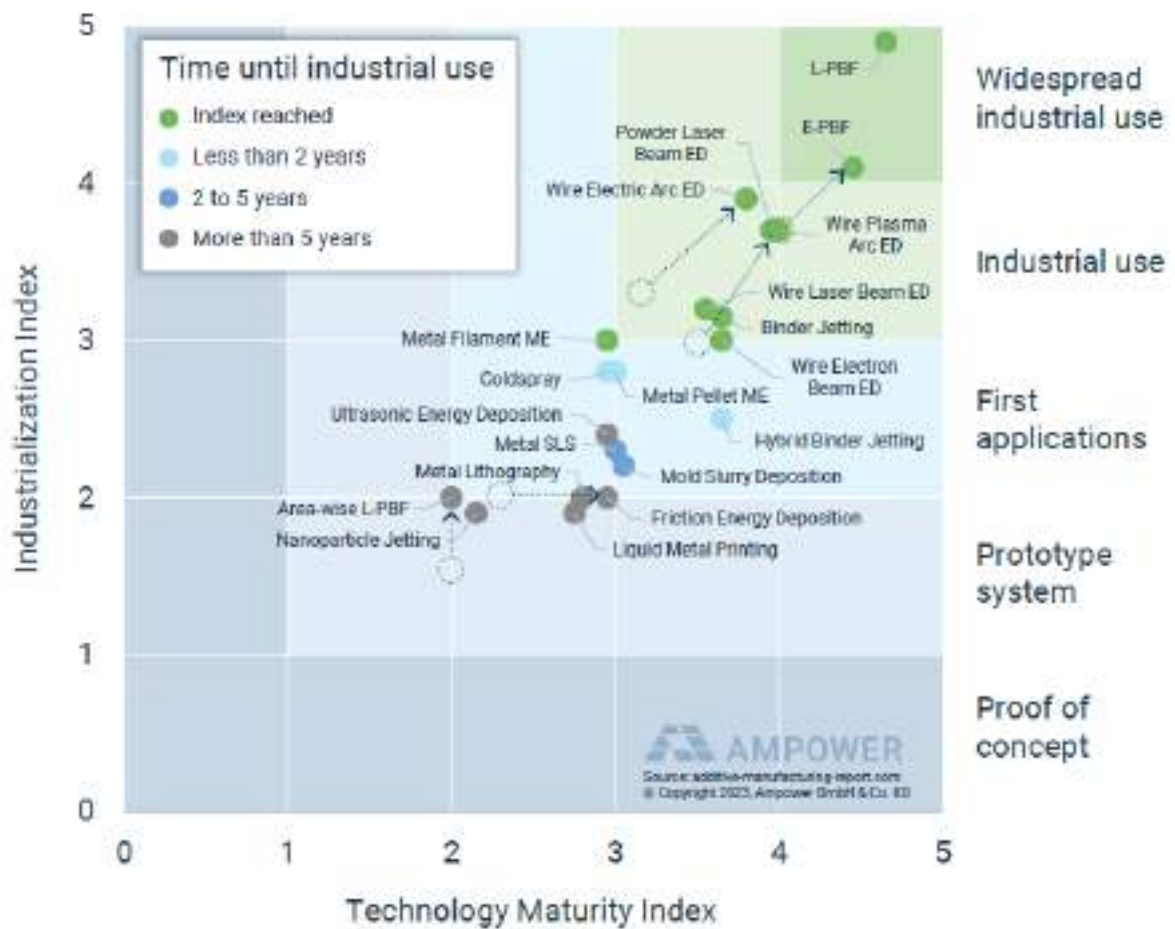


Figure 5 : Implantation dans l'industrie des technologies de FAM en fonction de leur niveau de maturité. Source : AMPOWER

Les revenus générés par les ventes de systèmes FAM, ainsi que les prévisions pour 2027, sont donnés sur la Figure 6. Les machines de FAM sont utilisées dans de nombreux secteurs industriels ainsi que dans la recherche académique.

Les prévisions pour 2027 montrent que les revenus des ventes de système de FAM devraient croître dans l'ensemble des secteurs.

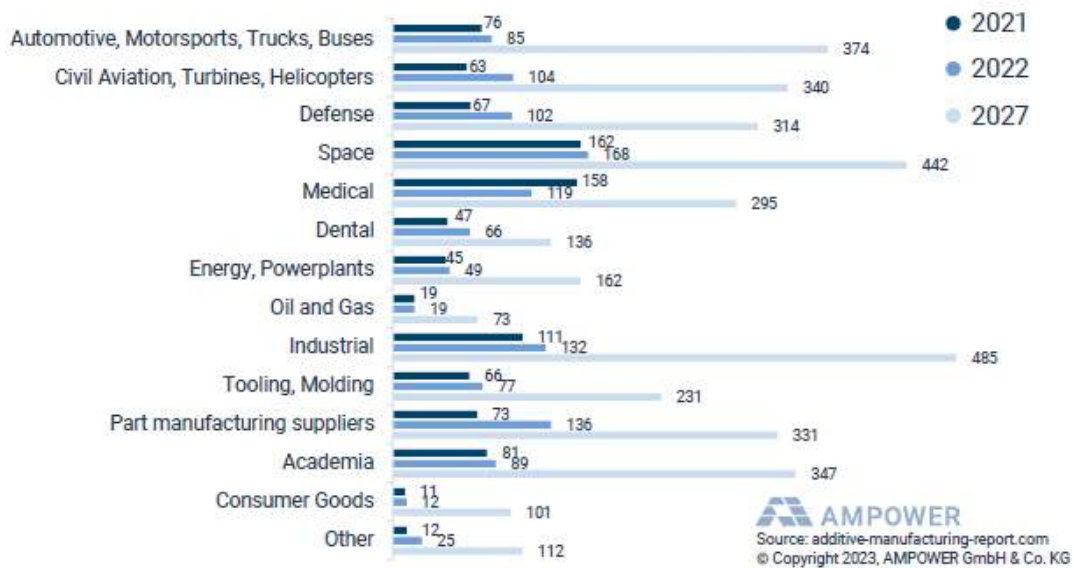


Figure 6 : Revenus des ventes de systèmes FAM par secteur en 2022 et prévisions des fournisseurs pour 2027 (en million d'euros). Source : AMPOWER

Les consommations d’alliages métalliques en FAM par secteur d’activité en 2022, et estimée en 2027, sont représentées sur la Figure 7. La consommation en matériaux augmentera significativement en 2027, ce qui est en adéquation avec l’augmentation des ventes de systèmes de production (Figure 4).

Une grande variété d’alliages métalliques peut être mise en œuvre par FAM. Par conséquent, l’offre en alliages peut répondre aux besoins des différents secteurs, qui sont souvent très différents. Par exemple, les alliages de nickel et de titane sont fortement représentés dans l’aéronautique, la défense, l’aérospatiale et l’énergie, alors que les transports routiers et le reste de l’industrie s’intéressent plus fortement aux alliages d’aluminiums, aux aciers inoxydables et aux aciers à outils.

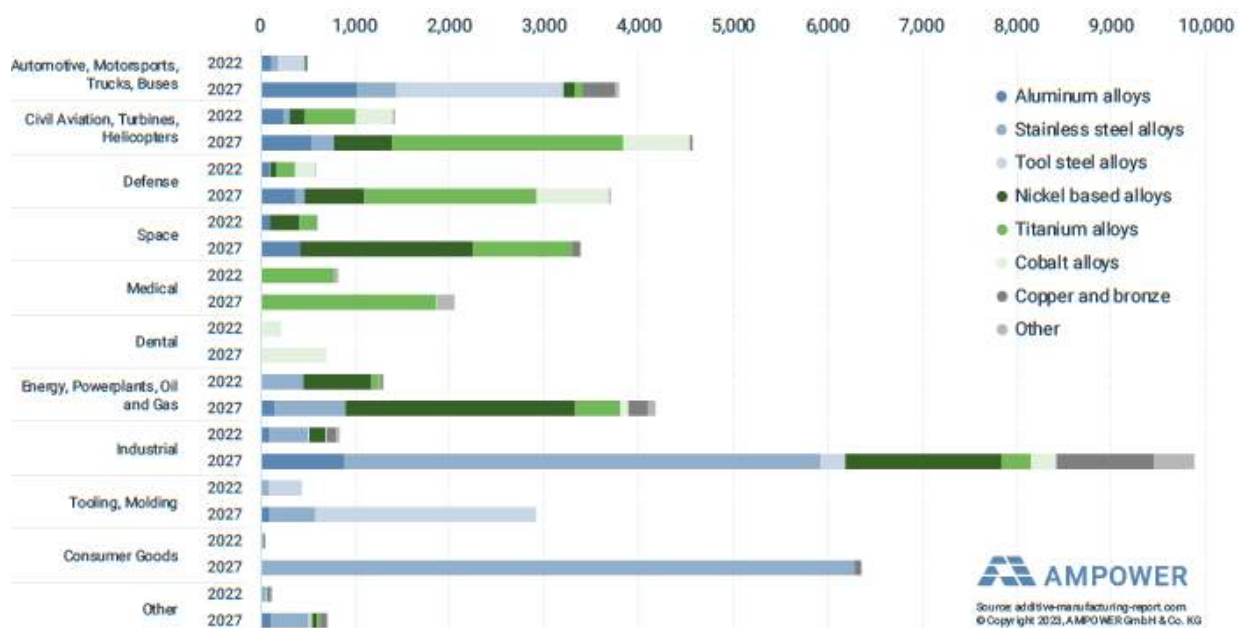


Figure 7 : Consommation en tonnes des alliages en fonction du secteur. Source : AMPOWER

En conclusion, la FAM connaît actuellement une forte croissance en raison du développement de nouveaux procédés et du perfectionnement de leur maîtrise. Les prévisions pour 2027 indiquent que la croissance devrait s'accélérer, et elle s'accompagnera d'une augmentation de nombre de machines vendues et du volume de matière consommée, quel que soit le secteur et la technologie.

Actuellement, les Etats-Unis et la Chine représentent 90% des investissements dans la FA.

2. UNE OFFRE PLETHORIQUE DE PROCÉDES FAM

Les technologies et les procédés de Fabrication Additive Métallique sont très nombreux sur le marché comme l'illustre la Figure 8 ci-dessous.

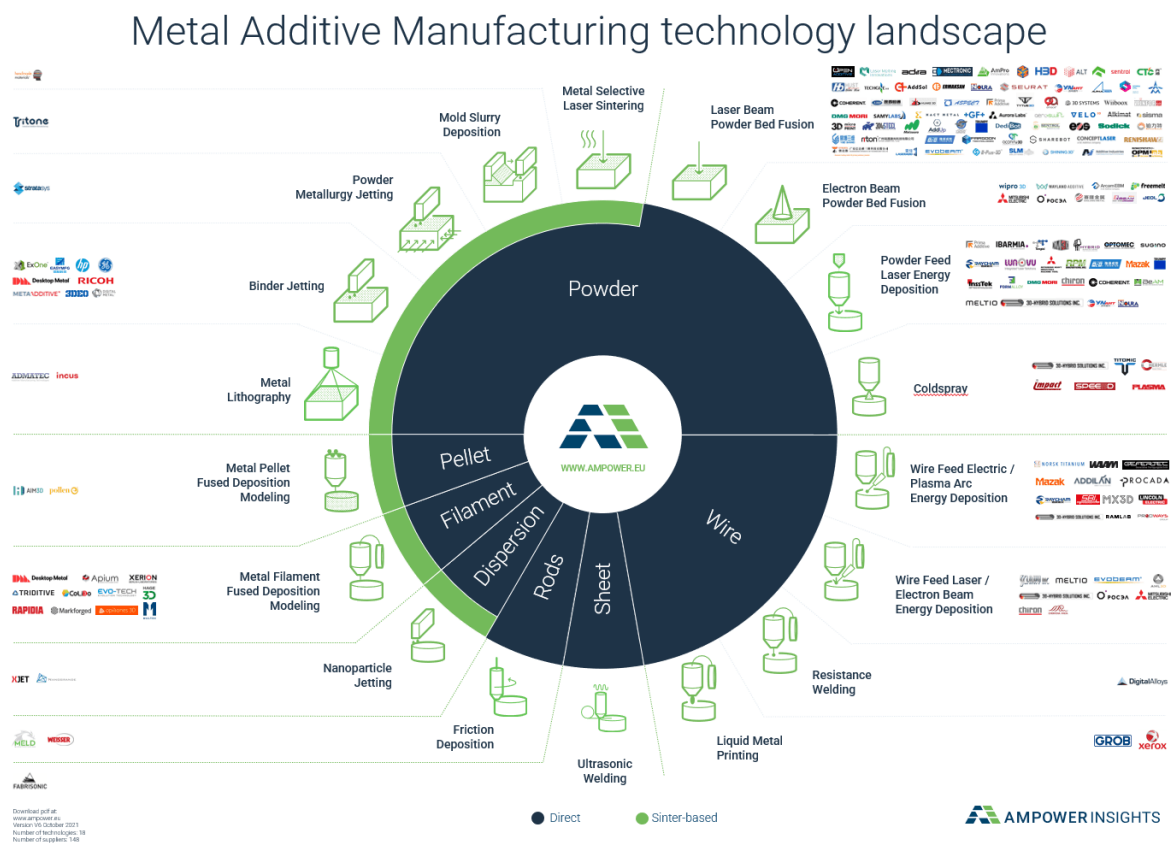


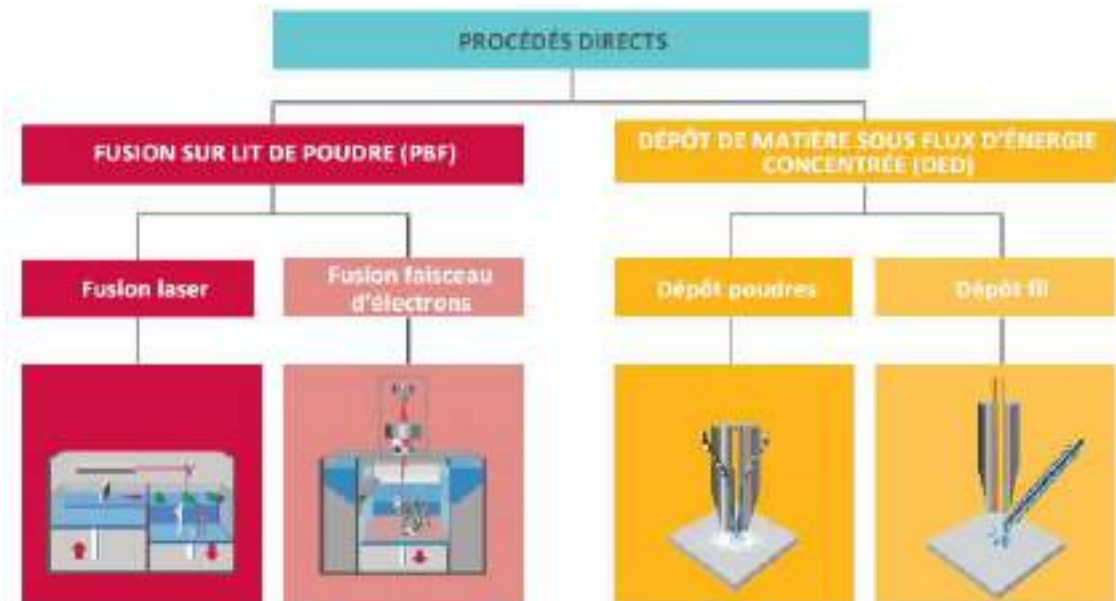
Figure 8 : Panorama des technologies de FAM et des fournisseurs d'équipements - AMPOWER

Dans cette offre pléthorique, les entreprises industrielles se posent énormément de questions sur les enjeux de la FA et la stratégie à mettre en œuvre eu égard à toutes les questions posées :

- Quel est le niveau de maturité des technologies ?
- Quels sont les risques d'obsolescence ?
- Quels intérêts mes clients portent à la FA ?

La fabrication additive métallique regroupe un ensemble de technologies qui peuvent être regroupées en deux catégories (Figure) :

- Les procédés indirects dont les pièces issues d'impression nécessitent une deuxième étape pour obtenir une pièce solide (impression de pièces à vert + frittage ; impression d'un moule + fonderie) ;
- Les procédés directs où les pièces sorties d'impression ont leurs propriétés mécaniques finales (hors post-traitement).



* Ces procédés consolident la matière première en une seule étape mais nécessitent de multiples étapes pour obtenir la pièce finie (traitement thermique, découpe des supports, finition de surface...)

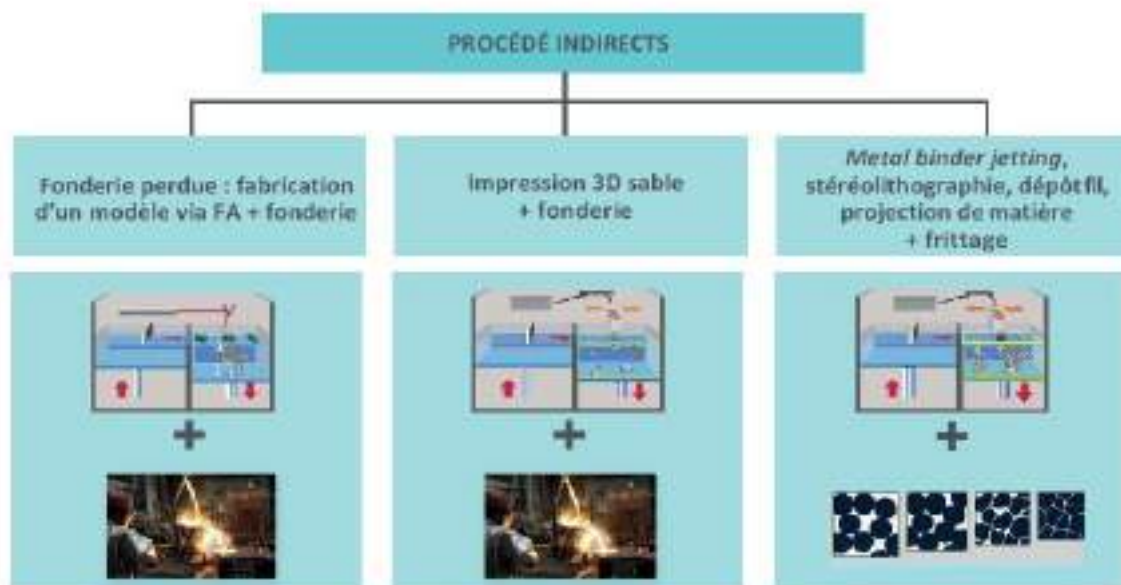


Figure 9 Catégories de procédés de FAM et procédés les plus courants. Source : Fabrication additive métallique – Les Fondamentaux (CETIM)

Le choix du procédé d'impression se fait selon :

- Le matériau mis en œuvre et sa forme (poudre, fil, granulé, feuillard, liquide) ;
- La source d'énergie utilisée (laser, faisceaux d'électrons, liant, arc électrique, jet à haute pression etc.) ;
- Le moyen de consolidation de la matière (procédé direct ou indirect) ;
- La dimension des pièces (Figure 10).

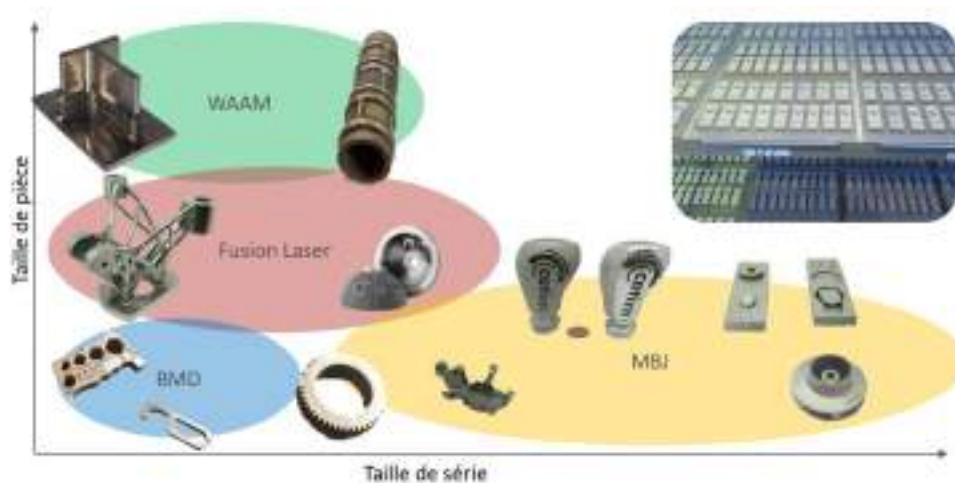


Figure 10 *Compromis entre taille des pièces et taille de série pour différents types de procédés de FAM*

3. ENJEUX POUR LES ENTREPRISES

L'étude FANI a pour but de mesurer les opportunités potentielles offertes par la Fabrication Additive Métallique pour les secteurs des énergies et du naval. L'intérêt de cette analyse est de la mener dans un écosystème pertinent associant toute la supply-chain : du grand industriel exploitant à la sous-traitance de niveau 1 à niveau 3.

Suivant leur niveau de connaissance de la fabrication additive, les entreprises industrielles partenaires attendaient de l'étude FANI qu'elle puisse leur apporter des réponses sur :

- Le niveau de maturité des technologies ;
- Les procédés FA les plus adaptés à leur production ;
- Le processus d'intégration de la FA dans l'entreprise ;
- L'analyse sur des cas concrets des gains réels pouvant être apportés par la FA ;
- Le coût des équipements et l'identification des fournisseurs ;
- La performance économique atteinte par la FA ;
- L'identification des zones de synergie et de recouvrement entre les secteurs industriels.

4. ANALYSE DES OPPORTUNITES INDUSTRIELLES DE LA FAM

4.1. Tableau d'identification des pièces

Lors des échanges avec chaque industriel un tableau d'identification, illustré sur la Figure 81, a été complété afin de recenser des pièces significatives où la FAM pourrait apporter des opportunités industrielles significatives.

Les choix des pièces ont été définis en fonctions des gains recherchés suivants :

- Temps de production des pièces ;
- Difficulté d'approvisionnement (délai, sécurisation) ;
- Qualité ;
- Coûts ;
- Souveraineté ;
- Amélioration des performances (allègement, encombrement, etc.).

En lien avec les 15 industriels mobilisés, il a été identifié un grand nombre de pièces. Une hiérarchisation a été mise en œuvre en prenant en compte plusieurs critères de choix :

- Les enjeux industriels associés à la pièce (forts gains potentiels identifiés, absence de fournisseurs, perte de compétences industrielles, etc.)
- Le niveau de sûreté ou de sécurité : les pièces à très forte valeur ajoutée peuvent être concernées par un haut niveau de sûreté ou de sécurité eu égard aux secteurs industriels ciblés. Ce haut niveau de sûreté / sécurité induit un processus de qualification et de certification exigeant nécessitant souvent plusieurs années. Dans une logique de montée en compétence progressive, toutes les pièces ont été analysées mais il a été privilégié les pièces à faible niveau de sûreté / sécurité pour cibler une intégration à court terme.
- La capacité à intégrer la FAM dans l'entreprise.

Pour chaque pièce, un matériau compatible avec la FAM a été sélectionné, et une matrice de choix a été réalisée pour déterminer quel procédé de FAM est le plus pertinent pour son impression.

Au total, 110 pièces ont été analysées dans le cadre du diagnostic FANI avec les industriels associés.

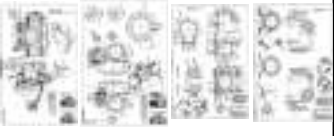


Pièce	Illustration	Plan	A COMPLETER PAR L'ENTREPRISE			A		Remarque (pour les pièces retenues)	
			Dimensions globales extérieures	Masses (kg)	Volume	Type de matériaux (nuance d'acier, etc.)	Matériau de substitution proposé par CICTM (parmi les usages FA)		Technologies FA à privilégier
Ebauche de Corps de PELA			Ø1000 x 500			Ta6V	Ta6V	WAAM	Manque info masse ou volume ainsi que visuel pièce
Ebauche de Corps de PELA			Ø600 x 500			CuAl10 (aluminium bronze)	Aluminium ?	WAAM	Manque info masse ou volume ainsi que visuel pièce Matériau de substitution proposé ok ?
Corps Sectionnement d'échappement BQ	320kg pour l'ébauche de l'intérieur du corps, 300kg pour l'enveloppe extérieure		Plan 1: 42368020410000 Plan 2: 10dm que plus ? Plan 3: 42368204116 Plan 4: 10dm que plus ?			S355	matériau apport soudage	WAAM / SLM grande dimension	Il s'agit d'un assemblage de plusieurs pièces, l'étude sera réalisée sur l'ensemble ou sur une pièce spécifique au sein de cet assemblage ? Matériau diffère entre les deux lignes relatives à cet assemblage, matériau de substitution proposé ok ? Manque info de soit masse soit volume
Corps Sectionnement d'échappement BQ						CuAl ?	Aluminium ?	WAAM	Il s'agit d'un assemblage de plusieurs pièces, l'étude sera réalisée sur l'ensemble ou sur une pièce spécifique au sein de cet assemblage ? Matériau diffère entre les deux lignes relatives à cet assemblage, matériau de substitution proposé ok ? Manque info de soit masse soit volume
Nauvis de berceaux			55x130x55	231		Nuance S355	Acier 316L	WAAM + SLM grande dimension	Masse volumique matériau initial ? Si non OK pour premier chiffrage

Figure 8 : Capture d'écran de la fiche utilisée pour la sélection des procédés de FAM pour le diagnostic FANI

4.2. Choix des procédés FAM

Différents critères peuvent être pris en compte, les plus importants techniquement étant la disponibilité du matériau souhaité, la taille et la géométrie de la pièce vis-à-vis du procédé ainsi que la maturité et la disponibilité de la technologie en sous-traitance. Un exemple de matrice de choix est donné sur la Figure 9.

Technologie	Critères VS Application			
	Aluminium, Base Acier ou Inox disponible ?	Taille de pièce adéquate ?	Géométrie éligible ?	Maturité de la technologie ?
Fusion Laser sur lit de poudre (LBM)	oui, Inox ou Aluminium	Oui	Oui, peu de support à enlever	Oui, beaucoup de sous-traitance
Impression 3D Métal - Jet de liant (MBJ)	oui si Inox (ex: 316L, 17-4PH) ou Base Acier, Aluminium en développement	Non, pièce trop massive (risque de fissuration au frittage)	Oui	En devenir, moins de sous-traitance
Dépôt poudre DED	oui si Inox (ex: 316L) ou Base Acier, Aluminium chez Optomec	Oui	Non, (sinon pièce à reprendre en usinage en totalité -> état de surface)	Oui mais moins de sous-traitance
Dépôt fil DED	oui Inox, Aluminium ou Base Acier	Non, pièce trop petite	Non, (sinon pièce à reprendre en usinage en totalité -> état de surface)	En devenir, moins de sous-traitance

Figure 92 : Exemple de matrice de choix pour la sélection d'un procédé de FAM.

Les principaux procédés FAM ont été présentés aux industriels, toutefois, seules les technologies les plus matures et déjà bien implantées dans l'industrie ont été présélectionnées. Elles sont les suivantes : la fusion laser sur lit de poudre, l'impression par jet de liant sur lit de poudre, le DED-poudre et le DED-fil. Ce choix est cohérent avec les travaux de vieille réalisés par AMPOWER (Figure 5).

Des technologies à potentiel adaptées à certaines productions ont été identifiées mais la maturité des technologies n'est pas suffisante pour les retenir dans le diagnostic FANI et dans les projets industriels à court terme.

4.3. Résultats de l'analyse des pièces

Grâce à la compilation des pièces éligibles et du tableau d'identification, il a été possible de déterminer quelles sont les technologies de FAM et les matériaux à privilégier (Figure 10 et Figure 11 respectivement).

Pour 59% des pièces, le procédé DED-fil (WAAM) a été identifié comme étant le procédé le plus adapté. Ce choix est principalement lié aux dimensions des pièces, qui sont trop importantes pour être atteignables avec d'autres procédés.

L'autre technologie identifiée est la fusion laser sur lit de poudre (L-PBF). Deux autres procédés ont aussi été identifiés pour certaines pièces le DED poudre et le Metal Binder Jetting.

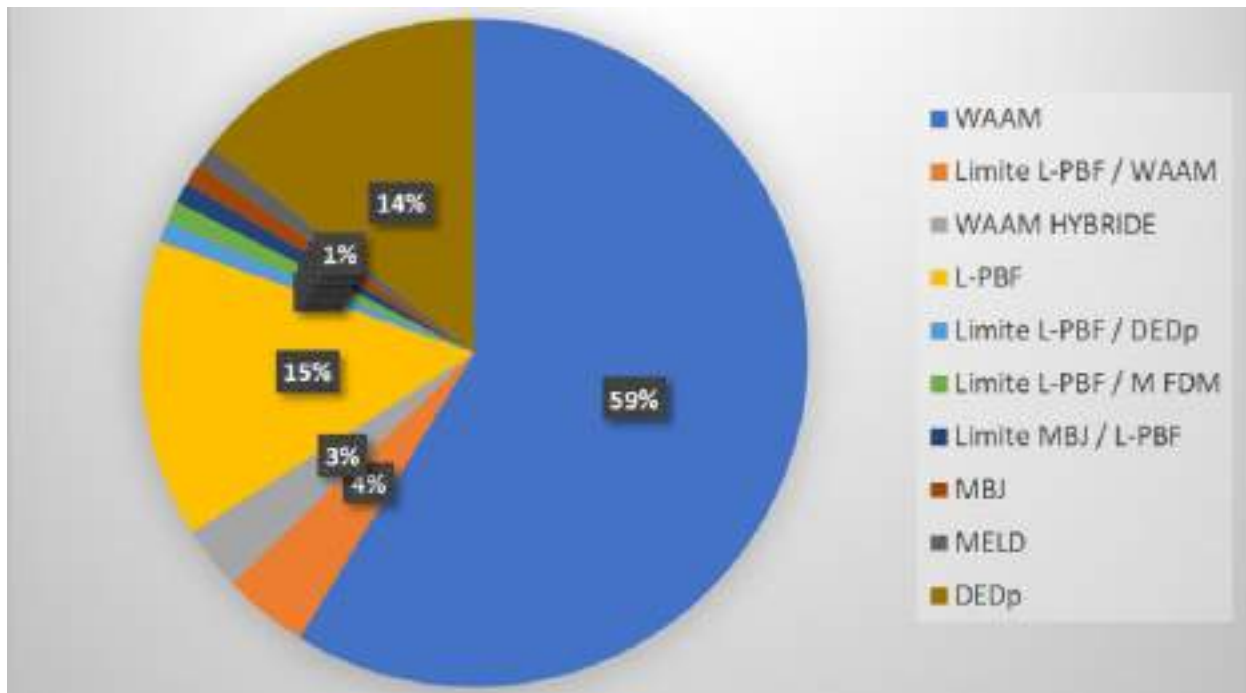


Figure 10 : Technologies de FAM à privilégier

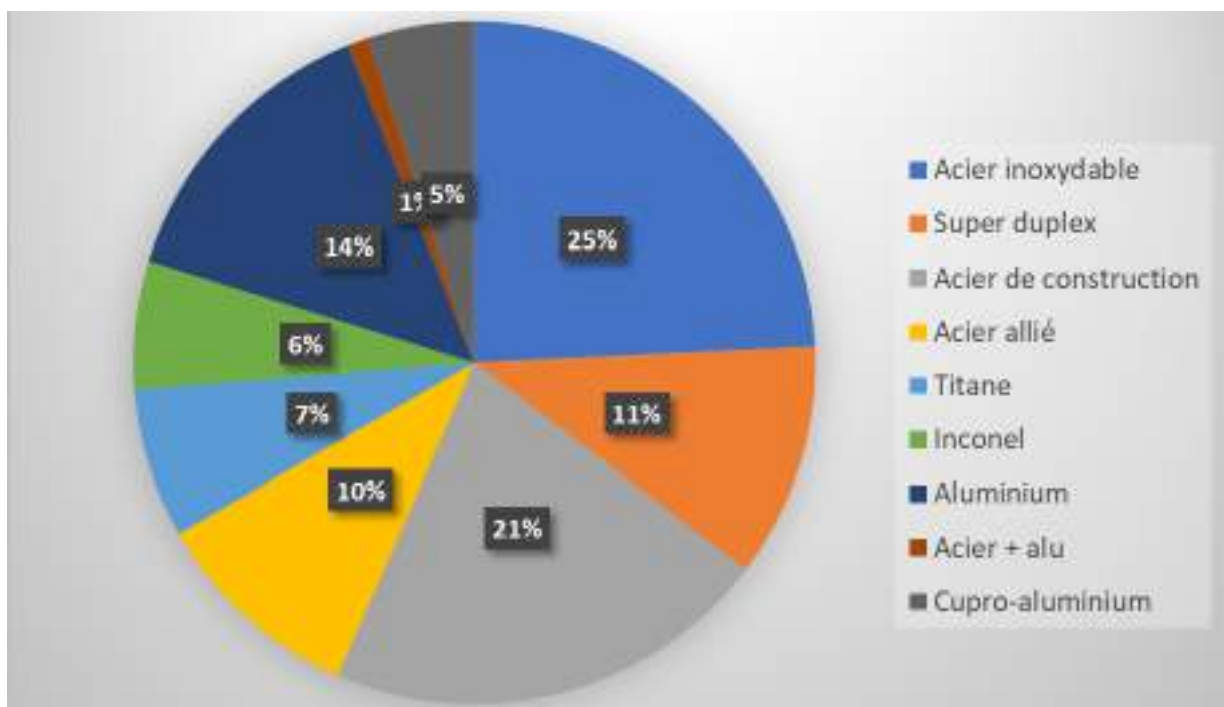


Figure 11 : Matériaux identifiés

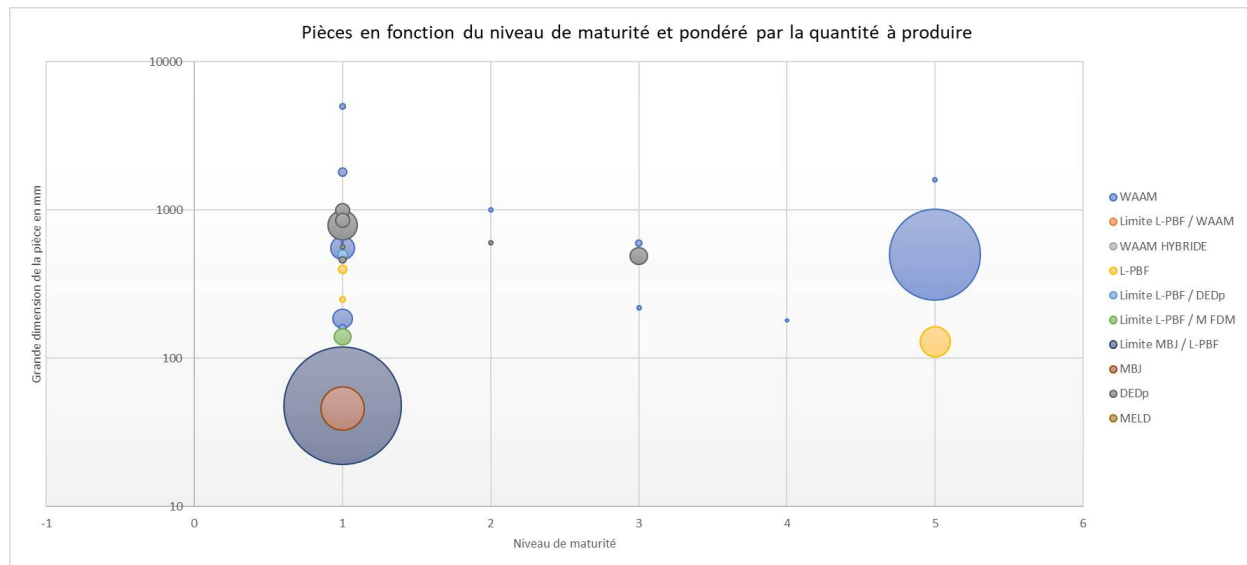


Figure 125 : Tableau d'analyse des pièces en fonction de la maturité process/matériau

L'analyse des 110 pièces identifiées permet de mettre en évidence la prépondérance des cas de type chaudronnerie.

La technologie adaptée pour ces pièces de gros volume est la FA par dépôt de fil DED : « Direct-Energy-Deposition » : WAAM ou LMD-W. Cette technologie présente deux intérêts :

- La possibilité de fabriquer la pièce à 100%
- La possibilité de fabrication par ajout de fonction : réalisation des parties fonctionnelles par ensembles usinés et raccordement par FA.

5. PRESENTATION DES PROCÉDES SELECTIONNES

Les procédés sélectionnés sont le WAAM (Wire-Arc Additive Manufacturing) et la Fusion Laser sur Lit de Poudre (LPBF). Le fonctionnement de ces procédés, les matériaux qu'ils peuvent mettre en forme, ainsi que leurs coûts sont détaillés dans cette section.

5.1. Procédé WAAM

Comme illustré sur le schéma de la **Figure 13**, le dispositif WAAM est composé d'un système d'alimentation en fil, à la sortie duquel un arc électrique sert à faire fondre le matériau au fur et à mesure qu'il se dépose. L'apport de matériau peut se faire coaxialement à la source d'énergie ou sur le côté (off-axis). Ce dépôt se fait sous protection gazeuse localisée ou encore sous inertage global de l'enceinte de fabrication. Cette technologie est issue du rechargement et du soudage.

Le procédé WAAM correspond à une cellule robotisée de soudage.

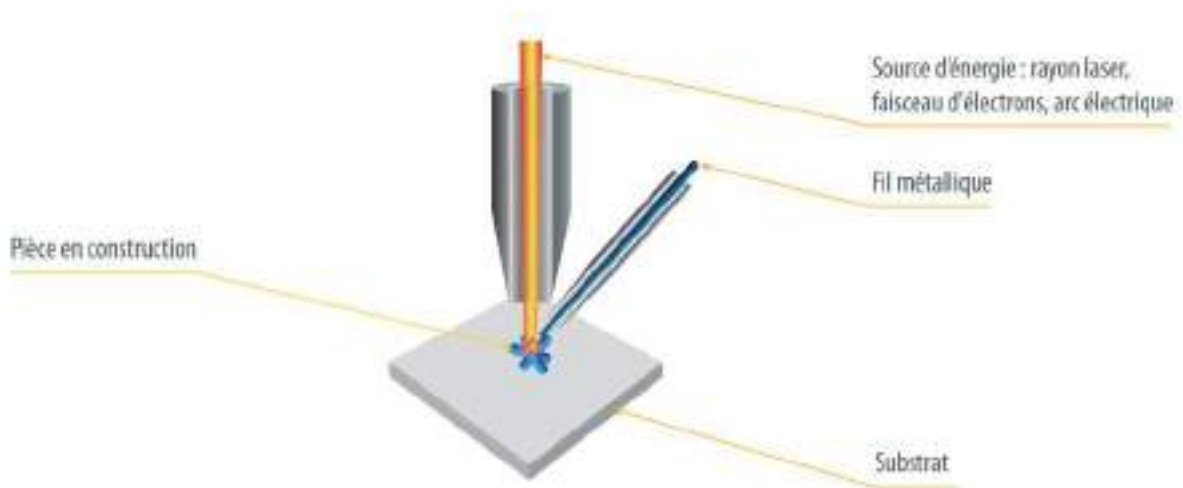


Figure 13 : Schéma de principe du fonctionnement du WAAM. Source : Fabrication additive métallique – Les Fondamentaux (CETIM)

Le procédé WAAM se différencie des autres procédés de fabrication additive métallique notamment par la méthode de mise en forme des composants et par la source d'énergie utilisée. Ces avantages ne sont donc pas identiques aux autres procédés de fabrication additive métallique.

Il est plus difficile de réaliser des pièces complexes, de personnaliser et/ou de fonctionnaliser des composants à partir du procédé WAAM.

En revanche le procédé WAAM a également ses avantages et permet :

- **La réalisation de pièces de grandes dimensions** : pièces de plusieurs mètres ;
- **L'ajout de fonction et la réparation de composant** ; cela est vrai pour tous les procédés DED mais particulièrement pour les procédés à l'arc qui ont l'avantage d'être à coût faible et dispose d'une flexibilité d'implémentation élevée ;
- **La réduction du ratio « Buy to Fly »** ;
- **La réduction du « Lead time »** ;
- **De diminuer les contraintes HSE (Hygiène Sécurité Environnement) liés aux procédés de fabrication additive** nécessitant de la poudre réduisant ainsi ces contraintes aux risques liés aux fumées de soudage, aux risques liés à l'arc électrique et aux risques liés aux mouvements du robot.
- La réalisation de composants avec **un métal d'apport bon marché**.

Cependant le procédé WAAM a également des limites.

Les déformations sur le composant peuvent être importantes suite à un niveau de contraintes résiduelles importantes accumulées pendant le process. La gestion de la thermie et les post-traitements appliqués ne doivent pas être négligés. De plus, l'état de surface obtenu avec ce procédé est également grossier et un usinage est très souvent nécessaire.

5.1.1. Illustration de projets industriels réalisés par le procédé WAAM

Des premières applications industrielles significatives démontrent l'atteinte d'un certain niveau de maturité de cette technologie, à l'image des exemples présentés ci-après.

Lanceur de Relativity Space (Etats-Unis)

Fondée en 2015, l'entreprise américaine Relativity Space souhaite révolutionner l'accès à l'espace en baissant le coût d'un lancement en faisant appel aux nouvelles technologies. Forte d'un peu plus de 700 employés, la firme basée à Long Beach en Californie, a pour ambition de concevoir la première fusée entièrement imprimée en 3D et réutilisable, Baptisé Terran R (66 m de haut qui vise 20 tonnes sur orbite basse).

Pour parvenir à son objectif, l'entreprise aérospatiale a développé un processus de Fabrication Additive Métallique, dérivé du procédé WAAM, qui lui permet de créer plus de 85% des composants de ses fusées. Une approche qui réduit drastiquement le nombre total de pièces par rapport aux méthodes traditionnelles. L'entreprise affirme qu'il ne faudrait pas plus de 1 000 pièces pour construire sa fusée, contre 100 000 en temps normal.

Avant de s'attaquer au Terran R, Relativity Space a conçu le Terran 1, un petit lanceur de 35,2 m de haut destiné à tester le concept et la technologie. **Le 22 mars 2023, l'entreprise a procédé à son vol inaugural** dont le but principal était de passer le max Q (soit la pression dynamique maximale où le lanceur subit les plus grandes contraintes aérodynamiques généralement peu de temps après le décollage). Même si Terran 1 n'a pas encore atteint l'orbite terrestre, le lanceur a passé avec succès l'étape du max Q, 80 secondes après l'envol.

Ce premier vol est d'ores et déjà une réussite, Relativity Space est devenue la première entreprise à faire décoller une fusée quasiment entièrement imprimée en 3D.



Hélice de navire par Naval Group (France)

En janvier 2021, Naval Group et le service de soutien de la flotte ont présenté une hélice de navire imprimée par fabrication additive, en l'occurrence par dépôt de fil en cupro-aluminium. Jusqu'à présent, ces pièces étaient fabriquées par fonderie, puis usinées.

Selon Naval Group, il s'agit d'une première au regard de la taille de cette hélice, avec ses cinq pales de 200 kg chacune pour une envergure totale de 2,5 mètres. L'hélice a été a été montée sur le navire « Andromède », un chasseur de mines, dans le cadre d'une opération de maintien en condition opérationnelle (MCO). **Le fait d'installer sans restriction une pièce maîtresse aussi innovante sur un navire partant en mission est aussi une première pour l'industriel.**

Naval Group travaille depuis 2016 sur la FAM avec plusieurs partenaires, dont Centrale Nantes . En 2018, le groupe a installé sur son usine d'Indret, près de Nantes, un outil de fabrication additive. Cette cellule robotisée, réalisée avec Yaskawa, met en oeuvre une technologie additive inspirée du soudage de type WAAM.



Pont Oudezijds Achterburgwal par MX3D (Pays-Bas)

Le 15 juillet 2021, un pont en acier inoxydable enjambant le canal Oudezijds Achterburgwal d'Amsterdam (Pays-Bas) a été inauguré. Long de 12,1 mètres, et pesant 4,5 T, **le pont a été intégralement imprimé en 3D**. Il est le fruit d'une collaboration entre le cabinet d'architecture Joris Laarman Lab, le cabinet d'ingénierie Arup et l'entreprise spécialisée dans l'impression 3D MX3D, tous trois situés aux Pays-Bas.

MX3D a créé un logiciel intelligent qui transforme les machines à souder en robots d'impression 3D. Contrairement aux ponts classiques pensés comme un "U", le pont en acier est dessiné en forme de "S". **Des simulations numériques ont été réalisées afin d'éliminer les excès de matériaux**, en apprenant à l'algorithme à reconnaître les parties du pont les moins cruciales.

La conception du pont ne s'est pas limitée à élaborer et à construire l'ouvrage. Un consortium de mathématiciens de l'institut Alan Turing (Londres) s'est associé à MX3D pour **déployer un réseau de capteurs intelligents** afin de développer une nouvelle approche d'ingénierie centrée sur les données pour les structures imprimées en trois dimensions. La Commission européenne a également récompensé le projet, qui a contribué à définir des méthodes algorithmiques basées sur les données pour évaluer la sécurité du pont.



Comparaison des coûts de production d'une pièce mécanique

avec un brut issu du procédé WAAM

Conventional Manufacturing

Material: 1.4305



Raw Material
85 kg
Blank costs: 1.000 €



Milling
Chips: 67 kg (80%)
Milling costs: 3.500 €



Finished Part
18 kg
Total costs: 4.500 €

3DMP®

Material: 1.4316



Printed Blank (6.5 h)
25 kg (printed volume: 17 kg)
Blank costs: 750 €

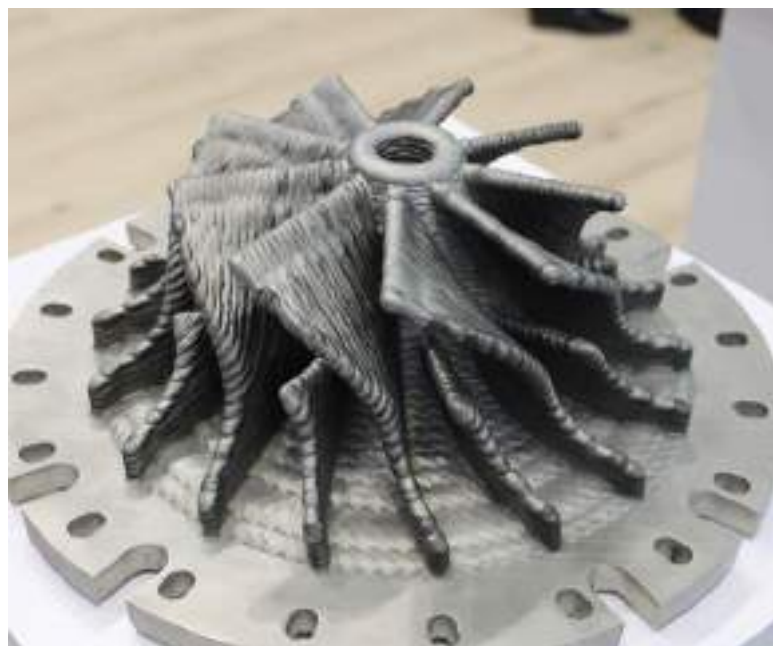


Milling
Chips: 7 kg (28%)
Milling costs: 1.250 €



Finished Part
18 kg
Total costs: 2.000 €

Exemple d'optimisation du brut pour une roue de compresseur gaz en fabrication WAAM



Safran réalisé en WAAM

Cette pièce en aluminium est réalisée en chaudronnerie. Le passage en fabrication additive permettrait d'optimiser la rigidité de celle-ci en reconcevant la structure interne comme illustrée par le cas réalisé chez MX3D pour un constructeur naval hollandais.



5.1.2. Matériaux WAAM

Comme mentionné précédemment, la technologie WAAM est issue du soudage et du rechargement à l'arc. Ainsi, les matériaux en fil utilisés en tant que métal d'apport peuvent être réutilisés en WAAM. Sur la Figure sont listés les principaux matériaux disponibles sous forme de fil.

Source : Gefertec	Ni-Based:	Non ferreux:
Steel:	1.3912 (Ni 36)	3.7165 (Ti6Al4V)
1.2343 (acier à Outil)	2.4856 (Alloy 625)	2.0921 (Copper based)
1.2367 (acier à Outil)	2.4668 (Alloy 718)	
1.4718 (acier à Outil)		
1.3346 (hard-facing steel)		
1.4718 (hard-facing steel)		
1.4316 (Inox)		
1.4370 (Inox)		
1.4332 (Inox)		
1.4430 (Inox)		
1.4551 (Inox)		
1.4462 (high-alloyed CrNi – Duplex)		
1.5112 (mild steel)		
1.5125 (mild steel)		
1.5130 (mild steel)		
1.6834 (low-alloy)		
	Alu:	
	3.0805 (Al99,5Ti)	
	3.2245 (4043 AlSi5)	
	3.2315 (6082 AlMgSi1)	
	3.2371 (4018 AlSi7)	
	3.3206 (6063 AlMgSi0,7)	
	3.3536 (5754 AlMg3)	
	3.3548 (5183 AlMg4,5Mn)	
	3.3556 (5356 AlMg5)	
	3.3546 (5087 AlMg4,5Mn2r)	



+ tout autre matériaux soudable

Figure 17 : Fils disponibles

5.1.3. Approche de chiffrage pour le WAAM

Le procédé WAAM permet des taux de dépôt important ce qui le différencie de certains procédés de fabrication additive métallique, notamment des procédés « lit de poudre ». Les taux de dépôt sont généralement compris entre 1 et 5 kg/heure en moyenne. Ils dépendent des paramètres de fabrication, du métal d'apport, des dimensions de la pièce à fabriquer, des temps d'arrêt imposés, des systèmes de refroidissement de l'enceinte, etc. Des taux de dépôt plus important peuvent être atteints (~ 10 kg/h), mais cela diminue la qualité du dépôt et augmente par conséquent les coûts d'usinage. Les taux de dépôt typiques par matériau sont les suivants :

- Aluminium ~ 1 à 2 kg/ h
- Acier ~ 3 à 4 kg/ h
- Base-Ni ~ 3 à 4 kg/h
- Titane ~ 3 à 4 kg/h.

Les consommables utilisés en soudure sont les mêmes que pour le WAAM. Ainsi, le fil pouvant être utilisé est de diamètre compris entre 0,8 et 1,6mm. En WAAM, il s'agit généralement de fil de 1,0 mm ou de 1,2 mm de diamètre.

Le poids est un élément dimensionnant pour la fabrication d'une pièce en FA type WAAM, il est important d'optimiser ce poids dans la reconception FA.

De plus, l'amortissement du procédé est à prendre en compte. Un système WAAM coûte généralement plus de 500 000 € [2], [3].

5.1.4. Exemples de pièces WAAM analysées dans le cadre du diagnostic FANI

Afin d'évaluer la performance économique du procédé WAAM pour le diagnostic FANI, plusieurs cas ont été chiffrés au moyen de la feuille de calcul réalisée par le CETIM. Celle-ci prend en compte les paramètres techniques d'une cellule WAAM et son environnement.

Liste matériaux			
Matériaux	Diamètre Fil (mm)	Prix (€/kg)	Masse volumique (kg/m ³)
316L RCCM ø1.2	1,20	10,00	8000,00
X90lg ø1.2	1,20	7,50	8000,00
Inconel 625 ø1.2	1,20	56,00	8440,00
Aluminium ø1.2	1,20	15,00	2700,00
Maraging (type marval 18S)	1,20	150,00	8000,00
Inconel 718 ø1	1,00	6000,00	6000,00
ta6v ø1.2	1,20	180,00	4430,00
Liste gaz			
Type gaz	Prix(€/kg)		
M12	1,00		
M14			
procédé	rendement matière		
GMAW	0,91		
GTAW	0,95		
PAW	0,95		
OUJ			
NON			

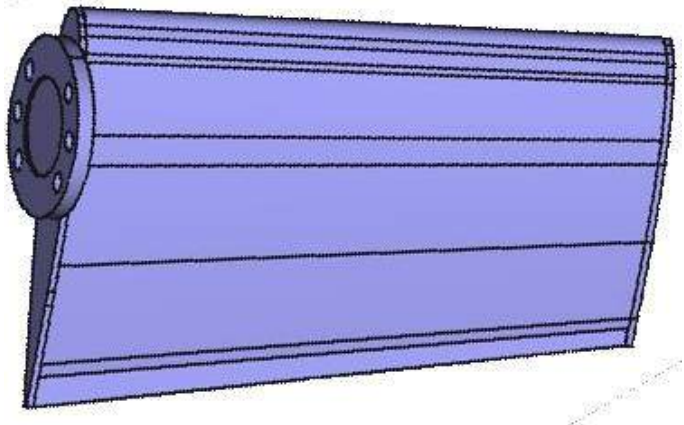
Hypothèse : productivité	
Diamètre fil	1,20 mm
Diamètre fil	0,00 m
Section fil	0,00 m ²
Longueur fil	1,00 m
Volume fil	0,00 m ³
Masse volumique	8440,00
Masse fil	0,01 kg
Rendement	0,91
Masse fil pour 1m	8,69 g
Masse pièce	118,00 kg
Distance de fil nécessaire	13584,57 m
Vitesse fil (vitesse fil Max 12m/min)	8,00 m/min
temps de soudage	1698,07 min
Temps de soudage	28,30 h
Hypothèse : Coût fil	
Coût matière	56,00 €/kg
Coût consommation fil	6608,00 €
Hypothèse consommation gaz	
Débit gaz	22,00 L/min
Consommation gaz	37357,56 L
Coût GAZ	1,00 €
Coût consommation gaz	37357,56 €
En orange : Element à renseigner en fonction du jeu de paramètre mise en œuvre	

Coûts elec	
Energie électrique (€/kWh)	0,30
Consommation horaire (kW)	1,00
Coût horaire elec	0,30
Coûts de structure	
taux d'occupation de la machine	0,75
Nombre d'équipe	1,00
nombre d'heures opérationnelles par an (1er du 1er d'occupation)	1462,50
TRS (Taux de rendement spécifique)	0,30
nombre d'heures fonctionnement machine par mois	1317
NB : nombre d'heures fonctionnement machine par mois	109,75
Coûts horaire MO	
Coût horaire opérateur machine / docteurant	50,00
Coût horaire technicien	65,00
Coût horaire ingénieur fabrication	86,00
En orange : Element à renseigner	

Coût machine	
Investissement	
Achat machine	600000,00
Durée d'Amortissement (ans)	5,00
Coût annuel machine	120000,00
Coût horaire investissement	91,12
Structure	
maintenance	20000,00
structure loyer	31667,00
consommables	20000,00
Coût horaire structure	54,42
Coût horaire machine	145,53

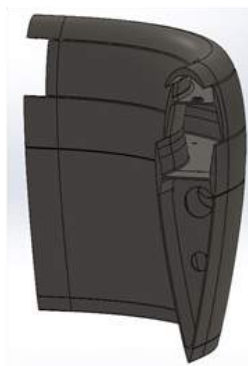
Cette méthode de chiffrage permet d'évaluer les coûts de revient de fabrication en fonction de différentes hypothèses. Voici quelques exemples de pièces évaluées avec des industriels pour le diagnostic FANI :

Evaluation du coût de production d'un safran

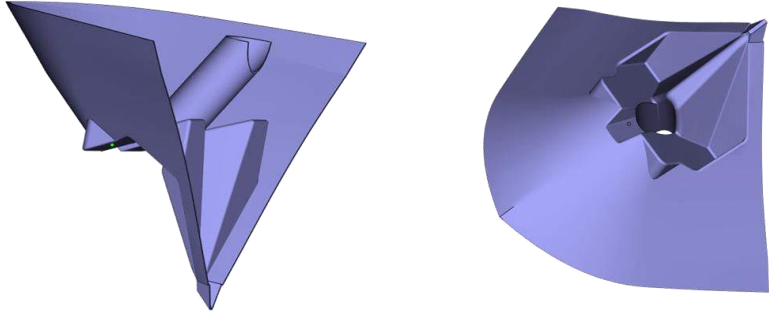
HYPOTHESE POUR CALCUL DE COÛT			COÛT ITEM			€/ Pièce	€/ Série	
Zones en bleu à renseigner			1 pièce			Série complète		
Informations matériaux								
Matériau	Aluminium 1.2		Fabrication	Taux horaires	30,39	€	5620	5620
				Amortissement	3 519	3 519 € / pièce		
Informations gaz				Maintenance	20000	€		
Gaz de soudage	M12			Loyer	31667	€		
Gaz d'inertage			Energie /coût fixes	Consommables	20000	€	2 101,4	2 101,4
				Energie	34,73684211	€/pièce		
Information procédé				Coût total	2 101,4	€/pièce		
Procédé sélectionné	GMAW		Main d'œuvre	Programmation	344	€	7885	7935
Information taux de dépôt théorique				Préparation série	15	65 €		
Taux de dépôt	1,33	Kg/h		Suivi de production	7526	7526 €		
Informtion production			Matière	Fil	15,00	€/kg	2310	2310
Nombre d'équipe de suivi de production	3			Coût matière	2310	€		
Information série			Substrat	0	0	0	0	
Taille de la série	1		Coût gaz soudage	0	€			
Données d'entrée pour 1 pièce			Gaz	Gaz d'inertage	0	0	0	0
Zones en bleu à renseigner			TOTAL			15815	15865	
Information pièce			Marge	30%				
Masse de la pièce	154	Kg	TOTAL avec marge			22593	22665	
Masse du substrat	20	Kg						
Substrat intégré à la pièce	NON							
Masse de matière à déposer	154	Kg						
Approvisionnement substrat nécessaire	Oui							
Prix substrat		€						
Temps de programmation total de la pièce	4	h						
Données de fabrication								
Information pour 1 pièce								
Temps préparation	0,30	h						
Temps de fabrication	115,79	h						
A noter : Les données de temps de fabrication sont des hypothèses qui ne prennent pas en compte les temps opérations ou arrêt durant la fabrication.								
Information série								
Temps préparation entre fabrication	1,00	h						
Temps de fabrication total	115,79	h						
A noter : Les données de temps de fabrication sont des hypothèses qui ne prennent pas en compte les temps opérations ou arrêt durant la fabrication.								
Rédacteur :								

Evaluation du coût de production d'une pale

HYPOTHESE POUR CALCUL DE COÛT		COÛT ITEM		€/ Pièce	€/ Série
Zones en bleu à renseigner		1 pièce			
Série complète		Série complète			
Matériau	Informations matériaux	Taux horaires	30,39	€	
	X90lg ø1.2	Amortissement	Coût total	4 154	4 154 €/ pièce
Gaz de soudage	Informations gaz	Maintenance	20000	€	
	M12	Loyer	31667	€	66,35
Gaz d'inertage	Information procédé	Energie /coût fixes	Consommables	20000	€
	GMAW	Energie	41,01265823	€/pièce	
Procédé sélectionné	Information taux de dépôt théorique	Coût total	2 481,0	9 924,0 €/pièce	
	GMAW	Programation	344	€	
Taux de dépôt	Information production	Main d'oeuvre	Préparation série	15	65
	3,95 Kg/h	Suivi de production	8886	35544	€
Nombre d'équipe de suivi de production	Information série	Prix	7,50	€/kg	
	3	Coût matière	4050	16200	€
Taille de la série		Substrat	Coût substrat	0	0
	4	Gaz	Gaz d'inertage	Coût gaz soudage	€
Données d'entrée pour 1 pièce		Coût gaz inertage		0	0
Zones en bleu à renseigner		TOTAL		19930	66232
Information pièce		Marge		30%	
Masse de la pièce	540 Kg	TOTAL avec marge		28472	94617
Masse du substrat	0 Kg				
Substrat intégré à la pièce	NON				
Masse de matière à déposer	540 Kg				
Approvisionnement substrat nécessaire	NON				
Prix substrat	€				
Temps de programmation total de la pièce	4 h				
Données de fabrication					
Information pour 1 pièce					
Temps préparation	0,30 h				
Temps de fabrication	136,71 h				
Information série					
Temps préparation entre fabrication	1,00 h				
Temps de fabrication total	546,84 h				
Réducteur :					



Evaluation du coût de production d'une proue et d'une boîte à ancre de navire

HYPOTHESE POUR CALCUL DE COÛT		COÛT ITEM			€/ Pièce	€/ Série		
Zones en bleu à renseigner			1 pièce	Série complète				
Informations matériaux			Taux horaires	30,39	€			
Matériau	X90ig 1.2	Fabrication	Amortissement	5 693	5 693 € / pièce	9093	15893	
Informations gaz			Maintenance	20000	€			
Gaz de soudage	M12		Loyer	31667	€			
Gaz d'inertage			Energie /coût fixes	20000	€			
Information procédé			Consommables	56,20253165	€/pièce			
Procédé sélectionné	GMAW	Energie	56,20253165	€/pièce				
Information taux de dépôt théorique		Coût total	3 399,9	10 199,7 €/pièce				
Taux de dépôt	3,95 Kg/h	Main d'œuvre	Programmation	344	€	12536	36941	
Informtion production			Main d'œuvre	15	65			€
Nombre d'équipe de suivi de production	3		Suivi de production	12177	36532			€
Information série		Matière	Prix	7,50	€/kg	5700	17100	
Taille de la série	3		Coût matière	5550	16650			€
Données d'entrée pour 1 pièce		Gaz	Substrat	150	450	0	0	
Zones en bleu à renseigner			Gaz d'inertage	0	0			€
Information pièce		TOTAL			27329	69933		
Masse de la pièce	740 Kg	Marge	30%					
Masse du substrat	20 Kg	TOTAL avec marge			39041	99905		
Substrat intégré à la pièce	OUI							
Masse de matière à déposer	720 Kg							
Approvisionnement substrat nécessaire	Oui							
Prix substrat	€							
Temps de programmation total de la pièce	4 h							
Données de fabrication								
Information pour 1 pièce								
Temps préparation	0,30 h							
Temps de fabrication	187,34 h							
	h							
	h							
Information série								
Temps préparation entre fabrication	1,00 h							
Temps de fabrication total	562,03 h							
Rédateur :								

5.2. Procédé DED poudre

Le procédé DED-poudre est très similaire au WAAM, mais il s'en différencie par le type de matériau d'apport, qui est sous forme de poudre, et par la nature de la source d'énergie, qui est un laser. La poudre est amenée jusqu'à la zone de fusion coaxialement au faisceau d'énergie, ce qui permet des dépôts multidirectionnels. Une illustration de système DED-poudre est donnée sur la Figure 14.

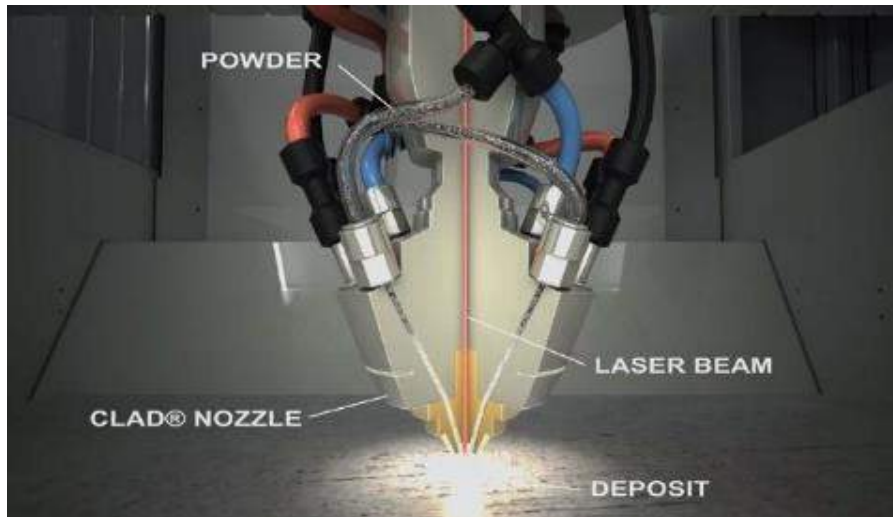


Figure 14 : Schéma de la tête CLAD® de l'Irepa Laser

Lors de l'impression, le mélange de différentes poudres via plusieurs distributeurs permet d'obtenir des matériaux à gradient de fonction, puisque que la composition chimique du matériau déposé peut évoluer.

Tout comme celle du procédé WAAM, la productivité du DED-poudre est importante, de l'ordre de plusieurs kilogrammes de matériau déposés par heure.

L'état de surface obtenu des pièces issues de DED-poudre est meilleurs que celui des pièces WAAM, avec un Ra de l'ordre de 4-10 μm [1].

Les avantages de cette technologie sont les suivants :

- Les pièces peuvent être de dimensions importantes (5000 x 3000 x 1000 mm) [1] ;
- Sa productivité (plusieurs kg/h) ;
- Possibilité de fabrication par ajout de fonction : réalisation des parties fonctionnelles par ensembles usinés et raccordement par FA ;
- Meilleur état de surface qu'en WAAM et qu'en L-PBF [1] ;
- Possibilité d'imprimer des matériaux à gradient de fonction par mélange de poudres.

Ces inconvénients sont les suivants :

- Fissuration des matériaux ayant une faible soudabilité (aciers Fe-C et alliage de base Ni) ;
- Contrairement au WAAM, l'utilisation de poudres augmente les contraintes HSE ;
- Génération d'importantes contraintes résiduelles ;
- Impossibilité d'imprimer des surfaces en porte-à-faux ;
- Complexité géométrique limitée ;
- Faible précision dimensionnelle (de l'ordre de 0,5 – 1 mm [1]) ;
- Faible maturité.

5.2.1. Illustration de projets industriels réalisés par le procédé DED poudre

Charnière de flaperon d'aile d'avion réalisé avec le procédé DED poudre



La réalisation de la charnière nécessite cinq fois moins de matière première via le procédé DED poudre par rapport à une fabrication taillée masse.



Tuyère



La réalisation de l'ébauche de la tuyère par le procédé DED poudre en remplacement d'un brut forgé a permis une réduction du délai de 18 à 4 mois lors d'une preuve de concept.

Réalisation d'une vis d'archimède en ajout de fonction sur un tube



5.2.2. Matériaux DED-poudre

Dans le Tableau 1 sont listés les matériaux les plus utilisés en DED-poudre. **Cette technologie est moins mature que le procédé L-PBF, et l'approvisionnement en poudre peut s'avérer plus complexe, d'autant plus que les fabricants de systèmes DED-poudre sont rarement fournisseurs de poudres.** Les difficultés liées à la fissuration des pièces lors de l'impression sont rencontrées en DED-poudre.

Tableau 1 : Liste de matériaux utilisés en DED-poudre. Source : AddUp

CATÉGORIES	PROPRIÉTÉS	MATÉRIAUX
ACIER INOXYDABLE	Résistance à la corrosion Bonnes propriétés mécaniques	SS 316L 17-4 PH
ACIER	Dureté élevée Grande résistance à l'usure Bonne usinabilité	Maraging Steel H13
ALLIAGE CHROME COBALT	Dureté élevée Grande résistance à l'usure Résistance à la corrosion	CoCrWC
ALLIAGE BASE NICKEL INCONEL	Haute résistance à la corrosion Haute résistance mécanique à haute température Bonne usinabilité	IN718 IN625 IN713 Hastelloy X
TITANE	Résistance à la corrosion Bonnes propriétés mécaniques Bonne usinabilité	Ti6Al4V
ALUMINIUM	Alliage léger Bonnes propriétés mécaniques	CuAl

5.2.3. Approche chiffrage du DED Poudre

Le procédé DED-Poudre, comme le WAAM, permet des taux de dépôt importants. Ils sont généralement de plusieurs kilogrammes par heure. Ils dépendent des paramètres de fabrication, du matériau imprimé, des dimensions de la pièce à fabriquer, des temps d'arrêt imposés, des systèmes de refroidissement de l'enceinte, etc.

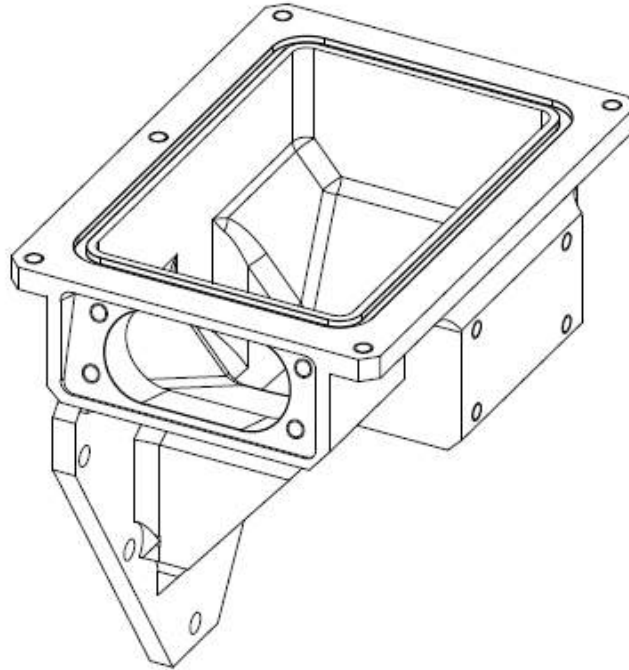
Un système DED-Poudre coûte généralement plus de 500 000 €. L'état de surface obtenu par DED-Poudre est meilleur qu'en WAAM (4 – 10 µm [1]), mais la précision dimensionnelle reste faible (0,5 – 1 mm [1]).

Le coût de la matière en poudre est supérieur à celui de la matière en fil. Ainsi, pour un même matériau, son coût sera plus important en DED-poudre qu'en WAAM.

5.2.4. Exemple de pièce DED-Poudre identifiée dans le diagnostic FANI

Trémie pour recyclage de combustibles

MASSE : 4,19kg



Cette pièce actuellement réalisée par usinage taillée masse pourrait être produite en DED-Poudre en 13h pour un coût de 4 500 € moyennant un redesign pour adaptation aux contraintes du procédé. La réduction de la consommation de matières premières et du temps d'ébauche en usinage seront d'autant plus importants.

Capot de moteur électrique

Ce capot électrique n'est plus disponible en pièce de rechange et nécessite le remplacement complet du moteur.

Il est étudié sa réalisation en FAM via le procédé DED-Poudre pour garantir une rapidité de réalisation et dans un matériau plus résistant (acier inoxydable).



5.3. Procédé L-PBF

Le procédé L-PBF est le procédé de FAM le plus mature et industrialisé (Figure 5). Les pièces issues de ce procédé sont obtenues couche par couche par fusion sélective laser de particules métalliques déposées en lits de poudre. Le schéma de principe du fonctionnement du procédé L-PBF est illustré sur la Figure 15, ci-après.

La distribution en poudre dans la machine se fait, soit via un bac d'alimentation dont le niveau est relevé par un piston, soit par une trémie. La poudre est ensuite étalée par un rouleau ou une racle. L'épaisseur de la couche varie selon le matériau, la machine et la puissance du laser mais reste de l'ordre de 20 à 100 μm . Le faisceau laser est souvent de type fibre ytterbium (Yb), d'une puissance de 200 à 1 000 W, et est orienté par des miroirs.

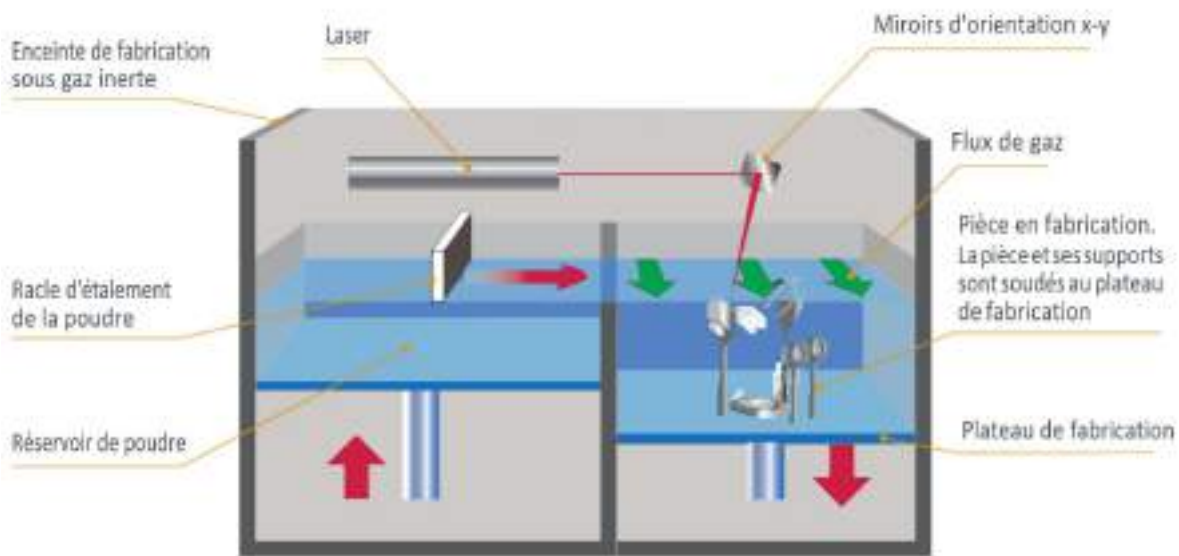


Figure 15 : Schéma de principe du fonctionnement du L-PBF. Source : Fabrication additive métallique – Les Fondamentaux (CETIM)

Les avantages de cette technologie sont :

- Un état de surface correct des pièces brutes, de l'ordre de 10 – 25 μm ;
 - Les surfaces fonctionnelles resteront à usiner ;
- La précision dimensionnelle, qui est de l'ordre de 0,04 – 0,2 mm ;
- La maturité du procédé.

Ses inconvénients sont les suivants :

- Sa faible productivité (de l'ordre de 15 cm^3/h par source laser, soit approximativement 120 g/h pour de l'acier contrairement aux 3 – 4 kg/h en WAAM) ;
- Difficulté à imprimer des surfaces en porte-à-faux ;
- Dimensions des pièces réduites (limitées à la taille du plateau de fabrication), de l'ordre de 500 x 280 x 320 mm ;
- Fissuration des matériaux ayant une faible soudabilité (aciers Fe C et alliage de base Ni) ;
- Contraintes HSE liées à l'utilisation de poudres métalliques et à la génération de nanoparticules métalliques lors de l'impression.

5.3.1. Illustration de projets industriels réalisés par le procédé L-PBF

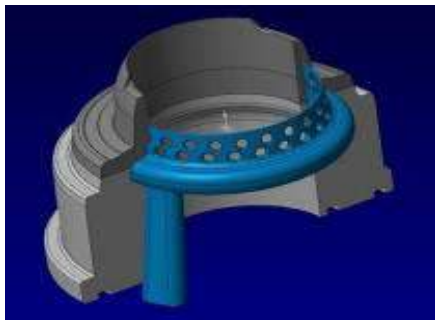
Injecteur kérozène pour réacteur avion – moteur leap,



Grâce à la réalisation en procédé L-PBF, les gains suivants ont été obtenus :

- Réduction de la masse de 25 % ;
- Augmentation de la fiabilité ;
- Augmentation de la durée de vie par 5 en réduisant le nombre de pièces à 1 au lieu de 20.

Outillage avec canaux de refroidissement pour l'injection plastique



La fabrication additive a permis d'intégrer dans le moule des canaux de refroidissement. Ce refroidissement localisé et optimisé dans le moule permet :

- L'amélioration de la qualité des pièces (santé matière)
- L'augmentation de la productivité des pièces produites par la réduction du temps de cycle.

Corps de missile



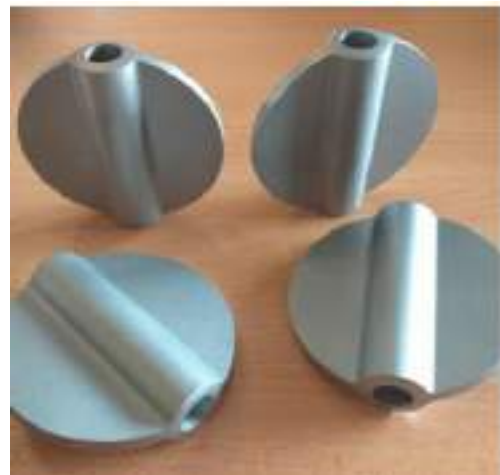
Grâce à la réalisation en procédé L-PBF, le corps de missile a été réalisé avec des économies substantielles sur la consommation de matières premières par rapport à de l'usinage taillé masse.

Papillon de vanne pour une centrale nucléaire

Il a été procédé à une reconception d'un papillon de vanne pour une centrale nucléaire.

Une fois cette reconception réalisée, la pièce a été réalisée en FAM via le procédé L-PBF.

La réalisation en FAM a permis de réduire le délai d'approvisionnement de 18 mois à 2 semaines diminuant d'autant les risques d'arrêt d'exploitation.



5.3.2. Matériaux L-PBF

Les matériaux disponibles pour l'impression LPBF sont récapitulés dans le

Tableau 2. De nombreuses poudres sont disponibles, mais elles ne présentent pas toutes la même facilité de mise en œuvre. En effet, les aciers reconnus pour leur bonne soudabilité (316L, maraging, etc.), ne présentent pas de difficulté à être imprimés, contrairement aux matériaux qui en tendance à fissurer après fusion, comme l'AISI H13 ou les superalliages base nickel.

Tableau 2 : Liste de matériaux maîtrisés en sous-traitance pour la fabrication de composants en fusion laser. Source : Matériaux disponibles en fabrication additive (CETIM) [4]

Nuances commerciales disponibles	
Titane	TiAl6V4 TiAl6V4 ELI T40 Ti Al6Nb7
Co-Cr	MP1, SP2
Aluminium	AlSi10Mg AlSi12
Acier Outils	Maraging 1.2709 H13
Base Nickel	Hastelloy X, Inco 625, Inco 718
Inox	Austénitique : 316L, 304L Martensitique : 15-5 PH, 17-4 PH
Autres	Or, Argent

5.3.3. Approche chiffrage du L-PBF

La productivité du procédé LPBF est inférieure à celle du procédé WAAM. Bien qu'elle dépende des paramètres d'impression utilisés (épaisseur de couche, écart-vecteur, vitesse de balayage, etc.) et de la nature du matériau mis en œuvre, elle sera toujours significativement inférieure à celle du WAAM. En effet, ce dernier peut imprimer plusieurs kilogrammes de matière par heure, alors que le LPBF peut imprimer des centaines de grammes par heure.

Le procédé LPBF permet cependant d'obtenir des pièces brutes d'impression de meilleures qualités. Contrairement aux pièces WAAM, les pièces LPBF ne nécessitent pas forcément d'opération d'ébauche lors de l'usinage. Les surfaces fonctionnelles nécessitent toutefois une opération de finition.

5.3.4. Exemple de pièces L-PBF évaluée pour le diagnostic

Té Hydraulique

Cette pièce de petite taille est actuellement taillée masse.

La production via le procédé L-PBF comporte des intérêts de réduction de coûts et d'optimisation de l'écoulement interne.



5.4. Procédé MBJ

Le principe de fonctionnement du procédé Metal Binder Jetting (MBJ) est illustré sur la Figure 16. Il repose sur le déliantage puis le frittage de pièces vertes. Il présente donc d'importantes similitudes avec le procédé Metal Injection Molding (MIM). Elles sont obtenues par déposition d'un liant sur un lit de poudre. Aucun support des pièces n'est nécessaire.

Contrairement aux autres procédés utilisant un lit de poudre (L-PBF, EBM), ou des procédés DED (WAAM et DED-poudre), les particules de poudre ne sont donc pas fusionnées lors de l'impression. Les problèmes de fissuration ne sont donc pas rencontrés lors de l'impression de la pièce verte.

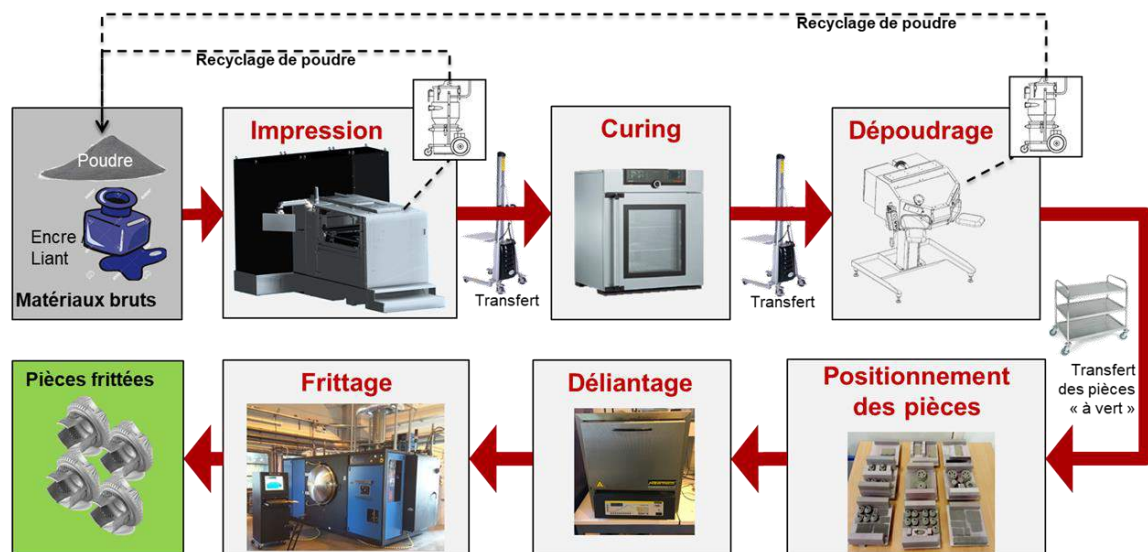


Figure 16 : Principe de fonctionnement du procédé MBJ

Les avantages de cette technologie sont les suivants :

- Aucun problème de fissuration car les particules de poudre ne sont pas fusionnées ;
- Sa productivité (150- 6000 cm³/h) ;
- Ne nécessite pas de support de maintien (des supports de frittage peuvent toutefois être nécessaires) ;
- Bon état de surface (Ra de l'ordre de 2 - 15 μm).

Ces inconvénients sont les suivants :

- Retrait anisotrope des pièces à maîtriser ;
- Le dépoudrage des pièces vertes est délicat ;
- Contraintes HSE liées à l'utilisation de poudres métalliques ;
- Taille des pièces limitée par la taille du plateau de fabrication (généralement de l'ordre de 350 x 220 x 200 mm).

5.4.1. Illustration de projets industriels réalisés par le procédé MBJ

Endoscope industriel produit par MBJ



La réalisation par le procédé MBJ permet de faire une production rapide d'une petite série sans outillages.

Bride hydraulique reconçue en MBJ



La réalisation par le procédé MBJ a permis de réduire de 40% la masse de la bride tout en conservant ses propriétés de tenue en fatigue et en optimisant les pertes de charge (réduction par trois).

Corps de vanne de régulation thermique de carburant en MBJ – Tracteurs John Deere

La réalisation de la pièce en procédé MBJ a permis d'optimiser le circuit de refroidissement du carburant et de supprimer tous les coûts d'outillage.



5.4.2. Matériaux MBJ

Le principe de fonctionnement du procédé MBJ est proche de celui du procédé Metal Injection Molding (MIM). En effet, les deux se basent sur le déliantage puis le frittage de pièces vertes.

Ainsi, un bon indicateur pour déterminer si un matériau peut être mis en forme par MBJ et son utilisation en MIM. Une large gamme de matériaux est donc disponible pour l'impression MBJ : des aciers à outils (H13, etc.), des aciers de construction (4140, etc.), des aciers inoxydables (17-4 PH, 316L, etc.), des alliages de tungstène, des CoCr, etc.

5.4.3. Approche chiffrage du MBJ

Comme expliqué précédemment, le Metal Binder Jetting est un procédé indirect, c'est-à-dire que les pièces imprimées doivent être déliantées puis frittées. Le MBJ nécessite donc, en plus de l'imprimante, un four de déliantage / frittage. Le prix minimum d'une imprimante MBJ est de l'ordre de 150 000 € [5], et celui d'un four de déliantage / frittage est d'approximativement 100 000 €. L'investissement dans d'autres périphériques peut également représenter un coût, comme une cabine de dépoudrage, une étuve, une tamiseuse, etc.

La productivité du procédé MBJ est supérieure à celle du procédé L-PBF, ce qui le rend économiquement intéressant pour la production de petites pièces en série.

L'état de surface correct des pièces issues de MBJ (Ra de 2 - 15 μm) ne rend pas obligatoire l'opération d'ébauche lors de l'usinage. Les surfaces fonctionnelles nécessitent toutefois une opération de finition.

5.4.4. Exemple de pièce MBJ évaluée dans l'étude

Té Hydraulique

Nous avons étudié la même pièce avec la technologie MBJ, le principal intérêt sera la réduction des opérations de finition des pièces grâce à la qualité de l'état de surface obtenu par cette technologie.

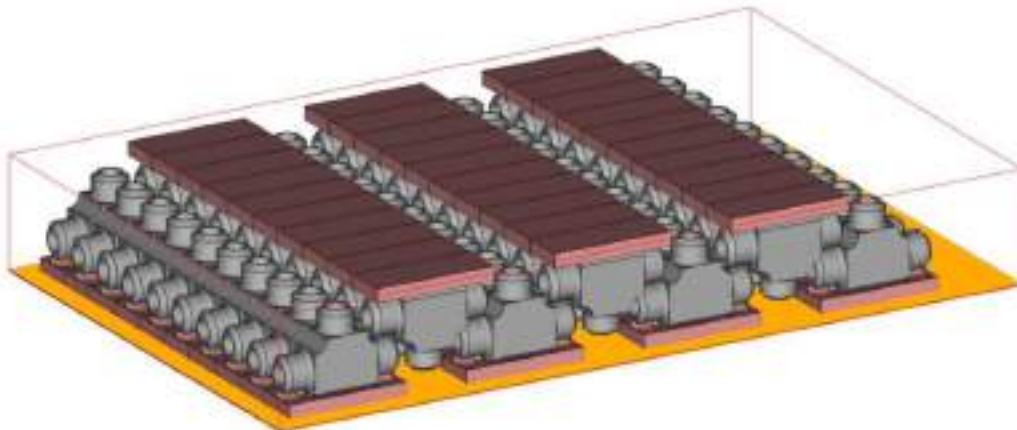


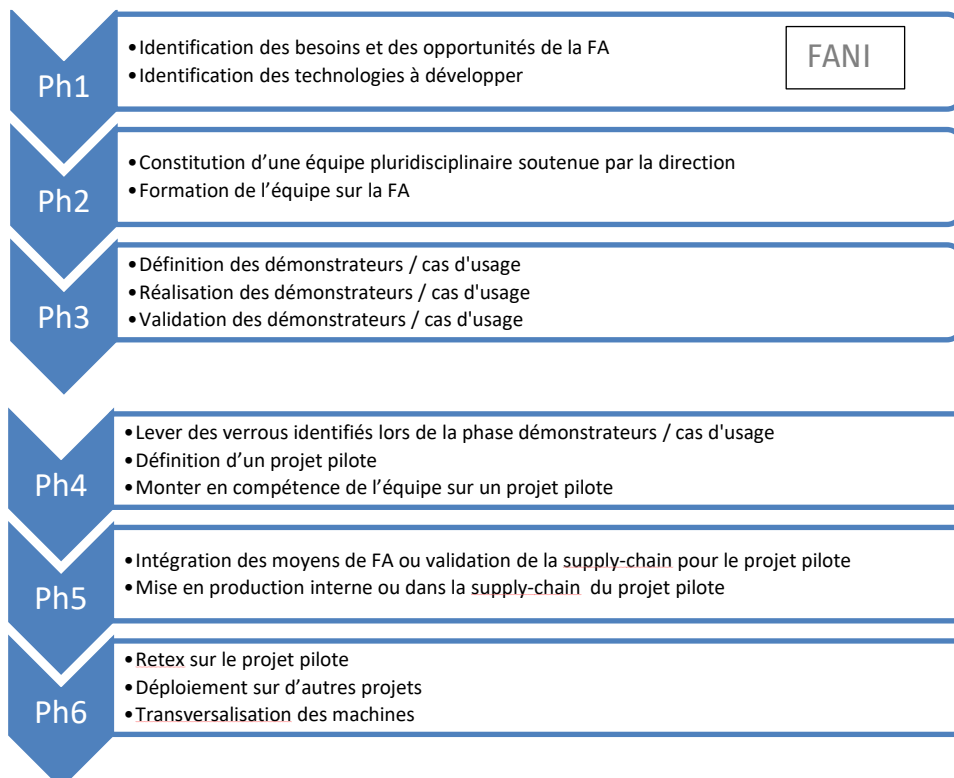
Tableau comparatif des coûts de production des pièces en fonction des différentes machines présentes sur le marché

Coût Box (€/Box)																			
Machine	Digital Metal®				Desktop Metal														
	DMP2500 PB3		DMP2500 PB4		Shop System™ 4L		Shop System™ 16L		Lab P1	Production System™	X1 25PRO®		X1 160PRO®						
Dimension (mm)	180x200x67,2				180x200x67,2				350x222x50		350x220x200		200*100*35	440x330x250		400x250x250		800x500x400	
	Vitesse Optimisée	Qualité Optimisée	Vitesse Optimisée	Qualité Optimisée	Vitesse Optimisée	Qualité Optimisée	Vitesse Optimisée	Qualité Optimisée	Vitesse Optimisée	Qualité Optimisée	Vitesse Optimisée	Qualité Optimisée	Vitesse Optimisée	Qualité Optimisée	Vitesse Optimisée	Qualité Optimisée	Vitesse Optimisée	Qualité Optimisée	
Pièce et support	Impression	398 €	710 €	204 €	440 €	170 €	128 €	321 €	459 €	53 €	283 €	251 €	1 413 €	1 117 €	127 €	117 €	117 €	125 €	4 712 €
	Frittage	132 €	132 €	185 €	185 €	236 €	216 €	722 €	896 €	33 €	127 €	117 €	117 €	117 €	117 €	117 €	117 €	125 €	125 €
	Matière 1ère	773 €	773 €	1 063 €	1 063 €	1 288 €	1 288 €	5 153 €	5 153 €	97 €	7 134 €	3 106 €	3 106 €	3 106 €	3 106 €	3 106 €	3 106 €	21 336 €	21 336 €
	MO	282 €	359 €	273 €	346 €	399 €	388 €	1 112 €	1 167 €	85 €	3 727 €	2 228 €	2 459 €	2 459 €	2 459 €	2 459 €	2 459 €	14 020 €	14 431 €
	TOTAL	1 584 €	1 974 €	1 725 €	2 035 €	2 093 €	2 020 €	7 307 €	7 675 €	268 €	11 271 €	5 702 €	7 094 €	7 094 €	7 094 €	7 094 €	7 094 €	36 234 €	40 605 €
	Quantité pièces / Box	40	40	55	55	70	70	280	280	10	735	462	462	462	462	462	3174	3174	
Vert=Vérifié Jaune=probable discutés avec constructeurs Rouge=Basé sur annonces commerciales																			

Coût ramené à la pièce (€/pièce)																			
Machine	Digital Metal®				Desktop Metal														
	DMP2500 PB3		DMP2500 PB4		Shop System™ 4L		Shop System™ 16L		Lab P1	Production System™	X1 25PRO®		X1 160PRO®						
Dimension (mm)	180x200x67,2				180x200x67,2				350x222x50		350x220x200		200*100*35	440x330x250		400x250x250		800x500x400	
	Vitesse Optimisée	Qualité Optimisée	Vitesse Optimisée	Qualité Optimisée	Vitesse Optimisée	Qualité Optimisée	Vitesse Optimisée	Qualité Optimisée	Vitesse Optimisée	Qualité Optimisée	Vitesse Optimisée	Qualité Optimisée	Vitesse Optimisée	Qualité Optimisée	Vitesse Optimisée	Qualité Optimisée	Vitesse Optimisée	Qualité Optimisée	
Pièce et support	Impression	9,94 €	17,74 €	3,71 €	8,00 €	2,43 €	1,82 €	1,14 €	1,64 €	5,32 €	0,39 €	0,54 €	3,06 €	0,24 €	1,48 €	0,24 €	1,48 €	1,48 €	
	Frittage	3,30 €	3,30 €	3,37 €	3,37 €	3,37 €	3,09 €	2,58 €	3,20 €	3,30 €	0,17 €	0,25 €	0,25 €	0,04 €	0,04 €	0,04 €	0,04 €	0,04 €	
	Matière 1ère	19,33 €	19,33 €	19,33 €	19,33 €	18,40 €	18,40 €	18,40 €	18,40 €	9,71 €	9,71 €	6,72 €	6,72 €	6,72 €	6,72 €	6,72 €	6,72 €	6,72 €	
	MO	7,04 €	8,98 €	4,96 €	6,30 €	5,70 €	5,55 €	3,97 €	4,17 €	8,47 €	5,07 €	4,82 €	5,32 €	4,42 €	4,42 €	4,42 €	4,42 €	4,55 €	
	TOTAL	39,61 €	49,34 €	31,36 €	37,00 €	29,90 €	28,86 €	26,10 €	27,41 €	26,80 €	15,34 €	12,34 €	15,35 €	11,42 €	12,79 €				
Vert=Vérifié Jaune=probable discutés avec constructeurs Rouge=Basé sur annonces commerciales																			

6. NIVEAU D'INTEGRATION DE LA FABRICATION ADDITIVE DANS LES SECTEURS ETUDIÉS

L'intégration de la fabrication additive métallique comme technologie de production est un sujet complexe qui doit être accompagné afin d'en assurer le succès. Pour cela le CETIM s'appuie sur son retour d'expérience et selon une méthodologie composée de 6 phases :



Dans cette étude nous avons mis en évidence que la plupart des industriels participants (80%) étaient à la phase 1. Cela nous a permis de structurer les scénarios envisagés pour la formalisation du plan d'actions.

7. PRECONISATIONS INDUSTRIELLES

7.1. Les premières réussites industrielles issus du diagnostic FANI

La réalisation du diagnostic FANI a généré des premières réussites industrielles :

- Une équipe de pilotage pluridisciplinaire offrant toutes les expertises nécessaires, régionales ou nationales, pour la réalisation de l'étude et crédible vis-à-vis des industriels associés ;
- Une sensibilisation réussie des entreprises qui ont pris conscience du niveau de maturité atteint par la FAM et qui ont salué la qualité des informations et des actions menées dans le cadre du diagnostic ;
- Une volonté exprimée des industriels de se préparer à l'arrivée de cette technologie pour « être prêt quand le train va arriver et même être en avance pour disposer d'un avantage concurrentiel. » ;
- Identification des zones de synergies et de recouvrements = un procédé principal identifié en mesure de répondre aux enjeux de plusieurs secteurs industriels ;
- Constitution dans les entreprises de groupes de travail dédiés à la FAM qui ont été mis en place grâce au diagnostic FANI ;
- Des enjeux forts identifiés et exprimés par les entreprises : l'absence de formation en Normandie sur la FA et la nécessité d'accompagner le tissu industriel dans l'intégration de ces technologies, les retombées en termes de marchés et de business étant raisonnablement à moyen terme, à horizon 3 à 5 ans.

7.2. Une stratégie industrielle par procédé nécessaire

L'analyse du panel de pièces et des niveaux de maturité des industriels rencontrés permet d'envisager 3 scénarios adaptés aux différentes technologies de FA et à la forte représentation des technologies de soudage dans l'industrie du Cotentin :

- 1/ WAAM (60 % des pièces) ;
- 2/ L-PBF (20 % des pièces) ;
- 3/ Autres technologies émergentes (20 % des pièces).

L'analyse des différents scénarios industriels pour les technologies de fabrication additive (FA) pour les secteurs des énergies et du naval en Normandie met en évidence trois voies distinctes : WAAM, L-PBF et d'autres technologies émergentes. Chacun de ces scénarios nécessite des mesures spécifiques pour promouvoir leur déploiement et leur intégration dans l'industrie.

Pour le scénario WAAM, cette technologie est la plus proche des compétences industrielles du territoire en lien avec les métiers du soudage et de la chaudronnerie. **L'intégration du WAAM s'inscrit dans la continuité du développement de la robotisation des procédés de soudage déjà entamée par des premiers industriels normands. Cette stratégie est mise en œuvre par des**

industriels en France à l'image de l'entreprise Catoire Semi (outillages industriels) qui a fait l'acquisition, sur son site industriel dans l'Indre, de deux cellules robotisées (une de fabrication de type WAAM et une autre pour le contrôle) dans le but de réduire les tâches difficiles et répétitives des soudeurs afin que ces derniers puissent être affectés aux réalisations à plus forte valeur ajoutée. Cet investissement contribue également à valoriser l'entreprise pour recruter de futurs talents.

Cellule robotisée de type WAAM intégrée par l'entreprise Catoire Semi



Dans cette perspective pour la Normandie, il est essentiel de poursuivre la sensibilisation des acteurs du territoire en organisant des événements tels que des techdays et des visites chez des acteurs de la fabrication additive.

De plus, la mise en place d'une "cellule d'accompagnement », comprenant la CCI, l'UIMM et le CETIM est nécessaire pour aider les industriels dans leur stratégie FA et la réalisation de cas d'usage.

Pour accompagner la montée en compétence territoriale, il apparaît indispensable de prévoir la création d'un plateau technique permettant aux industriels, en particulier les PME et la supply chain, de se former à l'usage de la technologie WAAM et y réaliser à terme des cas d'usage. Une opportunité identifiée consisterait à intégrer cette nouvelle cellule robotisée de soudage au sein d'HEFAIS, la Haute Ecole de Formation en Soudage dont la livraison du nouveau bâtiment industriel est attendue pour la mi-2024.

Ce plateau technique devra obligatoirement s'intégrer au sein du réseau de partenaires français.

Quant au scénario L-PBF, la poursuite de la sensibilisation des acteurs du territoire est recommandée. Des cas d'usage doivent être réalisés pour mettre en évidence les avantages de cette technologie. Les industriels doivent être accompagnés dans leur intégration de la FA, en

faisant des choix de projets pilotes et en fournissant un accompagnement financier ainsi qu'une qualification produit et processus.

Enfin, pour les autres technologies de fabrication additive métallique, le CETIM, en collaboration avec la CCI et l'UIMM, doit offrir un accompagnement aux industriels. Cela comprend l'organisation d'événements et l'intégration des cotisants dans des projets collectifs du CETIM. La réalisation de cas d'usage individuels ou collectifs sur des plateformes existantes est également recommandée, avec un soutien financier.

En conclusion, ces propositions de déploiement des différentes technologies de fabrication additive pour les secteurs des énergies et du naval en Normandie nécessitent une sensibilisation continue, un accompagnement financier et technique, ainsi que la réalisation de cas d'usage pour favoriser leur adoption et intégration.

Ces mesures contribueront à renforcer la compétitivité de l'industrie du territoire et à positionner la Région Normandie comme un acteur clé dans le domaine de la fabrication additive métallique.

8. PRINCIPAUX ENSEIGNEMENTS INDUSTRIELS

Ce qu'il faut retenir de manière générale sur le volet technologique de l'étude FANI est le fait qu'il y a des **potentiels industriels réels** pour la Fabrication Additive Métallique sur le territoire tant au niveau des **Donneurs d'Ordres** qu'au niveau de leurs **Sous-Traitants**.

La Fabrication Additive Métallique est une technologie de rupture avec la fabrication soustractive présente dans la majeure partie des entreprises. Cependant **toutes les technologies identifiées grâce au diagnostic FANI** permettent d'imaginer des cas d'application industrialisables donc des gains de compétitivité pour les acteurs des secteurs ciblés.

La première d'entre elles, le procédé **WAAM** (DED-w -Direct Energy Deposition-Wire), **est en proximité technologique avec la soudure et la chaudronnerie, des activités historiques et fortement présentes dans le tissu industriel normand**. L'introduction en cours de robotisation du soudage est une étape qui pourra mener les industriels concernés vers la Fabrication Additive WAAM comme cela a été le cas de la société **CATOIRE SEMI** en région Centre Val de Loire (voir précédemment).

Le WAAM permet de réaliser des pièces de grandes voire très grandes dimensions (**plusieurs mètres de longs**) et est la plus simple à intégrer en termes de HSE.

Les applications dans les secteurs **des énergies et du naval** sont bien adaptées à ce que la technologie permet et le gap à franchir pour les entreprises du territoire est raisonnable. **Qui plus est, le territoire national compte très peu de sous-traitants pour cette technologie et il s'agit d'une réelle opportunité de développement et de positionnement industriel pour la Normandie**.

La seconde technologie d'intérêt est la technologie la plus mature à savoir le L-PBF (Laser Power Bed Fusion soit Fusion Laser sur lit de poudre).

A contrario du WAAM, il existe de nombreux acteurs nationaux et régionaux tant au niveau des plateformes d'appropriation et de démonstration qu'au niveau des sous-traitants industriels. Les opportunités industrielles pour la Normandie sont moins importantes mais le territoire pourra bénéficier de la dynamique des acteurs en développement.

Enfin, les technologies émergentes ne sont pas à oublier avec notamment le **MBJ** (Metal Binder Jetting) pour des petites séries nécessitant des outillages ou encore le **MELD** (procédé de fabrication additive métallique par friction malaxage) qui permet de s'affranchir des délais d'approvisionnement des bruts pour les pièces de très grandes dimensions.

L'implication des industriels dans cette première phase d'étude FANI a été une réussite et sera indispensable pour rentrer dans une phase opérationnelle d'intégration de la FAM dans les secteurs industriels ciblés.

Les préconisations de suite de l'action sont les suivantes (trois scénarios adaptés aux différentes technologies de FA et à la forte représentation des technologies de soudage dans l'industrie du Cotentin) :

1/ DED-w (60 % des pièces)

Mettre en place une « cellule d'accompagnement » (CCI & UIMM & CETIM) pour tous les industriels, réaliser des cas d'usage industriel, à partir de 2023, et intégrer la sensibilisation FA au sein d'un plateau technique dédié à cette technologie (2023-25)

2/ L-PBF (20 % des pièces)

Poursuivre la sensibilisation des acteurs du territoire, réaliser des cas d'usage, à partir de 2023, et accompagner les industriels vers l'intégration de la FA

3/ Autres technologies émergentes (20 % des pièces)

Déploiement dans les années à venir des autres technologies de fabrication additive métallique selon le niveau de maturité au travers d'un accompagnement industriel et territorial.

PARTIE 3 – DEFINITION DES BESOINS EN COMPETENCES



1. PRESENTATION DE LA METHODOLOGIE

Dans le cadre du diagnostic « FANI » sur le champ des compétences, nous avons défini une méthodologie afin de caractériser la chaîne de valeur de la Fabrication Additive Métallique (FAM) et évaluer les impacts de son déploiement dans l'industrie.

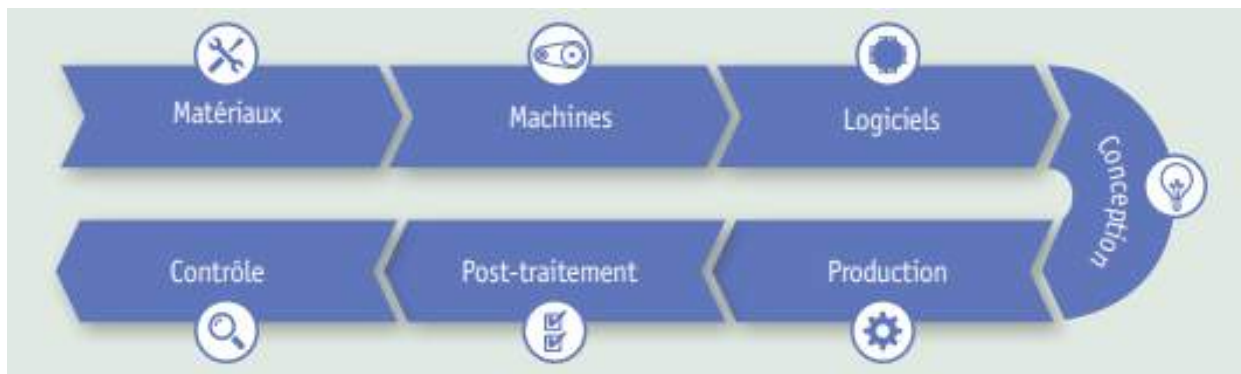
Cette méthodologie s'appuie sur l'analyse de la chaîne de valeur de la Fabrication Additive Métallique telle qu'elle sera déployée au sein des entreprises.

Cette chaîne de valeur a été validée lors des rencontres avec les industriels partenaires du présent diagnostic et avec les acteurs d'autres territoires ayant engagé des actions autour de la Fabrication Additive Métallique.

Caractérisation de la chaîne de valeur de la Fabrication Additive Métallique

A partir des organisations actuellement en place dans les entreprises et sur le schéma de la fabrication soustractive, cette chaîne de valeur est établie sur un process complet de réalisation de pièces mécaniques à partir d'un procédé de Fabrication Additive Métallique.

La Fabrication Additive Métallique mobilise une chaîne de valeur très étendue allant des Machines aux matériaux, en passant par la fabrication de pièces ou le développement d'outils logiciels.



Pour cette étude, nous n'intégrons pas dans cette chaîne de valeur les phases Matériaux, Machines et Logiciels et nous nous sommes concentrés sur la partie Fabrication de Pièces qui structure toute la Supply Chain industrielle pour les filières des énergies et du naval et les principaux besoins en compétences.

Notre méthodologie appliquée pour l'analyse va être décomposée en 3 parties distinctes qui permettront d'établir nos préconisations sur le champ « compétences. »

Phase 1 : identification et analyse de données

Etape 1 – Identification de l'ensemble des métiers en lien direct ou indirect avec la Fabrication Additive Métallique

A partir des données existantes sur les observatoires (métallurgie, Opco 2i) et après concertation avec les membres du comité de pilotage, les métiers ont été identifiés dans les 6 familles d'activités de la cartographie des métiers.

Etape 2 – Identification des métiers en émergence ou en évolution majeure

A partir des expériences partagées du comité de pilotage et de l'expertise des représentants du CETIM, il a été effectué une hiérarchisation des métiers selon les impacts et le niveau de montée en compétences qui seront induits par l'introduction de la Fabrication Additive Métallique dans l'entreprise.

Etape 3 – Production de fiches métiers et formations

A partir des métiers retenus comme principalement impactés par l'introduction de la Fabrication Additive Métallique, nous avons identifié :

- Des métiers connexes ou en lien direct avec l'activité majeur du métier
- Des compétences nécessaires aux différents métiers en amont de l'introduction de la Fabrication Additive Métallique
- Des certifications existantes (Diplômes, Titres Professionnels, Certification de Branche) en lien direct avec les métiers concernés ou en proximité
- Des formations existantes sur l'ensemble du territoire, sur le périmètre de la Normandie tout en dissociant les formations initiales et les formations continues

Phase 2 : Benchmark d'actions territoriales et de formation en lien avec la FAM

Etape 1 – Identification au sein du réseau de la Branche de la Métallurgie des actions territoriales

Utilisation du réseau des UIMM pour sélectionner les territoires ayant engagé des actions en lien avec la Fabrication Additive Métallique

Etape 2 – Benchmark des structures de formation de la Branche de la Métallurgie

Rencontres organisées avec des Pôles Formation UIMM pour échanger sur des actions réalisées, du besoin initial à la mise en place de formation et des moyens mis en œuvre (plateaux techniques, parcours de formation...)

Réalisation d'une cartographie des formations existantes ayant intégré la Fabrication Additive Métallique.

Etape 3 – Identification des actions de formation nécessaires à la mise en œuvre de la FAM en Normandie

Rédaction de fiches par métiers émergents ou en évolution majeure pour identifier les changements et/ou évolutions par rapport aux métiers existants :

- Durabilité du changement
- Positionnement organisationnel du métier
- Modification des conditions d'accès au métier
- Nouvelles activités et compétences identifiées



- Différenciation des compétences du « nouveau » métiers avec les certifications
- Certifications existantes ou à faire évoluer

Phase 3 : Préconisations pour le développement des compétences sur la FAM

Etape 1 - Identification des besoins pressentis pour répondre aux enjeux de la FAM

Analyse des effectifs sur les différents métiers émergents et/ou en évolution majeur sur l'ensemble du territoire par extrapolation

Etape 2 - Présentation par métier émergent et/ou en évolution majeure des formations et certifications à développer ou renforcer sur le territoire Normand

2. IDENTIFICATION ET ANALYSE DE DONNEES

2.1. Identification de l'ensemble des métiers en lien avec la FAM

A partir des données existantes sur les observatoires (métallurgie, Opco 2i), il a été constitué une chaîne de valeur de produits.

Pour constituer cette chaîne de valeur, il a été identifié l'ensemble des métiers existants et pouvant être impactés (ou non) par l'introduction de la FAM dans les processus de fabrication de produit.

Cette chaîne de valeur est applicable à l'ensemble des entreprises concernées, qu'elles soient en qualité de donneurs d'ordres ou de sous-traitance.

En fonction des typologies d'entreprises, certains de ces métiers ne sont pas représentés ou sont regroupés dans un seul et même emploi.

Nous avons identifié 33 métiers différents qui sont répartis sur les 6 familles de métiers existantes dont le périmètre est défini par l'observatoire de la métallurgie sur la cartographie des métiers.

2.2. Identification des métiers en émergence ou en évolution majeure

A partir des expériences partagées du comité de pilotage et de l'expertise des représentants du CETIM, nous avons sélectionné les métiers apparaissant comme ayant une évolution majeure ou mineure et nécessitant une montée en compétence et connaissances en lien avec la Fabrication Additive Métallique.

Pour chacune des familles de métiers existantes, l'ensemble des métiers identifiés est caractérisé par plusieurs critères en fonction notamment de l'impact sur les connaissances et les compétences de l'emploi en lien avec l'introduction de la Fabrication Additive Métallique.

Pour identifier sur l'ensemble des métiers, l'impact de l'introduction de la Fabrication Additive Métallique, nous les avons gradué selon 3 critères ; impact neutre, faible ou fort.

- **L'impact neutre** : l'introduction de la Fabrication Additive Métallique ne modifie pas l'activité de l'emploi dans son contenu et peut s'effectuer sans compétences complémentaires
- **L'impact faible** : l'introduction de la Fabrication Additive Métallique ne modifie pas les activités de l'emploi mais nécessite un apport de connaissances et/ou compétences nécessaires pour la bonne conduite des activités
- **L'impact fort** : l'introduction de la Fabrication Additive Métallique modifie les activités de l'emploi et nécessitera l'acquisition de nouvelles compétences pour la réalisation des tâches et missions confiées

Nous relevons 21 métiers avec un impact fort sur l'ensemble de la chaîne de valeur. Ces 21 métiers sont réduits à 15 métiers si l'on se place dans un profil PME dans lesquelles certaines activités n'existent pas ou sont regroupées sous un même métier.

La poursuite de l'analyse a permis de retenir 9 métiers que l'on considère comme prioritaire dans la montée en compétence.

Pourquoi ces 9 métiers ?

Dans l'ensemble de la chaîne de valeur, ces métiers nous apparaissent comme majeurs dans l'introduction de la Fabrication Additive Métallique quel que soit le profil des entreprises.

Sur l'activité Concevoir-Rechercher, les métiers de « **Concepteur de Pièces** » et « **Projeteur Dessinateur** » sont incontournables dans les études qui permettront aux entreprises de développer des produits en Fabrication Additive Métallique. Selon les configurations des entreprises et la typologie des pièces à réaliser, les profils « **Projeteur-Dessinateur** » se verront confier des missions similaires ou complémentaires. Leurs compétences devront être complétées pour pouvoir exploiter de nouveaux outils de conception numérique.

Technologie de rupture, ces profils devront développer une « pensée additive » en lieu et place ou en complément de la « pensée soustractive ». La Fabrication Additive Métallique oblige à penser différemment la conception des pièces pour viser une optimisation topologique en dépassant les contraintes de la fabrication soustractive dans un souci de recherche de gain. Ces gains peuvent être sur la matière, la masse, le volume, l'encombrement, la résistance mais également dans la performance et les délais de réalisation.

Pour les métiers de l'emploi « **Caractérisation** » (qualification des matériaux en lien avec les procédés et les produits fabriqués), nous l'avons intégré dans la liste des métiers avec une évolution majeure bien qu'il soit très peu, voir pas représenté dans les structures des entreprises du territoire. Les missions de cet emploi pourront être confiées à des structures spécialisées dans les qualifications ou caractérisation de matériaux/produits.

Pour l'activité « **Préparer-Organiser** », il ressort les métiers de « **Méthodes Industrialisation** » (activités de transfert de la conception vers la fabrication en définissant des processus applicables de fabrication) comme emploi majeur dans l'introduction de la Fabrication Additive Métallique. Habituellement accomplie par les Concepteurs de pièces en phase d'expérimentation et/ou les structures dédiées, ces missions sont les prochaines étapes incontournables dans les entreprises dès lors que des moyens matériels existeront ou seront à disposition pour les réalisations. Cette étape de Méthodes Industrialisation permet également de faire un lien fort entre les phases « expérimentales » avec les cas d'usage et l'intégration progressive de la FAM dans les entreprises.

Pour l'activité « **Produire-Réaliser** », 3 métiers ont été retenus pour notre analyse sur les compétences à déployer sur le territoire. Les moyens de production et les conditions de mise en œuvre vont nécessiter, selon notre analyse, de développer des compétences sur la « **conduite des équipements de production** ».

Cette activité de fabrication sera complétée par le « **technicien d'usinage** » pour lequel nous pensons un recentrage de son activité sur des actions de finition (par procédé de fabrication soustractive) sur des parties fonctionnelles des pièces nécessitant d'être précises (sur le plan dimensionnel et d'état de surface).

Pour compléter sur cette activité, le métier « **technicien de contrôle** », bien que peu évolutif par l'introduction de la Fabrication Additive Métallique nous semble pertinent avec l'introduction de nouvelles méthodes ou moyens selon les procédés de fabrication

Pour les métiers « Acheteur » et « manager de proximité » que nous identifions dans notre analyse comme prioritaires.

- **Acheteur** : l'introduction de la Fabrication Additive Métallique va faire évoluer les critères de sélection des fournisseurs potentiels de « produits finis » sous forme de pièces et de l'ensemble des prestations achats. Dans une phase transitoire avec une progressivité dans la fourniture de pièces en fabrication additive, les dossiers de consultation devront prendre en compte de nouvelles conception et conditions de réalisation.

La stratégie Achats doit intégrer d'autres critères qui peuvent être technologiques, stratégiques et innovants. Une veille permanente de nouveaux fournisseurs émergents et disposant des ressources (matérielles, compétences, contrôle) devra être accentuée.

- **Manager de proximité / Dirigeant** : l'introduction de la Fabrication Additive Métallique se fera au dans les différentes structures au travers d'une stratégie industrielle vers la Fabrication Additive Métallique portée par la direction et l'ensemble de la chaîne managériale, par la volonté et l'acceptation de nouvelles technologies de fabrication et par les résultats obtenus.

Choix stratégique ou technico-économique de l'entreprise et/ou des clients, les dirigeants et managers de proximité sensibilisés aux différences permettront de répondre aux attentes des secteurs concernés.



L'ensemble des analyses et des différents rapports existants sur la Fabrication Additive en règle générale et sur la Fabrication Additive Métallique plus particulièrement font apparaître pour l'instant un impact sur les métiers de la Conception et la R&D.

L'évolution technologique de la Fabrication Additive Métallique et les différents niveaux de maturité rencontrés selon les procédés applicables montrent l'émergence de besoins de profils sur les métiers de l'industrialisation et de la fabrication (à moyen terme).

Comme indiqué précédemment, notre analyse est portée sur le périmètre « fabrication de pièces » dans un contexte entreprise de type GDO et PME.

Nous ressortons donc de notre première analyse, les métiers suivants :

- ➔ Dans l'activité Concevoir-Rechercher
 - *Concepteur de pièces*
 - *Projeteur Dessinateur*
 - *Caractérisation*

- ➔ Dans l'activité Préparer-Organiser
 - *Méthodes Industrialisation*

- ➔ Dans l'activité Produire-Réaliser
 - *Conducteur d'équipements industriels*
 - *Technicien d'usinage*
 - *Technicien de Contrôle*

Lors des différents échanges au cours des benchmark hors territoire et des rencontres avec les industriels du territoire de l'étude, d'autres métiers ont été identifiés comme prioritaires dans notre démarche en complément de ceux identifiés ci-dessus.

Nous avons souhaité associer les métiers :

- ➔ Dans l'activité Gérer-Administrer
 - *Manager de proximité*

- ➔ Dans l'activité Acheter-Commercialiser
 - *Acheteur*

Nous notons dans cette analyse que certains métiers seront impactés de manière différente en fonction des procédés de Fabrication Additive Métallique qui seront mis en œuvre.

Sur les métiers de la « Qualité – Hygiène – Sécurité et Environnement », les procédés « poudre » nécessiteront une prise en compte plus accentuée dans le process des règles applicables en termes de Sécurité et d'Environnement.

Des moyens spécifiques (tenues, ventilation...) seront nécessaires et leur mise en place devra se faire dans le respect des règles de sécurité et environnement.

Un extrait du tableau d'analyse de la chaîne de valeur de la FAM et des 9 métiers prioritaires est présenté ci-après.

ANNEXE : le tableau complet d'analyse de la chaîne de valeur de la FAM et des 9 métiers prioritaires est présenté en annexe du présent rapport.

Tableau d'analyse de la chaîne de valeur de la FAM et des 9 métiers prioritaires

		Impact FA - Priorisation			Type ent*		Procédés FABA			Compétences majeures		Formations nécessaires		
		Neutre	Faible	Fort	GDO	PME	SLM	WAAM		Techniques	Transverses	Sensibilisation (<2jours)	Connaissance (1 semaine)	Expertise (> 1 semaine)
Acheter Commercialiser	Acheteur		PME	GDO	x		x	x			x	x		
	Approvisionneur		x		x	x					x	x		
	Chef Produit		x		x						x		x	
	Chargé d'affaires		x		x	x					x	x		
Concevoir rechercher	expert matériaux/métallurgiste		WAAM	Poudre	x					x				x
	Ingénieur Produit			x	x					x			x	
	Ingénieur Procédés			x	x					x				x
	Concepteur pièces			x	x		x	x		x				x
	Projeteur - Dessinateur			x	x	x	x	x		x			x	
	Qualification dimensionnement/caractérisation			x	x		x	x		x				x
Préparer Organiser	Opérateur Logistique - Magasinier	x			x	x					x	x		
	Technicien Méthodes industrialisation			x	x	x	x	x		x			x	
	Planificateur / ordonnancement		x		x	x					x	x		
	Préparateur Méthodes			x	x	x				x		x		
	Programmeur			x	x	x				x				x
Produire réaliser	Conducteur d'Equipements Industriels / Opérateur			x	x	x	x	x		x			x	
	Technicien Usinage			x	x	x	x	x		x			x	
	Technicien Surfaçage/Polisseur (finition)			x	x	x				x				x
	Technicien Contrôle			x	x	x	x	x		x				x
	Technicien Essais		x		x						x		x	
	Opérateur TTS			x	x					x			x	
	Opérateur Traitement Thermique			x	x	x				x			x	
	Technicien Ajusteur		x								x	x		
	Technicien Qualité			x	x					x			x	
Opérateur parachèvement			x	x	x				x			x		
Installer Maintenir	Technicien Essais		x		x						x		x	
	Technicien de Maintenance			x	x	x				x	x			x
	Métrologue			x	x	x				x				x
	Monteur Assembleur		x		x						x	x		
Gérer Administrer	HSE		WAAM	Poudre	x	x	x			x	x			x
	LEAN Management		x		x						x	x		
	Manager proximité / Dirigeant		x		x	x	x	x			x	x		
	Ressources Humaines		x		x	x					x	x		

2.3. Production de fiches métiers et formations

Pour ces 9 métiers que nous considérons comme prioritaires dans la démarche de montée en compétences, un recueil des informations sur les certifications existantes (Diplômes, titres professionnels et certifications professionnelles) a été réalisé.

Sur les fiches métier/formation rédigées pour ces 9 métiers, nous avons identifié pour chacune :

- Les métiers connexes ou en lien direct avec l'activité majeur du métier
- Les compétences nécessaires aux différents métiers en amont de l'introduction de la Fabrication Additive Métallique et avec l'introduction de la Fabrication Additive Métallique ainsi que les connaissances requises
- Les certifications existantes (Diplômes, Titres Professionnels, Certification de Branche) en lien direct avec les métiers concernés ou en proximité du métier,
- Les formations existantes sur l'ensemble du territoire, sur le périmètre de la Normandie tout en dissociant les formations initiales et les formations continues.

ANNEXE : Ces 9 fiches d'analyse d'évolution des métiers figurent à ce présent rapport en annexe.

L'**identification des métiers** connexes ou en lien avec l'activité principale du métier permet de cerner les missions principales des emplois. Selon la typologie des entreprises, les intitulés de poste et/ou les missions confiées peuvent différer. Pour chaque catégorie de métier, nous aurons 2 à 3 profils différents.

L'**identification des connaissances et compétences** requises s'appuie sur l'ensemble des attendus de l'emploi avec une liste non exhaustive des postes actuels complétés par les compétences complémentaires identifiées avec l'introduction de la Fabrication Additive Métallique. Il est par ailleurs identifié pour chacune de ces fiches, les éventuelles spécificités à prendre en compte dans notre analyse

L'**identification des Certifications** existantes sur l'ensemble des métiers de la Fabrication Additive Métallique mais également l'identification des certifications proches des métiers visés par les emplois. L'identification est faite selon la nomenclature relative au niveau de diplôme.

Pour chacune des certifications identifiées, un lien hypertexte permet de visualiser la fiche « France Compétences » décrivant :

- Le(s) certificateurs ;
- Le résumé de la certification ;
- Découpage en blocs de compétences ;
- Secteur d'activité et type d'emploi ;
- Voie d'accès ;

- Lien avec d'autres certifications.

L'identification des Formations existantes pour les certifications identifiées. Cette partie est découpée en 2 parties distinguant la formation initiale et la formation continue et découpage géographique avec les formations réalisées en Normandie et Hors Normandie.

L'analyse détaillée de l'ensemble des 9 métiers identifiés comme prioritaires nous permet de relever qu'il n'existe que très peu de certifications en lien direct avec la Fabrication Additive Métallique.

Ces quelques certifications ont été essentiellement mise en œuvre par les organismes certificateurs pour répondre à des demandes très spécifiques de démarrage d'actions très territorialisées en France. Trois certifications professionnelles de branche ont été créés pour répondre aux besoins de validation de compétences de salariés sur les métiers de la fabrication (pilotage des moyens de production en FA).

Une certification (titre professionnelle) répond de manière plus générale au métier de la conception sans différenciation significative des procédés.

Les spécifications Fabrication Additive Métallique apparaissent plus sur quelques diplômes de niveau 7 avec la mise en place d'options à la Fabrication Additive Métallique dans un programme existant qui s'apparentent plus à une hybridation de la formation.

A titre d'exemple, une formation d'Ingénieur Généraliste du CESI existante sur le territoire Normand (ROUEN) a intégré dans son parcours des modules de Fabrication Additive et dispose notamment avec le CESI de NANTERRE d'une unité mobile de Fabrication Additive Métallique sur le procédé par fusion laser de poudres.

Autre exemple avec le Diplôme Ingénieur Sciences Industrielles et Numérique (matériaux et mécanique) de l'ITII Champagne Ardenne qui dispose d'un Fab Lab et a intégré un module de formation « Procédés innovants de mise en forme » avec de la fabrication Additive Métallique.

Nous pouvons d'ores et déjà remarqué que cette nouvelle technologie de réalisation de pièces et produits est encore en phase amont de transformation des compétences avec une concentration essentiellement sur la R&D et la Conception.

3. BENCHMARK D' ACTIONS TERRITORIALES ET DE FORMATION EN LIEN AVEC LA FAM

Avec l'identification des certifications existantes et les formations mises en place sur les différents territoires, nous avons pu identifier trois projets en cours de développement et en lien direct avec la Fabrication Additive Métallique.

Afin de mieux comprendre les raisons de ces projets territoriaux, des conditions de démarrage et des organisations mises en place, nous avons rencontrés et échangés avec différents interlocuteurs impliqués dans ces projets.

Ce benchmark va nous permettre de mieux appréhender l'ensemble des démarches nécessaires en évitant les écueils déjà rencontrés et en s'appuyant sur les « réussites » de ces projets.

Il nous semble également important de ne pas chercher à reproduire intégralement ce qui a pu être déjà réalisé mais de s'en inspirer pour construire un scénario qui répondra aux spécificités des filières des énergies et du naval qui définissent le périmètre du présent diagnostic.

3.1. Identification des actions territoriales

Nous nous sommes appuyés sur le réseau national des UIMM pour sélectionner les territoires ayant engagé des actions en lien avec la Fabrication Additive Métallique.

Nous avons pu identifier deux territoires distincts ayant engagé des actions de formation en lien avec les attentes des entreprises locales dans le cadre de projets dont l'origine semble différente.

UIMM Gironde Landes : pour accompagner l'entreprise SAFRAN Additive dans son projet de développement de la Fabrication Additive Métallique sur le site du HAILLAN, l'UIMM territoriale et le Pôle Formation UIMM ont mis en œuvre les premiers parcours de formation à destination d'Opérateurs de Production.

Le Pôle Formation UIMM s'est équipé de moyens pouvant permettre la montée en compétences des salariés de SAFRAN Additive sur l'utilisation des moyens de réalisation de pièces sur 2 procédés.

UIMM Champagne Ardennes : pour répondre aux demandes des industriels du territoire Champagne Ardennes, l'UIMM Champagne-Ardenne, le Pôle Formation UMM Champagne-Ardenne, le CRITT-MDTS, le Pôle de compétitivité « Materalia » et le Campus des Métiers et des Qualifications « procédés et matériaux innovants » ont initié la création d'une plateforme de fabrication additive PLATINIUM 3D. Dans une logique de collaboration et de mutualisation des moyens, cet outil permet aux entreprises régionales, particulièrement sous-traitantes, d'avoir accès à ces technologies en développement et rupture technologique.

Au travers de ce plateau technique, l'UIMM champagne Ardennes apporte des réponses aux diverses sollicitations en matière de conseil, d'aide à la conception, d'études technico-économiques, de rédaction de cahier des charges, de développement R&D, de tests, de prototypes, de cas d'usage ou de transfert de technologies.

3.2. Benchmark des structures de formation de la Branche de la Métallurgie

Au travers de rencontres organisées avec des Pôles Formation UIMM pour échanger sur des actions réalisées, nous avons cherché à comprendre l'organisation, du besoin initial à la mise en place de formation et des moyens mis en œuvre (plateaux techniques, parcours de formation...)

Les 2 structures associées aux projets des territoires Champagne Ardennes et Gironde-Landes ont créés des parcours dédiés à la montée en compétences des salariés des entreprises.

Sur la **Région Aquitaine**, les actions de formation ont été mises en place sur un niveau 7 dans un premier temps en partenariat avec l'ENSAM de Talence sur la filière Génie Mécanique, spécialité procédés avancés. Cette formation, réalisée en partenariat avec l'ITII Aquitaine par la voie de l'apprentissage a vu ses premières promotions en alternance avec SAFRAN Additive et LISI Aerospace Additive.

L'acquisition de moyens de Fabrication par le Pôle Formation UIMM Gironde Landes a permis le développement de formation non certifiante dans un 1er temps à destination des conducteurs d'équipement en charge des fabrications de pièces. Une dizaine d'opérateurs a été à ce jour formée sur la Fabrication Additive Métallique et présenté à une certification CQPM Opérateur en fabrication Additive.

L'UIMM Gironde Landes associée à la CCI ont également mis en place, avec la contribution du CETIM, des actions de formation dites « découverte » à un public divers et variés (Chef d'entreprise, Technologues, Structure de l'Enseignement supérieur, Institutions...).

L'objectif de ces actions a été de sensibiliser aux nouvelles technologies, aux potentialités de la fabrication additive et d'apporter les premiers éléments de compréhension pour mieux appréhender les complémentarités industrielles et les enjeux technico-économiques. Pour cette action de sensibilisation, xxx personnes ont participé.

Sur la Région **Champagne Ardennes**, les premières actions de formation mises en place ont été essentiellement des modules découverte de la FAM avec l'appui de Platinum 3D pour les mêmes raisons qu'en Gironde-Landes, à savoir la sensibilisation le plus large possible aux industriels.

Ces formations « découverte », d'une durée de 2 jours, est à destination de tous publics.

La création de Platinum 3D en lien avec les structures de formation ont permis également l'hybridation d'un diplôme de niveau 7 porté par l'EiSINe (Ecole d'Ingénieur en sciences industrielles et numérique) de l'Université de Reims Champagne Ardennes sur la spécialité Matériaux et Génie des Procédés.

L'EiSINe dispose actuellement de quelques moyens de fabrication additive dans plusieurs procédés (polymères et poudre) mais s'appuie également sur les moyens de Platinum 3D.

Des formations plus marquées Fabrication Additive Métallique vont être mises en place sur la rentrée 2023 avec le BACHELOR UIMM « Intégration des procédés » qui sera spécialisé sur fabrication additive et soustractive.

A noter qu'en **Région AURA**, une formation de montée en compétences sur la Fabrication Additive Métallique est nouvellement proposée. Cette formation, en collaboration avec le CETIM, Pôle Formation UIMM Loire et ENISE (Ecole Nationale d'Ingénieur de Saint-Etienne)

est décomposée en 3 modules distincts pour une durée total de 30 jours. L'objectif de cette formation est l'appropriation des outils et méthodes en vue de concevoir des produits optimisés pour la Fabrication Additive Métallique.

Ci-dessous, nous avons un tableau récapitulatif de différentes formations que nous avons identifiées avec une orientation vers la Fabrication Additive Métallique. Nous observons qu'il n'existe pas de formation de Niveau 3 à 5 en formation initiale et que la formation continue se fait essentiellement sur des modules spécifiques à une ou plusieurs compétences.

	Niv 3 CAP/BEP	Niv 4 BAC	Niv 5 BAC+2	Niv 6 BAC+3	Niv 7 BAC+5	> Niv 7
Formation initiale				1ère conception et processus de mise en forme des matériaux (impression 3D)	Diplôme Ingénieur Sciences Industrielles et Numériques (Physique et Mécanique) (ITI) Compagnie Arénorm	Maitre spécialisé procédés du tour et robotisation ESTIA Seyenne
				BACHELOR Intégration des Procédés (action FAM)		
	sans niveau (complémentaire)					
DII Ingénierie et Production en fabrication additive (Toulouse)						
Formation continue						
	CCPM Opérateur en fabrication additive		Titre Pro Technicien Supérieur en fabrication additive			
	Sans niveau (modulaire)					
	Maîtriser le contrôle des pièces en FAM - CETIM					
	Découverte des procédés de fabrication additive pour les applications polymères et métal - CETIM					
	Fabrication additive métallique - Concepteur en FAM - PFLUMAD					
Sécurité en fabrication additive métallique - IMSTN						
Fabrication additive Tech day3 - PFLUMAD Gironde						

NB : Les formations indiquées dans ce tableau sont représentatives de l'existant mais ne sont pas exhaustives.

ANNEXE : des exemples de formation à la FAM sont présentées en annexe du présent rapport.

3.3. Identification des actions de formation nécessaires à la mise en œuvre de la FAM en Normandie

Afin d'identifier pour chacun des 9 métiers les changements et/ou différenciation par rapport aux métiers existants, nous avons rédigé une fiche d'analyse abordant les points suivants :

- Durabilité du changement ;
 - o Identification des éléments qui témoignent d'un changement durable par rapport à l'exercice des métiers existants ;
- Positionnement organisationnel du métier ;
- Modification des conditions d'accès au métier ;
- Nouvelles activités et compétences identifiées ;
- Différenciation des compétences du « nouveau » métier avec les certifications ;
- Certifications existantes et/ou à faire évoluer.

ANNEXE : les fiches d'analyse des compétences sur les métiers prioritaires sont présentées en annexe du présent document.

L'analyse des 9 métiers ne fait pas de métier émergent mais plutôt des métiers avec des évolutions majeures plus ou moins significatives.

Ce constat est partagé avec les différents interlocuteurs rencontrés lors de nos benchmark territoire.

Un constat cependant est identique selon la typologie des entreprises intégrant la Fabrication Additive Métallique dans leurs process de fabrication :

- Les PME concentrent essentiellement leurs évolutions majeures autour des métiers Méthodes Industrialisation et Conducteur d'Equipements Industriels. Leurs activités se concentrent sur la fabrication en sous-traitance d'entreprises de taille plus importante qui en règle générale, conçoivent les pièces et les caractérisent.
- Les Grands Donneurs d'Ordre auront des évolutions majeures de compétences sur les métiers de la Conception (Ingénieur Produit, process, Concepteur) et l'ensemble des autres métiers dès lors qu'ils intègrent la part Fabrication.

L'ensemble des actions de formation identifiées sur les autres territoires sont en rapport direct avec ces besoins émergents en termes de compétences pour le développement de la Fabrication Additive Métallique.

La mise en œuvre de la Fabrication Additive Métallique en Normandie et plus particulièrement pour des activités des énergies et du naval va nécessiter des actions de formation pour l'apport de connaissances et la montée en compétence de salariés.

L'analyse faite sur les 9 métiers en évolution fait apparaître ces besoins sur les métiers « clés » pour une introduction réussie.

La fabrication additive s'est développée dans un premier temps avec les missions et activités R&D des entreprises ou l'on a pu observer que l'ensemble des réalisations (conception, réalisation, essais) était porté par la(les) même(s) personnes dans une démarche d'approche de la FA.

Nous avons également pu constater que les démarches engagées dans certaines entreprises ont très souvent pour origine la volonté d'une ou plusieurs personnes. Nous retrouvons en règle générale, des profils autodidactes intéressés par les innovations technologiques. Au cours des échanges, nous relevons que ces profils se sont auto-formés aux différentes technologies avec pour point de départ, l'introduction d'une « simple » imprimante 3D au sein de leur service (R&D, prototypage,...)

A ce jour, les entreprises expriment une volonté de franchir une 2ème étape avec la sensibilisation du personnel pour l'introduction de la Fabrication Additive Métallique sur des fabrications via des cas d'usage et à moyen terme, avec l'introduction progressive de machines de fabrication additive dans les process. Cela va nécessiter obligatoirement la mise en place d'actions de formation de professionnalisation sur les métiers que l'on a identifié en évolution.

A partir des premières analyses faites et à l'issue des entretiens avec les structures de formation des territoires Gironde-Landes et Champagne-Ardenne, les actions à proposer sont de différents types :

- **Actions de sensibilisation/découverte** pour permettre de comprendre le concept de la fabrication additive, connaître les procédés de fabrication additive, identifier les enjeux technico-économiques et appréhender les avantages et contraintes de ce mode de fabrication. Ces actions de sensibilisation/découverte sont sur un format de 1 à 2 jours.
- **Actions de montée en compétences** sur des activités déjà existantes dans l'entreprise mais nécessitant l'apport de connaissances spécifiques à la Fabrication Additive Métallique. En complément des formations découvertes, ces actions doivent permettre l'acquisition de connaissances spécifiques (moyens de réalisation, outils de conception, technologies...). Ces actions de formation peuvent prendre un format de 4 à 5 jours suivant l'activité du métier et le contexte de mise en œuvre.
- **Actions de formation en compétences** sur des moyens de réalisation spécifiques à la Fabrication Additive Métallique, que ce soit sur les métiers de la conception, de la production ou en phase d'industrialisation. Ces actions peuvent prendre un format plus long (supérieur à 1 semaine) selon les besoins et les spécificités des activités, le niveau de compétences requises et les profils des salariés.

Pour les actions de formation de sensibilisation et de montée en compétences, nous sommes dans un format formation continue. La mise en œuvre peut être confiée à différentes structures existantes ayant déjà développé ces types de formation (exemple du CETIM et de Platinum 3D sur les modules découverte).

L'analyse faite sur la partie technique du projet FANI à partir de l'identification des cas d'usage laisse apparaître 2 procédés majeurs pour le périmètre de l'étude. Il s'agit des procédés WAAM (cellule robotisée de soudage) et LPBF (fusion sur lit de poudre)

En ce qui concerne les formations initiales, le retour des territoires fait apparaître plusieurs réponses aux attendus et selon les métiers identifiés dans la chaîne de valeur de la Fabrication Additive Métallique.

Pour la partie « **Conception** », différentes certifications de niveau 7 sont proposées par un ensemble d'Écoles d'Ingénieur sous un format plutôt « optionnel FABA, voir Fabrication Additive Métallique (exemple CESI Rouen) sur l'ensemble du territoire. Ces formations, proposées largement par la voie de l'apprentissage, peuvent permettre aux entreprises d'intégrer la Fabrication Additive Métallique au sein de leur structure en parallèle de la formation continue des salariés.

Sur ces publics étudiants sur les niveaux 7, les projets proposés par les entreprises et les profils des entreprises permettront de garantir une certaine attractivité qui autorise à penser qu'une partie des Ecoles peut être partie prenante dans le projet FANI.

Pour la partie « **Méthodes, Industrialisation** », les missions peuvent être confiées, selon les typologies d'entreprises et le niveau des missions attribuées à des niveaux pouvant aller de 5 à 7.

La recommandation faite par les structures rencontrées s'oriente plutôt sur des certifications de niveau 6 (licence pro et Bachelor).

Une formation de niveau 6 est mise en place par le Pôle formation UIMM Champagne-Ardenne avec le Bachelor UIMM « Intégration des procédés » avec une spécialisation fabrication additive et soustractive. Cette formation débutera à la rentrée de septembre 2023.

Sur le territoire Normand, nous identifions des formations de niveau 6 pouvant répondre partiellement aux besoins de la Fabrication Additive Métallique sur ces métiers Méthodes Industrialisation.

- Licence Pro CAPPI – (Conception et amélioration de processus et procédés industriels) et du Bachelor Intégration des procédés ;

Ces certifications, proposées par FIM CCI Formation (Granville) et Pôle Formation UIMM ESE (Evreux), débuteront en septembre 2023 ;

- Le Bachelor Intégration des Procédés est en cours d'ouverture sur le Pôle Formation UIMM GON (CAEN).

Ces deux formations nécessiteront une « hybridation » ou « coloration » des parties professionnelles. Cette hybridation est une adaptation de la formation professionnelle sur les certifications visées pour répondre aux besoins en emploi des territoires et des filières d'activité pour favoriser le développement économique.

Dans le cadre du projet FANI, cela doit constituer un enjeu important de l'adaptation progressive des compétences en lien direct avec l'introduction de la Fabrication Additive Métallique dans les entreprises.

Cette hybridation doit pouvoir se faire dans le volume acceptable et possible du programme de formation devant répondre au référentiel de certification selon l'inscription RNCP.

Le retour d'expérience des territoires Champagne-Ardenne et Gironde-Landes laisse ressortir une attractivité importante de la fabrication Additive Métallique sur les filières professionnelles mais un faible taux d'apprenants du fait de la rareté des offres entreprises proposées.

De toute évidence, l'hybridation de ces formations devra se faire à l'issue d'une définition précise des attendus des entreprises (technique et quantitatif) et selon le(s) procédé(s) Fabrication Additive Métallique majeur(s) retenu(s) par les entreprises.

Cette hybridation devra également se faire progressivement dans le temps en fonction du niveau de maturité de l'intégration de la Fabrication Additive Métallique dans les entreprises.

Pour la partie « **Fabrication** », à ce jour, aucune formation initiale est dédiée à la FABA. Lors de nos échanges en local, il nous a été confirmé l'absence de la FABA dans les programmes de formation de niveau 4 et 5 en lien direct avec la fabrication de pièces mécaniques.

Ce constat est identique sur les territoires Champagne-Ardenne et Gironde-Landes.

Pour répondre au besoin de formation sur la conduite des équipements industriels de la Fabrication Additive Métallique, des certifications de branche de type CQPM ont été créés et inscrites au RNCP sous l'impulsion forte d'entreprises du territoire de Gironde-Landes (SAFRAN, LISI).

L'analyse des sessions organisées sur la certification spécifique à la Fabrication Additive Métallique fait apparaître qu'à ce jour, seulement une quinzaine de salariés ont été formés à l'utilisation des moyens.

Plusieurs raisons sont évoquées par les structures de formation concernées :

- Des fournisseurs d'équipements qui forment à l'utilisation des équipements fournis ;
- Peu d'entreprises ont des équipements de fabrication qui nécessitent la formation de salariés en complément de celles des fournisseurs ;
- La disponibilité de plateaux techniques des organismes de formation ou partenaires (nombre d'équipements, procédés...) et les conditions d'accessibilité.

L'identification des bons profils dans les entreprises pour les formations à la conduite des équipements de Fabrication Additive Métallique notamment dans le cadre de la montée en compétences de salariés restera un enjeu majeur pour les entreprises.

- ➔ Dans le cadre des actions menées en Gironde Landes, les profils de formation initiale ou expérimentés en Usinage soustractif ont été positionnés par les entreprises. La mise en œuvre du procédé (Poudre), les conditions HSE (tenue spécifique) et les résultats des pièces réalisés (allure générale) ont alimentés l'approche négative et la posture des usineurs habitués à leurs technologie soustractive. Ces profils ont fait globalement remarquer un sentiment de dévalorisation de leurs compétences techniques et de perte de repères.

Les formateurs ont rencontré quelques difficultés à fédérer les groupes autour de la valeur ajoutée de la Fabrication Additive Métallique dans le contexte industriel Aéronautique.

- ➔ La réussite des modules de formation sur la fabrication peut être conditionné :
 - Aux profils ayant « envie » et/ou en attitude positive ;
 - A des primaux apprenants sans compétence sur la fabrication soustractive.

En conclusion sur les parcours de formation (continue ou initiale) à mettre en place sur les métiers de la Fabrication Additive Métallique pour les secteurs d'activité Navale et Energies, une analyse permanente et évolutive des besoins en compétences doit permettre de cibler très précisément le montage pédagogique nécessaire.

Cela ne pourra se faire qu'au fil du temps au travers d'une cellule de veille qui aura en charge le recueil de l'ensemble des besoins du territoire en lien directe avec les entreprises et les organismes de formation pouvant répondre (et adapter) les ressources. Cette veille devra également intégrer l'évolution des procédés utilisés ou pressentis dans les entreprises.

Pour mener à bien ces parcours de formation dans l'apport de connaissance et de compétences, une réflexion doit également être menée sur les équipements nécessaires à la formation et leurs conditions de mise en œuvre (disponibilité, accessibilité). Sur les 2 territoires que nous avons rencontrés, des plateaux techniques sont en place et portés par les structures de formation (ou partenaires).

Pour le projet FANI, l'étude technique sur les procédés identifiés dans le cas des cas d'usage donne une première orientation sur les équipements nécessaires.

Une réflexion doit être menée pour intégrer la plus grande disponibilité et accessibilité des moyens à un plus large public possible dans les différentes filières et niveaux de formation. Le positionnement des équipements et les conditions d'utilisation vont conditionner la réussite de l'introduction de la Fabrication Additive Métallique.

Selon la(les) solution(s) envisagée(s), le facteur attractivité sera également un atout important dans la sensibilisation des publics.

4. PRECONISATIONS SUR LA FORMATION

4.1. Identification du vivier de salariés à former sur la FAM

Une analyse des effectifs positionnés (positionnables) sur les différents métiers émergents et/ou en évolution majeur sur l'ensemble du territoire a été également faite auprès des entreprises du territoire dans les secteurs du Naval et des Energies.

Cette quantification doit permettre de définir les formats des différents modules de formation à construire sur le territoire, ou le cas échéant, à externaliser de la Région Normandie.

Elle doit également permettre d'identifier, avec les structures de formation du territoire, les actions spécifiques à construire, de déterminer une temporalité de ces actions et à anticiper les ressources formatrices (matériels et humaines).

Un point d'attention nous a été remarqué par les territoires sur l'identification des ressources « formateurs » nécessaires dans les montages pédagogiques.

Sur Champagne Ardenne, les plateaux techniques de Platinum 3D et les salariés permanents assurent des modules de formation dans les parcours « hybridés ». Il en est de même sur le territoire Gironde-Lande avec le Pôle Formation UIMM.

Pour les actions de formation « module découverte », plusieurs solutions existent sur les territoires, notamment avec le parcours proposé par le CETIM.

La quantification des besoins en formation, du module découverte aux parcours en formation initiale en passant par les différents modules techniques spécifiques à la Fabrication Additive Métallique permettra de prioriser les actions de formation à mettre en œuvre.

Cela permettra également, dans une 2^{ème} phase d'analyse et de définition plus précise des formations nécessaires (création de modules dédiés, hybridation des formations existantes, implantation de formation...). Cette synthèse a été établie à partir des besoins identifiés par les entreprises associées à l'étude FANI.

Pour déterminer le volume de profils à former, nous avons bâti une estimation par un croisement à partir des données INSEE (codes FAP associés aux métiers), des données de l'observatoire (nombre d'établissements et effectifs salariés) et de la répartition des effectifs selon une étude de l'OPCO2i. Ce volume est déterminé pour le périmètre géographique de la Normandie.

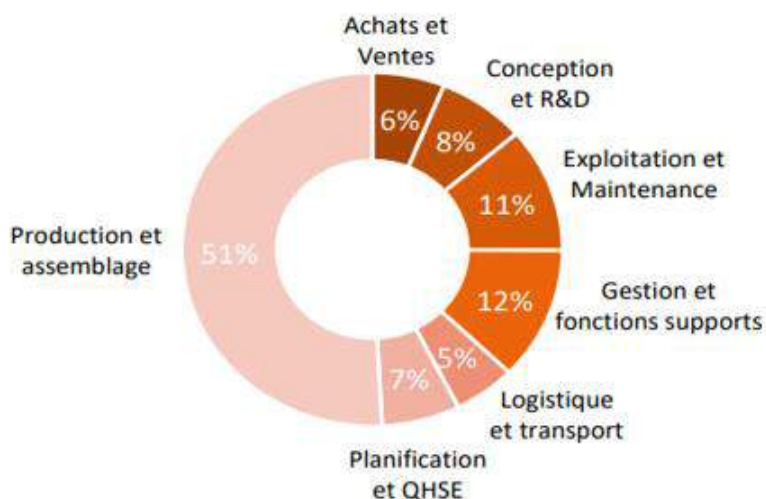
Sur l'outil territoriale de l'observatoire de la métallurgie, nous recensons actuellement près de 1 500 établissements sur les secteurs d'activité « Alliages et produits mécaniques », « Mécanique » et « Naval » pour un total de près de 37 000 salariés.

A partir des code FAP INSEE, pour les métiers identifiés, nous avons un effectif global suivant :

Libellé FAP 87	Libellé région	Emploi moyen (2015-2019)
Ouvriers qualifiés travaillant par enlèvement de métal	Normandie	7 970
Ouvriers qualifiés de la mécanique	Normandie	7 806
Techniciens et agents de maîtrise des industries mécaniques	Normandie	14 823
Ingénieurs et cadres techniques de l'industrie (Métallurgie)	Normandie	5 694
Dirigeants Métallurgie (UIMM)	Normandie	570
		36 863

Répartition des emplois par métier

Sources : données DADS 2017 ; retraitements Katalyse



A partir de ces données en considérant la répartition type des emplois par catégorie de métier ci-dessus et par extrapolation, nous avons déduit un nombre total en fonction de la typologie des entreprises (PME, PMI), des organisations types existantes (BE, Production, fonctions supports), pour un échantillonnage de 10 % des entreprises de l'ensemble du territoire normand.

Cette analyse a été consolidée et complétée par les besoins exprimés par les entreprises associées à l'étude FANI.

Les totaux représentent un vivier potentiel de salariés à former dont l'échéancier dépendra de rythme d'intégration de la Fabrication Additive Métallique dans les entreprises. **Cette évaluation du vivier de salariés à former sur la FAM, par typologie de formation, est présentée ci-après.**

		Sensibilisation	Modules	Techniques
Acheter				
Commercialiser	Acheteur	117	0	0
Concevoir rechercher	Concepteur pièces	0	20	360
	Projeteur - Dessinateur	0	400	0
	<i>Qualification dimensionnement/caractérisation</i>	0	0	1
Préparer Organiser	Technicien Méthodes industrialisation	0	409	0
	Préparateur Méthodes	207	0	0
	Programmeur	0	0	8
Produire réaliser	Conducteur d'Equipements Industriels / Opérateur	0	20	0
	Technicien Usinage	0	613	0
	Technicien Contrôle	0	0	156
Gérer Administrer	Manager proximité / Dirigeant	570	0	0
Total par typologie de formation		894	1462	525
TOTAL		2 881		

Le vivier est évalué à 2 881 salariés, soit 7,8% de l'effectif salarié total de base. Ces besoins seront amenés à augmenter suivant le rythme d'intégration de la FAM dans les entreprises.

A noter qu'au regard de ces volumes, la mise en place des différentes formations se fera de manière progressive sur plusieurs années et en fonction de l'introduction de la Fabrication Additive Métallique dans les entreprises.

Cette montée progressive des formations va en premier lieu concerner les Grands Donneurs d'Ordres avec les métiers de la Conception à court terme et les métiers de Méthodes Industrialisation dans un second temps.

Ce « ramp up » sera rythmée par les différentes étapes de validation des cas d'usage sur les procédés retenus.

Il en sera de même pour les actions de sensibilisation à la Fabrication Additive Métallique qui touchera progressivement les entreprises et les profils ciblés.

4.2. Présentation par métier émergent et/ou en évolution majeure des formations et certifications à développer ou renforcer en Normandie

Comme identifié sur les parties précédentes en fonction des besoins des entreprises et de la temporalité de l'introduction de la Fabrication Additive Métallique, nous nous orientons sur 3 actions majeures dans des parcours de formation à mettre en œuvre.

Ces actions, à définir et à construire sur le plan pédagogique, devront se mettre en place dans une timing suffisamment élaboré pour répondre au plus juste dans le temps et au plus près des échéances fixées suivant les scénarios techniques envisagés.

- **Les Actions de sensibilisation/découverte** peuvent être mises en œuvre dès à présent et ouvertes à un plus large public possible. Elles sont déjà existantes et mises en place sur d'autres territoires par des acteurs identifiés, dont le CETIM. Ces actions de sensibilisation se font dans un format de 1 jour à 2 jours (avec la démonstration de moyens).
- **Actions de montée en compétences.**

→ Pour la partie Fabrication/méthodes : Sur les procédés identifiés lors de la partie technique de l'étude par le CETIM, mise en place d'actions, de courte durée (de l'ordre de 5 jours), pouvant être menées sur des plateaux techniques existants et/ou à concevoir en territoire.

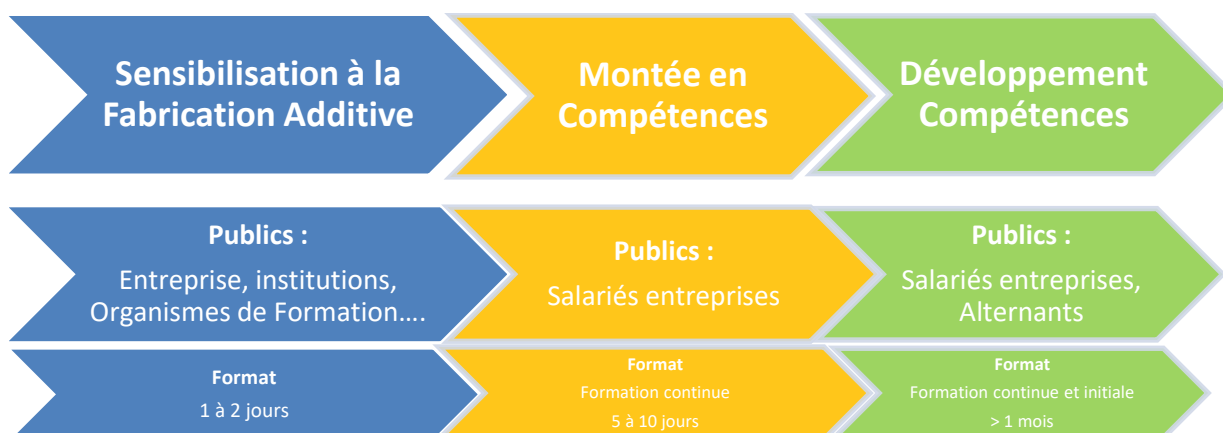
→ Pour la partie Conception, des parcours de formation existent dans un format similaire sur le territoire national. L'identification précise des compétences (en lien avec les procédés et les outils numériques) peut permettre la mise en œuvre sur un court à moyen.

- **Actions de formation en compétences** avec l'hybridation de formation existantes sur le territoire.

→ Identification précise des besoins et des profils cibles (origine des candidats) pour intégration sur des parcours de formation longs (initiale ou continue) par la voie de l'alternance ou du développement des compétences (salariés)

→ Définition précise des compétences à acquérir pour définir l'hybridation des formations retenues sur le territoire puis construction avec les acteurs de la formation de l'organisation pédagogique

Schéma de synthèse des besoins en typologie de formation



Pour les actions de formation où nous ciblons des certifications de type diplômes (BAC, BAC+2, BACHELOR...), une consultation des acteurs de la formation du territoire sera à mener dans une seconde phase. Il s'agit du Rectorat, de la Région Normandie et des structures porteuses des formations identifiées préalablement.

Cette phase, sous un format plus technique, devra permettre de définir de manière exhaustive les modules techniques à associer aux parcours dans le cadre d'une hybridation. Elle dépendra également de la définition précise des ressources matérielles qui seront définies et accessible pour dispenser les modules préconisés.

Cette phase permettra d'identifier :

- Les partenaires à associer en complément de ceux déjà identifiés,
- Les certifications visées ;
- Les actions de formation à mettre en œuvre ;
- L'hybridation souhaitée des formations ;
- Les moyens techniques nécessaires.

Un point d'attention tout particulier sera important dans cette 2^{ème} phase avec l'identification des ressources « formateurs » sur les différents sujets.

4.3. Déploiement des formations par métier

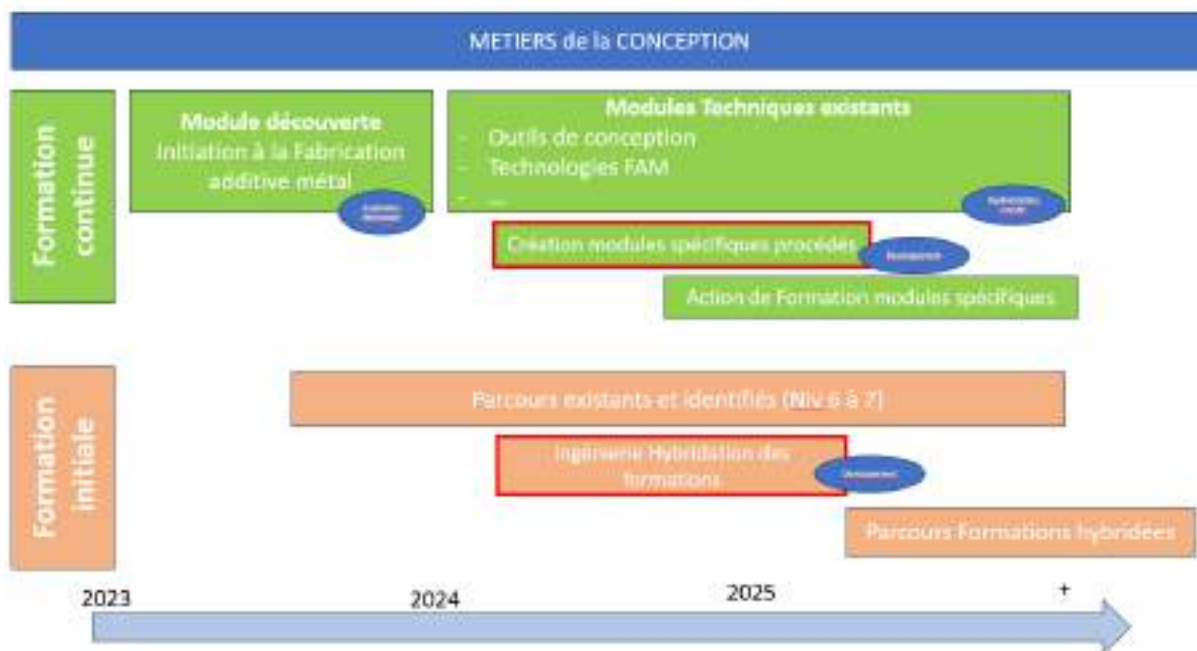
Sur l'ensemble des métiers identifiés pour la mise en place d'actions de formation, la mise en œuvre se fera sur un rythme différent et dans un timing différent également.

L'introduction de la Fabrication Additive Métallique devant se faire progressivement et par étapes successives dans le process de réalisation, les actions de formations modulaires et techniques devront être construites et planifiées dans la même temporalité.

Les schémas ci-dessous représentent une projection de ce que pourrait être la mise en œuvre des formations initiales et continues dans un espace-temps de 2 à 5 ans.

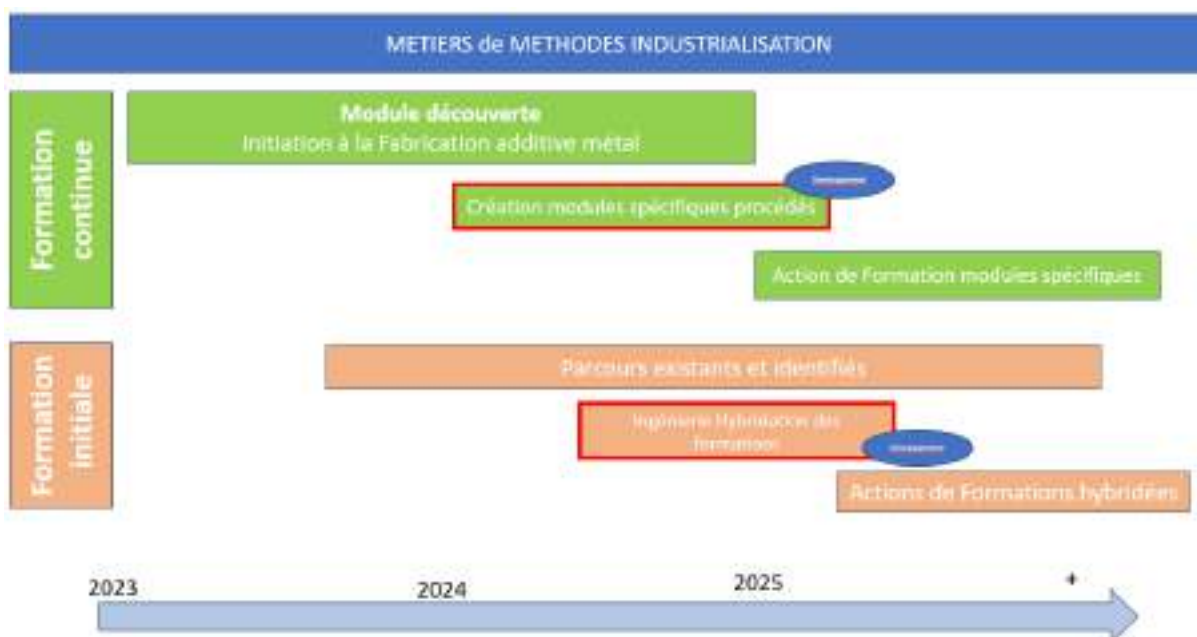
Pour les **métiers de la conception**, la mise en place des formations (Module découverte aux modules techniques), peut être engagé dans un timing très court, dès lors que les cas d’usage auront été validés.

L’hybridation des formations initiales existantes doit pouvoir être engagée sur l’année 2024 pour permettre l’intégration dès les rentrées 2025.



Pour les **métiers de l’industrialisation**, la mise en place des formations Module découverte doit s’engager dans le même tempo que les métiers de la conception. Il en est de même pour les formations initiales déjà existantes hors territoires.

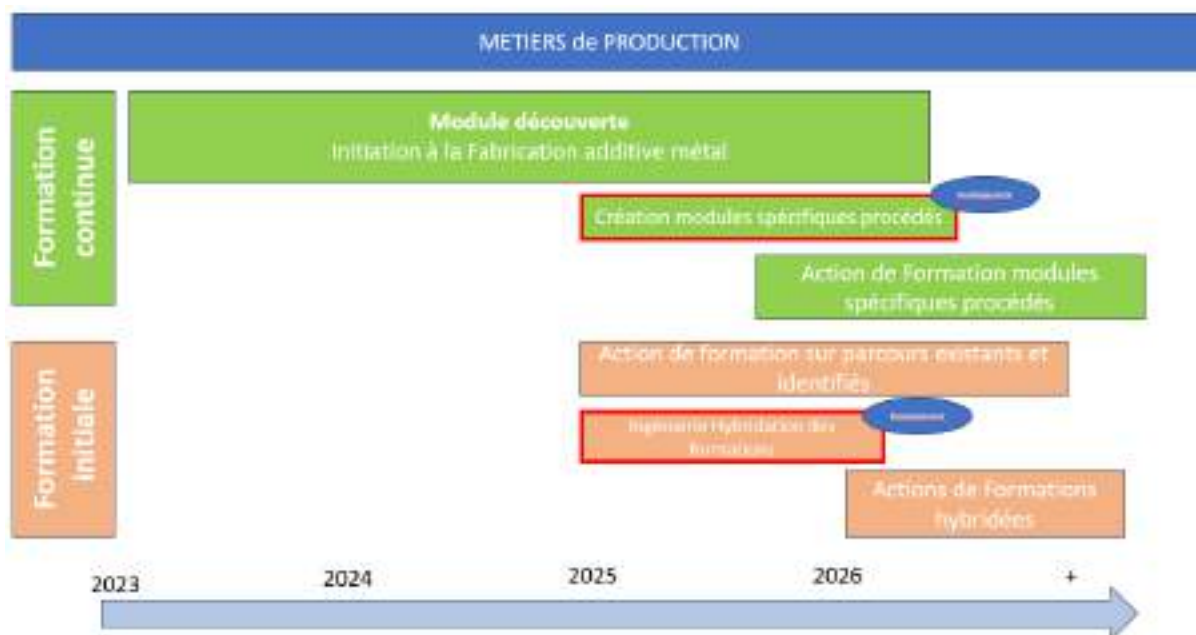
La définition de nouveaux modules techniques et l’hybridation des formations initiales doit pouvoir être engagées sur 2024 pour une mise en œuvre dès 2025.



Pour les **métiers de la production**, la mise en place des formations initiales et continues sera très dépendante des moyens techniques déployés dans les entreprises. Il est cependant nécessaire d'avoir une réflexion sur les modules techniques à développer et à introduire dans les formations initiales dans le cas de l'hybridation des parcours dès 2024.

Moins impactante sur les premières démarches de formation à engager, et du fait d'une volumétrie moindre, des référentiels de certifications existants permettront de construire des parcours dédiés, notamment dans le cadre de la formation continue.

C'est ce qui a été mis en place sur le territoire Gironde-Landes.



5. PRINCIPAUX ENSEIGNEMENTS SUR LES COMPETENCES

Ce qu'il faut retenir de manière générale sur le volet compétences de l'étude FANI est le fait qu'il n'y ait **pas de métiers émergents** dans la chaîne de valeur d'une Fabrication Additive Métallique **mais des métiers déjà existants qui sont en évolution majeure pour certains d'entre eux**.

La Fabrication Additive Métallique est une technologie de rupture avec la fabrication soustractive historique dans une majeure partie de nos entreprises. Cependant, **avec le procédé WAAM, nous sommes en proximité technologique avec la robotique soudage qui commence à s'intégrer dans le tissu industriel normand**.

Les formations nécessaires pour une introduction réussie de la Fabrication Additive Métallique dans le territoire **pour les secteurs des énergies et du naval sont à bâtir à partir de certifications existantes** en proximité des compétences attendus par les industriels.

Des parcours de formation initiale existants sont à « hybrider » progressivement suivant le rythme d'intégration de la FAM dans les entreprises à plus ou moins long terme mais également par l'anticipation avec l'acquisition de moyens dédiés et partagés.

L'hybridation des formations initiales existantes et la création de nouveaux modules se feront en étroite concertation avec l'ensemble des acteurs du territoire, et tout particulièrement :

- le Rectorat de Normandie et la Région Normandie ;
- les autres filières industrielles normandes (aéronautique, agroalimentaire, médical, etc.) ;
- les instances consultatives, à l'image du CREFOP.

L'intégration de la FAM dans les entreprises et la réalisation des premiers cas d'usage seront indispensables pour pouvoir définir et caractériser les formations spécifiques liées aux procédés technologiques retenus, aux profils identifiés dans les entreprises et à la volumétrie des profils à former sur les différents bassins industriels normands devront faire l'objet d'une analyse spécifique.

La définition des compétences à développer et des prérequis permettra de déterminer avec plus de précisions les objectifs et les contenus pédagogiques. **Dans cet objectif, il sera nécessaire de se voir constituer un consortium dédié, autour notamment d'un plateau technique mutualisé**, réunissant les experts techniques de la FAM et les organismes de formation partenaires. **Ce plateau technique devra permettre la maîtrise de la chaîne complète de la fabrication additive et faciliter la réalisation de cas d'usage en mobilisant plusieurs métiers (concepteur, programmeur et opérateur).**

L'implication des industriels dans cette première phase d'étude FANI a été une réussite et sera indispensable pour rentrer dans une phase opérationnelle d'intégration de la FAM dans les secteurs industriels ciblés.

PARTIE 4 – PLAN D’ACTIONS PROPOSE



1. LES ENJEUX DE L'INDUSTRIE DU FUTUR ET DE LA FABRICATION INTELLIGENTE

Préalablement à la formalisation du plan d'actions répondant aux enjeux identifiés par le diagnostic FANI visant à l'intégration de la FAM dans les secteurs des énergies et du naval en Normandie, il est pertinent d'inscrire ce plan d'actions en cohérence avec les enjeux globaux de l'industrie du futur.

A cette fin, le 8^{ème} rapport annuel sur la situation de la fabrication intelligente dans le monde, réalisé par la société Rockwell Automation et publié en 2023, apporte un éclairage à la fois prospectif et opérationnel sur la perception par les industriels des enjeux technologiques et humains de l'industrie du futur.

Cette enquête est réalisée auprès de 1 350 industriels dans le monde (cadres et dirigeants) intervenant sur les principaux secteurs manufacturiers.

Le rapport aborde l'industrie du futur mais il s'attache plus particulièrement aux enjeux de la fabrication intelligente qui se définit comme l'orchestration et l'optimisation intelligentes et en temps réel des processus commerciaux, physiques et numériques au sein des usines et de toute la chaîne de valeur. La fabrication additive fait partie des nouvelles technologies de la fabrication intelligente.

Les principaux enseignements de ce rapport viennent abonder et confirmer la perception, les préoccupations et les enjeux exprimés par les industriels ayant participé à la réalisation du diagnostic FANI.

ANNEXE : le 8^{ème} rapport annuel sur la situation de la fabrication intelligente de Rockwell Automation est joint au présent rapport.

1.1 Les perspectives d'investissements des industriels

Dans le cadre de l'enquête, les industriels interrogés ont détaillé les technologies sur lesquels les entreprises ont investi en 2022 ou comptent investir en 2023.

Parmi les technologies suivantes, dans lesquelles votre entreprise a-t-elle investi / prévoit-elle d'investir en (2022/2023) ?



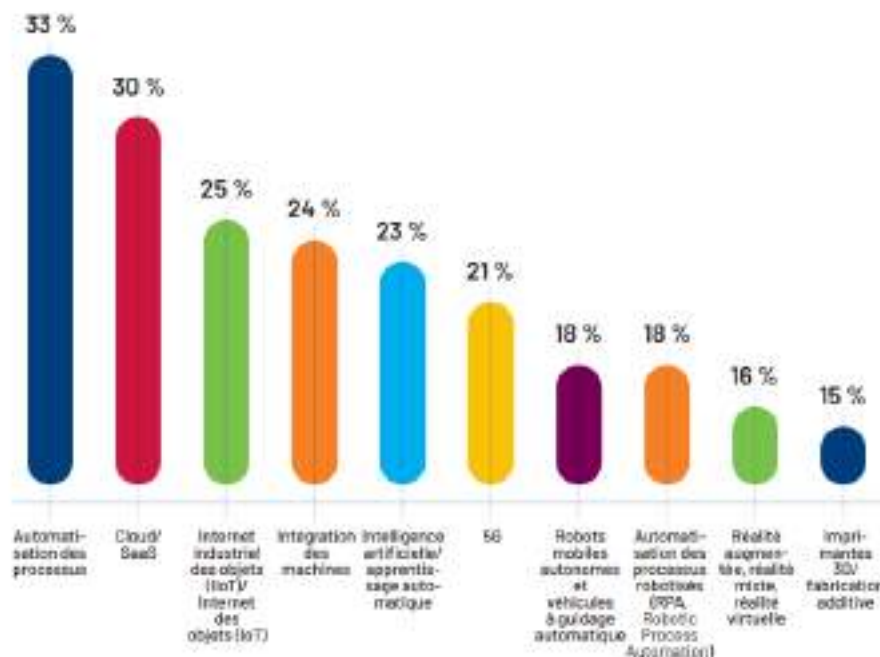
8^{ème} rapport annuel sur la situation de la fabrication intelligente – Rockwell Automation – 2023

Les technologies privilégiées en termes d'investissement sont l'automatisation des processus et les clouds / SaaS avec 63% des personnes interrogées. **La fabrication additive est bien située avec 44% des industriels interrogés qui comptent investir ou ont déjà investis sur cette technologie.**

Compte-tenu de la forte proximité de certains procédés FAM avec la robotique (cf. WAAM), les investissements vers la robotique et l'automatisation des processus robotisés viennent renforcer l'intégration future de la FAM dans les entreprises.

Une tendance qui ressort également du diagnostic FANI, le procédé WAAM (soudage robotisé) étant celui qui offre le plus d'opportunités industrielles. L'intégration de cette technologie dans les industries des énergies et du naval se fera obligatoirement par l'intégration de la robotique en préalable.

Parmi les technologies dans lesquelles votre entreprise a investi, lesquelles vous ont rapporté le plus grand retour sur investissement au cours des 12 derniers mois ?

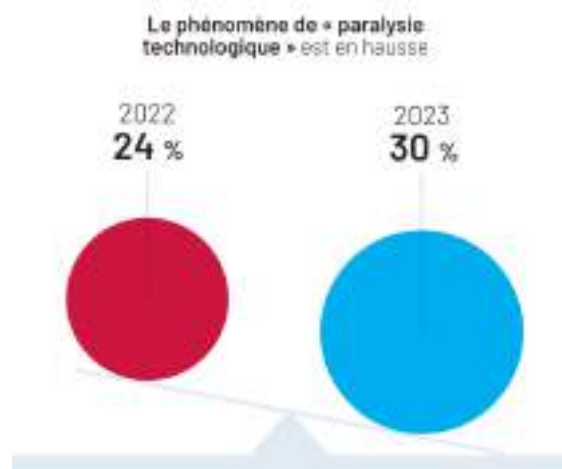


8^{ème} rapport annuel sur la situation de la fabrication intelligente – Rockwell Automation – 2023

Les investissements dans l'automatisation des processus et le cloud / SaaS ont offert les meilleurs retours sur investissements pour les industriels interrogés. **Il est intéressant de noter que la fabrication additive figure déjà parmi les 10 technologies offrant les meilleurs retours sur investissement alors même que la fabrication additive n'est pas encore au stade de l'industrialisation dans de nombreux secteurs industriels.**

1.2 La paralysie technologique comme frein décisionnel

Pour de nombreux industriels interrogés, l'offre pléthorique de systèmes et de procédés disponibles sur le marché entraîne une « paralysie technologique », en d'autres termes, une incapacité à décider quelle solution adopter. Les risques multiples qui pèsent sur l'industriel dans ses choix expliquent cette paralysie.



8^{ème} rapport annuel sur la situation de la fabrication intelligente – Rockwell Automation

Une entreprise qui ne serait pas en mesure d'investir dans les technologies en raison de ce type de paralysie décisionnelle est susceptible d'éprouver des difficultés à être concurrentielle.

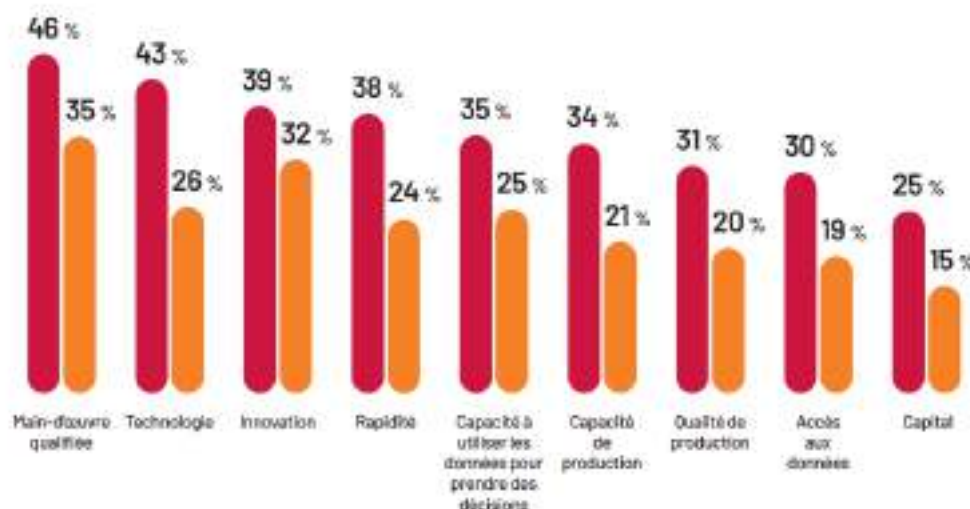
Les préoccupations dans ce domaine ne cessent de croître, 30% des industriels interrogés expriment ce risque de paralysie technologique dans leur entreprise.

Cette paralysie est en partie à l'origine de la réalisation du diagnostic FANI pour la Fabrication Additive Métallique (FAM). Les résultats du diagnostic ont permis d'apporter des enseignements majeurs et notamment de sélectionner les procédés offrant les meilleures perspectives pour les industries des énergies et du naval. Les industriels devront toutefois être accompagnés individuellement mais aussi collectivement pour sécuriser et sortir de cette paralysie technologique et industrielle.

L'absence d'un accompagnement structuré ne permettra pas d'intégrer la FAM à court terme dans les secteurs industriels ciblés en Normandie.

1.3 Les compétences des salariés au cœur des préoccupations des industriels

Quels sont les principaux freins au développement de votre compétitivité ?



8^{ème} rapport annuel sur la situation de la fabrication intelligente – Rockwell Automation – 2023

Les compétences des salariés sont plus que jamais au cœur des enjeux industriels dans le monde d'aujourd'hui et de demain. Les entreprises qui seront en capacité d'attirer, retenir et monter en compétence leurs salariés auront un avantage concurrentiel majeur.

Conscients de ces enjeux, 46% des industriels interrogés ont déclaré subir un manque de main-d'œuvre qualifiée pour être plus compétitif. Une préoccupation qui a fortement augmenté en seulement un an, puisqu'ils étaient seulement 35% à exprimer cette même crainte en 2022.

1.4 L'intégration des nouvelles générations de salariés devient une préoccupation

En plus des difficultés à trouver de la main d'œuvre qualifiée, les industriels expriment de nouveaux défis en termes de leadership et de management des collaborateurs dans les entreprises.

Quels sont les principaux obstacles liés à la main-d'œuvre auxquels votre entreprise sera confrontée au cours des 12 prochains mois ?



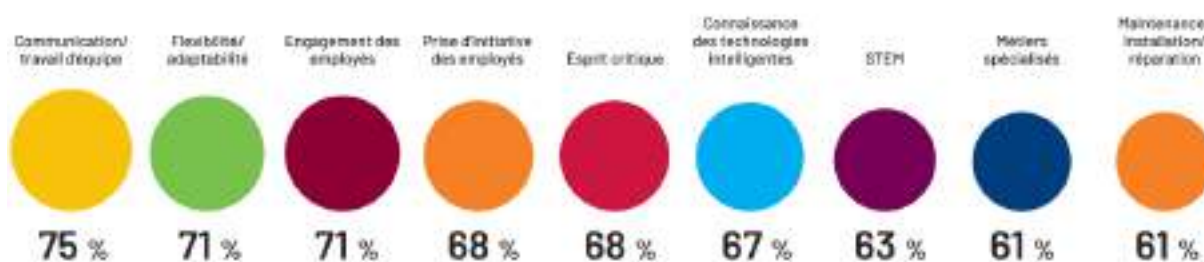
8^{ème} rapport annuel sur la situation de la fabrication intelligente – Rockwell Automation – 2023

Pour les industriels interrogés, le plus grand défi au cours des 12 mois à venir concerne la gestion efficace des employés et des ressources. **La formation des salariés sur les nouveaux processus fait partie des priorités.** Mais une nouvelle préoccupation apparaît, celle visant à comprendre et à gérer l'intégration dans les entreprises des futures générations de travailleurs. L'intégration de ces nouvelles générations figure en troisième position dans la liste des obstacles de leadership et de management dans l'entreprise pour les industriels interrogés.

1.5 Les compétences recherchées pour les salariés de demain

Dans une projection sur les besoins en connaissances et en compétences, les industriels ont exprimé par ordre de priorité celles qu'ils attendront de leurs futurs collaborateurs.

Quelle est l'importance des connaissances et/ou des compétences suivantes au fur et à mesure que votre entreprise recrutera sa prochaine génération d'employés ?



A la lecture des résultats, il est intéressant de noter que les principales compétences recherchées par les industriels portent sur les qualités humaines et le « savoir-être » :

- *Le travail en équipe ;*
- *La flexibilité et l'adaptabilité ;*
- *L'engagement au travail ;*
- *La prise d'initiative ;*
- *L'esprit critique.*

Tous les industriels interrogés ont mis en évidence l'importance capitale des compétences générales telles que la communication et la collaboration. Si le développement des outils de numérisation ou d'automatisation permet de simplifier et de sécuriser certaines tâches du travail, cela a aussi pour conséquence d'augmenter le nombre de travailleurs et de services à collaborer ensemble ou à déléguer. Cette augmentation du travail collaboratif et d'analyse des informations renforce l'intérêt pour les entreprises de disposer de collaborateurs en capacité de donner et comprendre des instructions complexes.

Il est intéressant de noter que les industriels évoquent la connaissance des technologies intelligentes avant même les connaissances techniques propres aux métiers.

Cette acculturation progressive aux nouvelles technologies, et notamment à la FAM, est indispensable pour que les futurs salariés puissent appréhender et intégrer « cette pensée additive » le plus tôt possible. On s'inscrit ici dans une période de transition et d'hybridation des connaissances entre les procédés conventionnels en vigueur dans les entreprises et les technologies du futur qui vont intégrer progressivement l'industrie.

Dans le cadre de la réalisation du diagnostic FANI, l'analyse de l'offre de formation à l'étranger n'a pas permis d'identifier de bonnes pratiques significatives par rapport à la France. En revanche, une volonté de standardisation des formations est portée par l'IAMQS (International AM Qualification System).

En revanche, il a été constaté un effort plus important dans certains pays sur l'acculturation à la fabrication additive. Dans de nombreux pays, des imprimantes 3D ont été mises en place dès l'école primaire et les professeurs ont été formés pour permettre aux enfants d'appréhender et comprendre ces nouvelles technologies.

A titre d'exemple, dès 2013, le ministère de l'éducation britannique avait débloqué plus de £500 000 pour aider 60 écoles à s'équiper en imprimantes 3D et former les enseignants à leur utilisation. Une aide financière qui a permis à ces établissements d'intégrer plus facilement les technologies 3D et proposer aux jeunes de cas d'applications concrets et utiles pour leur avenir. Si on reste en Angleterre, on constate que d'autres initiatives se sont mises en place pour promouvoir l'impression 3D à l'école, comme la plateforme Education Project qui permet de relier des entreprises spécialisées dans les technologies 3D à des écoles et ainsi favoriser la formation des enseignants.

Ces démarches existent en France mais elles ne sont pas aussi structurées et reposent sur des initiatives des établissements scolaires ou de certaines Région.

2. SYNTHÈSE DES ENSEIGNEMENTS INDUSTRIELS

Les principaux enseignements industriels issus du diagnostic sont les suivants :

- ➔ **15 industriels ont été associés à l'analyse des opportunités** de la fabrication additive métallique pour les secteurs des énergies et du naval
- ➔ **110 pièces identifiées comme à potentiel** pour de la Fabrication Additive Métallique
- ➔ De cette analyse d'opportunités, **il ressort trois technologies de Fabrication Additive Métallique** :
 - WAAM (cellule robotisée de soudage) = 60 % des pièces
 - L-PBF (fusion sur lit de poudre) = 20 % des pièces
 - Technologies émergentes non-mâtures = 20 % des pièces.

La stratégie d'industrialisation de la FA pour les secteurs des énergies et du naval doit permettre de :

- ➔ **Poursuivre la sensibilisation des acteurs et renforcer progressivement l'offre de formation** sur la FA
- ➔ **Accompagner les industriels sur toutes les technologies FAM identifiées**
- ➔ **Structurer une véritable montée en compétence régionale** en lien avec le procédé majeur qui s'inscrit dans les compétences historiques du territoire : le soudage, la robotisation/automatisation et le WAAM.

3. SYNTHÈSE DES ENSEIGNEMENTS SUR LES BESOINS EN COMPÉTENCES

Les principaux enseignements industriels issus du diagnostic sont les suivants :

Situation actuelle

- ➔ **Pas de formations certifiantes dédiées à la FAM en Normandie**
- ➔ **Des premières formations d'initiation à la FA proposées uniquement sur le plastique et le polymère** à destination notamment des métiers de la conception (conception)

Enjeux identifiés

- ➔ **Neuf métiers prioritaires impactés par la FAM dans l'industrie :**

- Dirigeant
- Manager
- Achat
- Concepteur
- Dessinateur Projeteur
- Technicien Méthodes Industrialisation
- Opérateur conducteur d'équipements
- Technicien Usinage
- Technicien contrôle

Besoins sur la formation continue

- ➔ **Création de modules pour les premiers métiers impactés (conception, industrialisation, fabrication)**

Besoins sur la formation initiale

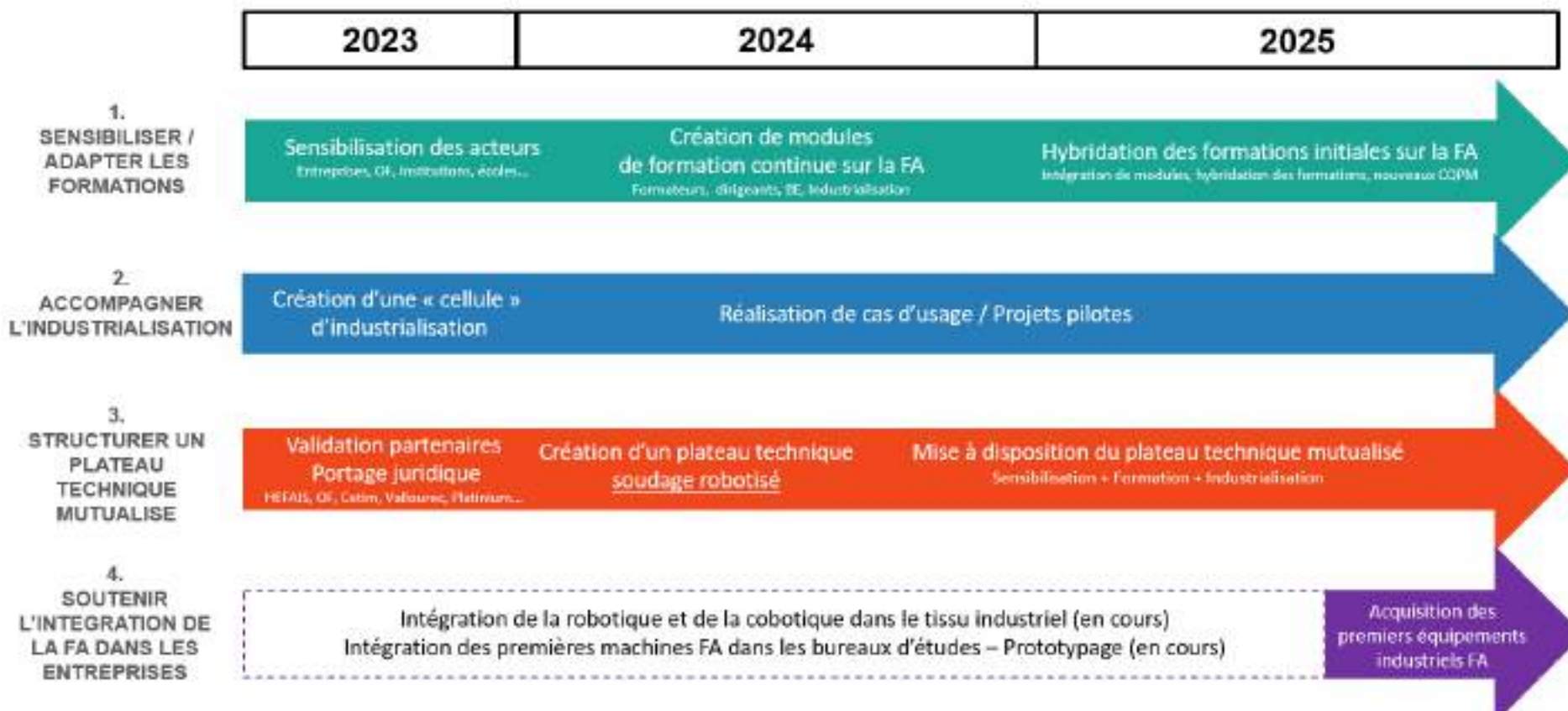
- ➔ **Les besoins industriels actuels ne nécessitent pas encore de formations intégralement dédiées à la FAM**
- ➔ **Il est préconisé une hybridation des formations permettant de gérer cette phase transitoire (technologique et temporelle).**

4. PLAN D' ACTIONS PROPOSE

Eu égard aux nombreux enseignements issus du diagnostic FANI, la mise en œuvre d'une démarche d'industrialisation de la fabrication additive pour les filières des énergies et du naval en Normandie doit être construite selon les 4 axes suivants :

- 1. Sensibiliser les acteurs et adapter progressivement l'offre de formation existante**
- 2. Accompagner l'industrialisation de la FAM dans les entreprises**
- 3. Structurer un plateau technique mutualisé sur le soudage robotisé**
- 4. Soutenir l'intégration de la FAM dans les processus industriels.**

La déclinaison des 4 axes du plan d'actions pourrait être mise en œuvre selon le calendrier suivant :



La description de chacun des axes du plan d'action est présentée ci-après.

1. Sensibiliser les acteurs et adapter progressivement l'offre de formation existante

	Sensibilisation des publics	Montée en compétences	Développement des compétences
Périmètre	- Réunions de sensibilisation / information	- Formation continue (création de modules)	- Formation continue et initiale (création de modules et hybridation)
Missions et objectifs opérationnels	- Comprendre le concept de la FA - Connaître les procédés de la FA - Identifier les enjeux technico-économiques - Appréhender les avantages et contraintes	- Apports de connaissances spécifiques - Prendre en main d'outils dédiés	- Maîtriser la « pensée additive » dans l'industrie - Constituer un « vivier » des futures compétences dans les entreprises
Publics cibles	- Dirigeants d'entreprises - Salariés (BE, Industrialisation,...) - Acteurs de l'emploi - Acteurs de la formation	- Formateurs - Salariés d'entreprises	- Salariés d'entreprises - Alternants - Etudiants (Niv 4 à Niv 7)
Durée	- Formation de un à deux jours	- Formation de 5 à 10 jours	- Formation > à un mois
Acteurs	- Centres techniques (CETIM, Platinum 3D,...) - Cellule industrialisation	- Centres techniques - Organismes de formation	- Education nationale - Organismes de formation

2. Accompagner l'industrialisation de la FAM dans les entreprises

	Cellule d'industrialisation pour la Fabrication Additive (FA)
Missions et objectifs opérationnels	<ul style="list-style-type: none"> - Formaliser les besoins industriels de l'entreprise - Aider à la définition de la stratégie FA - Accompagner la rédaction des cahiers des charges pour la réalisation de cas d'usage et projets pilotes - Aider au montage des dossiers financiers - Suivre les projets - Analyser les résultats (faisabilité technique, gains économiques, intégration dans les processus) - Initier l'émergence de cas d'usage et projets pilotes collectifs (associant plusieurs industriels) - Permettre la réalisation de cas d'usage mobilisant différents métiers (concepteur, programmeur et opérateur) - Définir et partager les processus de contrôlabilité et de qualification des pièces - Accompagner la création du plateau technique soudage robotisé (caractérisations) - Organisation d'événements de type « techdays »
Pilotage Animation	<ul style="list-style-type: none"> - CCI Ouest Normandie - UIMM - CETIM
Industriels membres de la cellule	<ul style="list-style-type: none"> - Nucléaire : EDF, ORANO,... - Naval : NAVAL GROUP, CMN,... - Nautisme : GRAND LARGE YACHTING, FACNOR,... - Nouvelles énergies : HYDROQUEST,...
Entreprises bénéficiaires	<ul style="list-style-type: none"> - Toutes les entreprises industrielles de conception et fabrication pour les secteurs des énergies et du naval

3. Structurer un plateau technique mutualisé sur le soudage robotisé

	Création du plateau technique mutualisé	Mise à disposition aux acteurs du territoire
Missions et objectifs opérationnels	<ul style="list-style-type: none"> - Confirmer les choix technologiques - Concevoir un plateau permettant de maîtriser la chaîne complète de la FA (préfabrication, fabrication et post-fabrication) - Définir les caractéristiques des équipements et du plateau technique - Consulter les fournisseurs et définir les partenariats possibles - Définir le mode d'acquisition (achat / location) - Confirmer le lieu d'implantation et la complémentarité avec la stratégie d'HEFAIS - Valider les conditions d'usage et de fonctionnement - Valider les partenaires de la formation associés à la création du plateau technique - Montage des dossiers de financement 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibiliser les acteurs territoriaux et partenaires : <ul style="list-style-type: none"> ○ Institutionnels ○ Acteurs de la formation ○ Acteurs de l'emploi • Former les entreprises <ul style="list-style-type: none"> ○ Réunions de sensibilisation ○ Formation continue • Former les apprenants et les étudiants <ul style="list-style-type: none"> ○ Formation initiale • Réaliser des cas d'usage et projets pilotes
Pilotage Animation	<ul style="list-style-type: none"> - Cellule d'industrialisation - HEFAIS (gestionnaire du plateau) - Acteurs de la formation partenaires 	<ul style="list-style-type: none"> - HEFAIS (gestionnaire du plateau) - Acteurs de la formation - Cellule d'industrialisation

4. Soutenir l'intégration de la FAM dans les entreprises

	Appui stratégique à l'industrialisation FA	Acquisition d'équipements FA
Missions et objectifs opérationnels	<ul style="list-style-type: none"> - Conseiller l'entreprise dans la structuration de sa stratégie d'industrialisation (diagnostic) - Appui à la stratégie industrielle et d'achats sur la FA (make ou buy) - Identifier la capacité de la sous-traitance FA en mesure de répondre aux besoins de fabrication - Formaliser une feuille de route sur la FA (industrielle + formations) 	<ul style="list-style-type: none"> - Accompagner la validation des caractéristiques techniques des équipements et le choix des technologies - Aider à la rédaction du cahier de charge et des prescriptions techniques - Aider au montage des dossiers de financement
Pilotage Animation Accompagnement	Cellule d'industrialisation Consultants et experts de la FA	<ul style="list-style-type: none"> - Cellule d'industrialisation - Consultants et experts FA

REFERENCES

- [1] T. DebRoy *et al.*, « Additive manufacturing of metallic components – Process, structure and properties », *Progress in Materials Science*, vol. 92, p. 112-224, mars 2018, doi: 10.1016/j.pmatsci.2017.10.001.
- [2] « How Much Does a Metal 3D Printer Cost? », *All3DP Pro*, 8 avril 2023. <https://all3dp.com/2/how-much-does-a-metal-3d-printer-cost/> (consulté le 22 juin 2023).
- [3] A. Hay, « Metal 3D Printer Cost: Is it expensive? Buyer's Guide », *Jiga*, 22 juin 2021. <https://jiga.io/resource-center/3d-printing/metal-3d-printer-cost-expensive/> (consulté le 22 juin 2023).
- [4] P. Calves, *Matériaux disponibles en fabrication additive: version 2*, Éd. avril 2016. in Performances. Senlis: Cetim, 2016.

ANNEXES

ANNEXE 1 – Présentation de la plateforme Printing de Bourges

ANNEXE 2 – Présentation de la plateforme Platinium 3D

ANNEXE 3 – Tableau d'analyse de la chaîne de valeur de la FAM et des 9 métiers prioritaires

ANNEXE 4 – Fiche d'analyse de l'évolution des 9 métiers prioritaires

ANNEXE 5 – Exemple de formations à la FAM

ANNEXE 6 – Fiche d'analyse des compétences des 9 métiers prioritaires

ANNEXE 7 – Rapport annuel de Rockwell Automation sur la fabrication intelligente

ANNEXE 1 - Présentation de la plateforme Printing de Bourges

OUVERTURE DÉBUT 2023

PRINTING DE BOURGES

PLATEFORME COLLABORATIVE D'INDUSTRIALISATION DE PIÈCES
EN FABRICATION ADDITIVE
POUR L'AÉRONAUTIQUE ET LA DÉFENSE

UNIQUE EN FRANCE
SITUÉE EN CENTRE-VAL DE LOIRE



Vous êtes une PME de l'aéronautique et de la défense ?

Rejoignez la plateforme collaborative « Printing de Bourges » et accélérez votre transition industrielle vers la fabrication additive tout en sécurisant vos investissements !

La plateforme vous donne accès à des équipements industriels de pointe et vous permet de bénéficier de l'accompagnement d'un expert tout au long de votre projet (essais de faisabilité, prototypage, qualification, industrialisation, petites séries).



Une plateforme portée par le Cetim, MBDA et Nexter pour constituer une filière mécanicienne de sous-traitance de premier rang.

Des moyens et des équipements à votre disposition

- **2000 m² de locaux** accessibles et sécurisés situés sur le site de MBDA Bourges Aéroport
- **Confidentialité** des projets assurée par le Cetim
- 3 machines de fabrication additive de marques françaises et européennes.
Objectif à terme : 10 machines
- Couverture des **principaux procédés** (LPBF, DED poudre, DED fil WAAM) et matériaux (aluminium, titane, acier, inconel...)
- Un « **Service Center** » pour la caractérisation des poudres, les travaux d'expertises, la normalisation, le support à la qualification et toute la chaîne numérique (conception, optimisation, simulation, fichiers de production...)



Parc de machines

LPBF (fusion laser)

- Machine SLM 280
- Machine EOS 290
- Machine dimensions 500 à 600 mm (mise en service fin 2023)

DED Poudre (projection poudre fondue)

- Machine MODULO 400

MELD (friction malaxage)

- Machine K2

WAAM (dépôt fil fondu)

- Machine grandes dimensions

Fonctionnement et adhésion

Adhésion annuelle **1000 € HT**

Adhésion annuelle impliquant la signature d'une convention

Projets individuels

- Accès aux machines à prix attractif (-20%) et paiement à l'usage pour des projets individuels PME ou ETI.

Projets collaboratifs avec les donneurs d'ordres

- **Financement par le donneur d'ordres :**
Accès aux machines via des jetons, coûts des matières premières, coûts de main d'œuvre, sous-traitance des opérations spéciales.
- **Financement par le sous-traitant (PME ou ETI) :**
Investissement humain sur le projet (montée en compétences, formation...), définition des gammes de fabrication (du contrôle poudre initial à la « certification » de la pièce), contractualisation avec les donneurs d'ordres, étude d'investissements pour les marchés finaux.
- **Financements complémentaires :** possibilité de bénéficier des financements institutionnels : Europe, Etat, Région Centre-Val de Loire, DGA via les RAPID...

Les valeurs ajoutées de la plateforme

- Accès au parc machines
- Mise à disposition d'experts
- Accès au «Service Center»
- TechDay de découverte de la fabrication additive gratuit (en collaboration avec l'UIMM pôle formation)
- Réduction sur les formations proposées par la plateforme (**20 à 50%**)
- **Participation gratuite** aux projets communs apprenants : chantiers d'apprentissage de la feuille blanche à la fabrication de la pièce



Printing de Bourges R&D / Production



Bourges (18)

Pour en savoir plus, vous inscrire
ou déposer votre candidature :

Tel. +33 970 821 680
e-mail: sqr@cetim.fr



Jean-Christophe AUGÉ



François SAUVAGE



Thierry AZEROT

Plus d'informations sur :
cetim.fr/printing-bourges/

Avec le soutien de :



ANNEXE 2 - Présentation de la plateforme Platinium 3D



PRESENTATION PLATINIUM 3D

19/04/2023

Avec le soutien de:

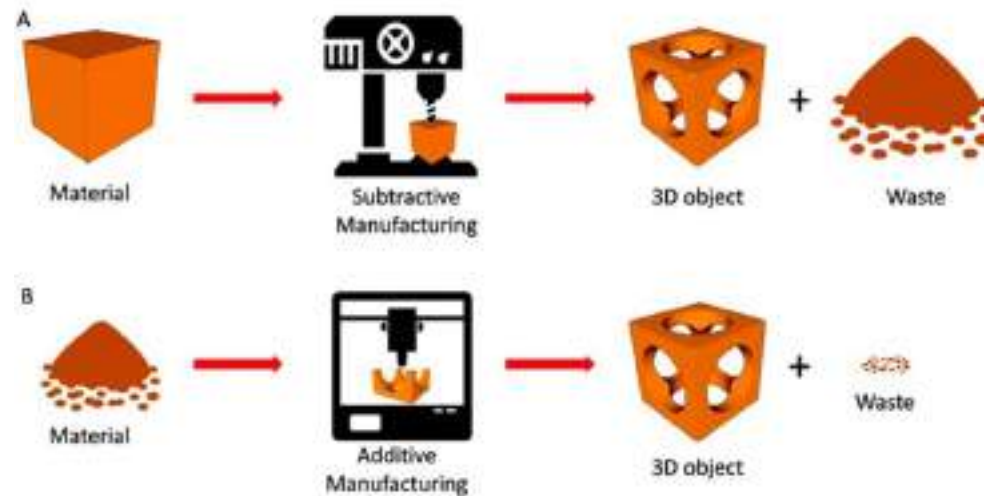


LA FABRICATION ADDITIVE

Définition:

"Ensemble des procédés permettant de fabriquer, couche par couche, par ajout de matière, un objet physique à partir d'un objet numérique. "

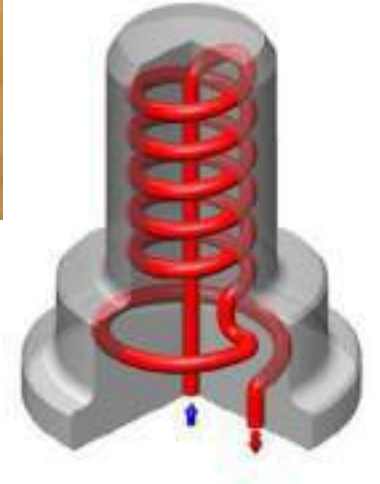
Nouveau procédé qui s'intègre dans l'écosystème de production – Changement de paradigme



LA FABRICATION ADDITIVE

Avantages :

- Rapidité, réactivité
- Conception innovante, géométries complexes (optimisation topologique, conformal cooling)
- Diminution du nombre de pièces d'un ensemble
- Production sans développer des outillages
- Personnalisation
- Multi-matériaux
- Technologie verte



HISTORIQUE

Historique:

- **2016: Création de PLATINIUM 3D sous la forme d'un consortium**

- **Mode Projet**
- **Structuration** de la plateforme autour des partenaires:
 - Industriels (Découverte de la FA, tests, démonstrateurs, projets)
 - Scientifiques (Programme de recherche, thèses,...)
 - Acteurs de la formation



CAMPUS
DES MÉTIERS
ET DES
QUALIFICATIONS
D'EXCELLENCE
Procédés et matériaux innovants
Grand Est

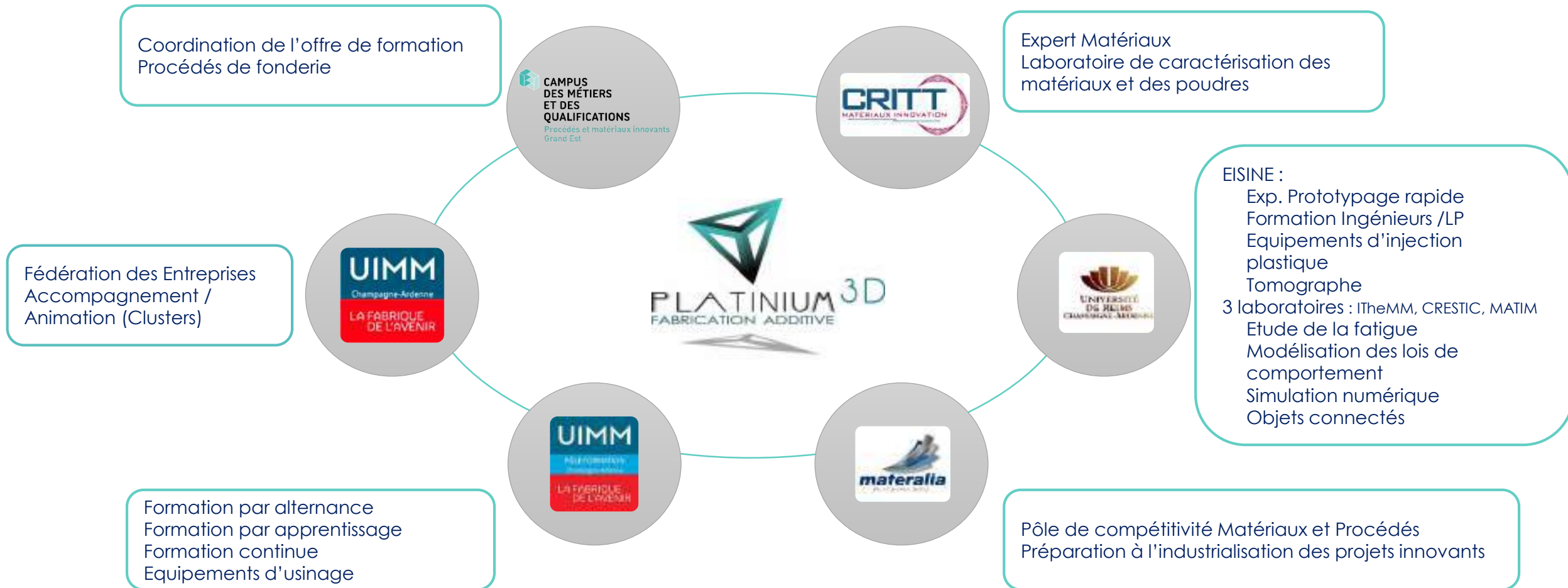


- **2019: Création de l'association PLATINIUM 3D**

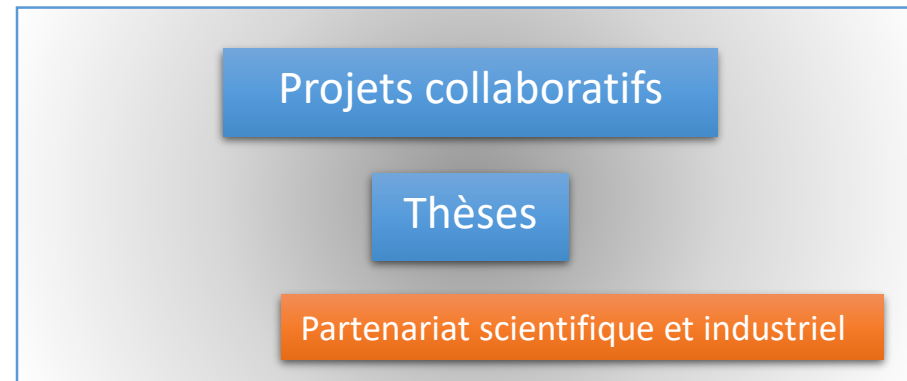
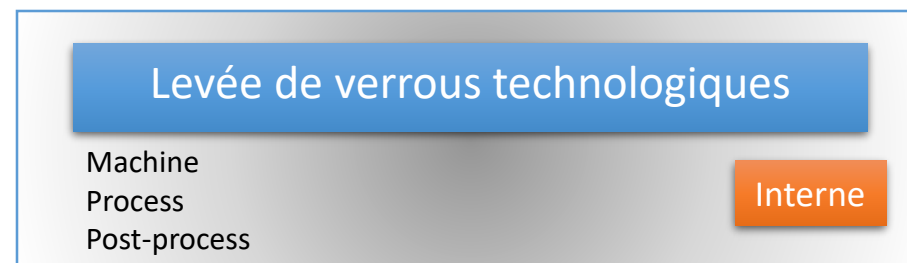
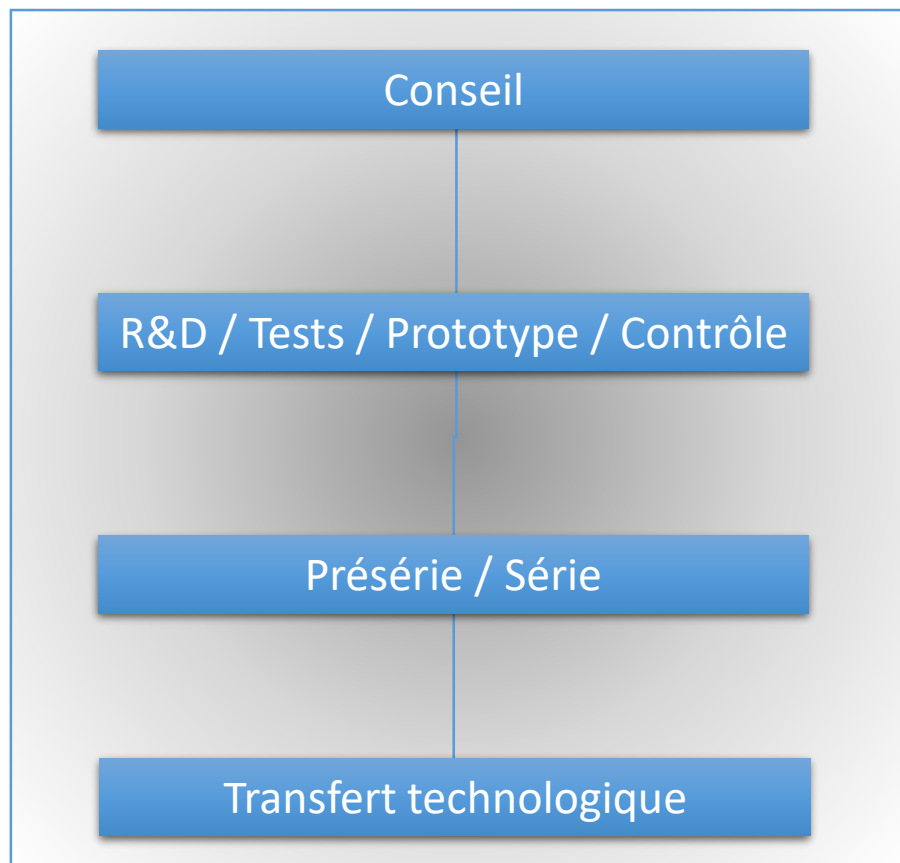
- **Basé sur un modèle économique**
- **Développement** de la plateforme sur les bases du mode projet
- Ce changement de statut permet à la plateforme d'être une entité à part entière tant au niveau juridique, économique que commercial



ECOSYSTÈME LOCAL



LES ACTIVITES DE LA PLATEFORME



PRESENTATION DES EQUIPEMENTS

EQUIPEMENTS

10 équipements industriels – 6 des 7 procédés de fabrication additive

FA métal



SLM



BJ



DED



WAAM

FA métal indirect



BJ (sable)

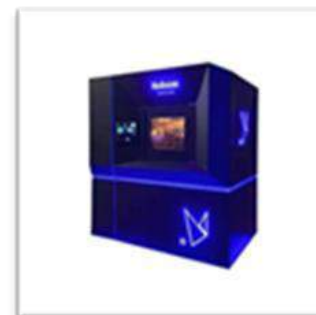


MJP (cire)

FA polymère



SLS



FDM High tech



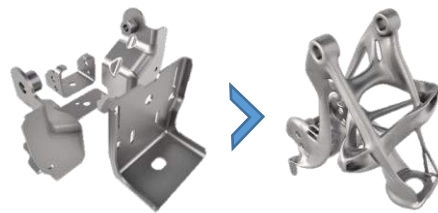
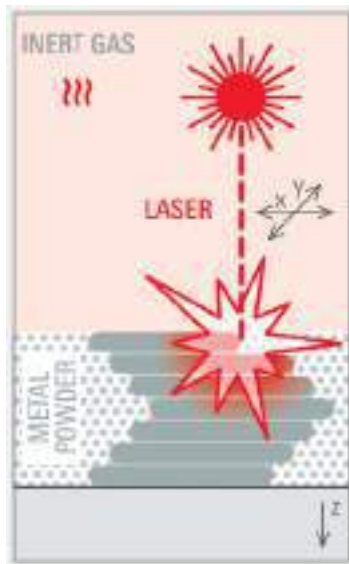
DLP



PJM

Post-traitement





Réalisation d'outillages et de pièces métalliques en série avec un haut niveau de complexité (conformal cooling, lattice, ...).

SLM 280HL

Technologie utilisée : LPBF - Fusion laser sur lit de poudre métallique

Matériaux imprimables : 316L, Maraging, TiAl6V4, AISI40Mg, CoCr28Mo6, Inconel 625, ...

Volume de construction : X:280mm - Y:280mm - Z:350, soit 27 litres

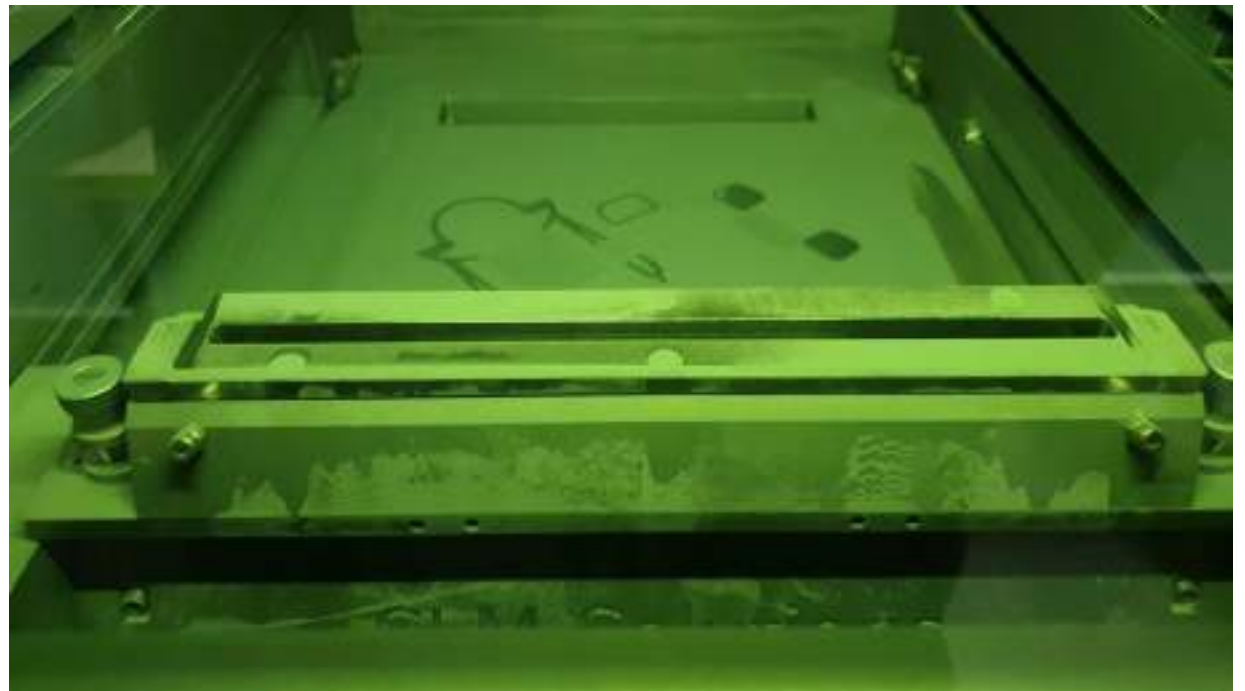
Vitesse d'impression : 55 cm³/h

Taille de la poudre : 20 à 65 µm

Épaisseur des couches : 20 µm - 75 µm

Précision : +/- 0,2mm

Ra : <15 µm





Production en série de pièces métalliques complexes et précises.

DESKTOP METAL SYSTEM SHOP

Technologie utilisée : Metal Binder Jetting - Dépôt d'un liant sur un lit de poudre métallique

Matériaux imprimables : Inox 17-4PH, Inox 420, Inox 316L, Inconel 625 et 718, Cobalt Chrome F75, Aciers d'outillage (H13, 4140)

Volume de construction : X:350mm - Y:222mm - Z:150, soit 12 litres

Vitesse d'impression : 800cm³/h

Taille de la poudre : 15-53µm

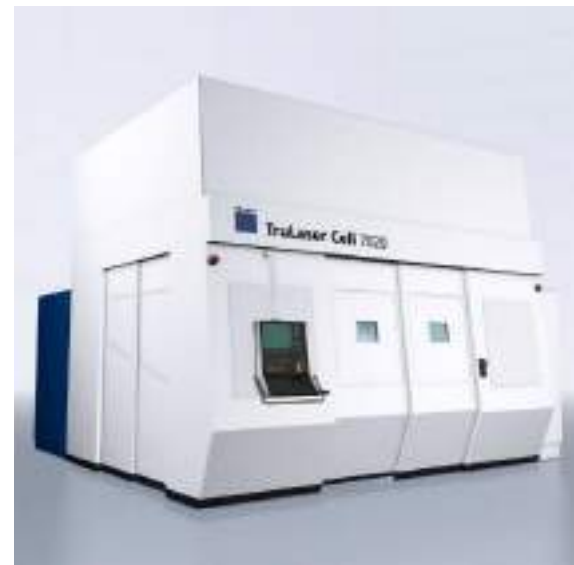
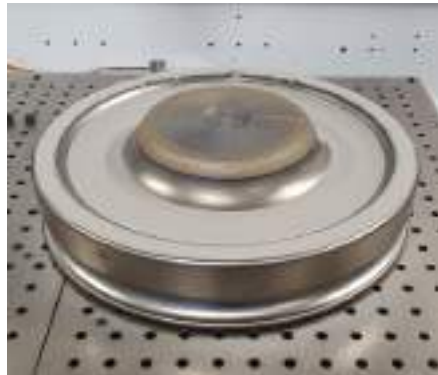
Épaisseur des couches : 50-100µm

Résolution : 10 µm

Précision : 300µm ou +/-3%

Ra : <4µm





Rechargement et fonctionnalisation des surfaces pour des outillages et des pièces métalliques afin d'améliorer les performances en terme d'usure, de durée de vie et de propriétés mécaniques.

TRUMPF - TruLaser Cell 7020

Technologie utilisée : LMD - Dépôt de poudre fondue par laser

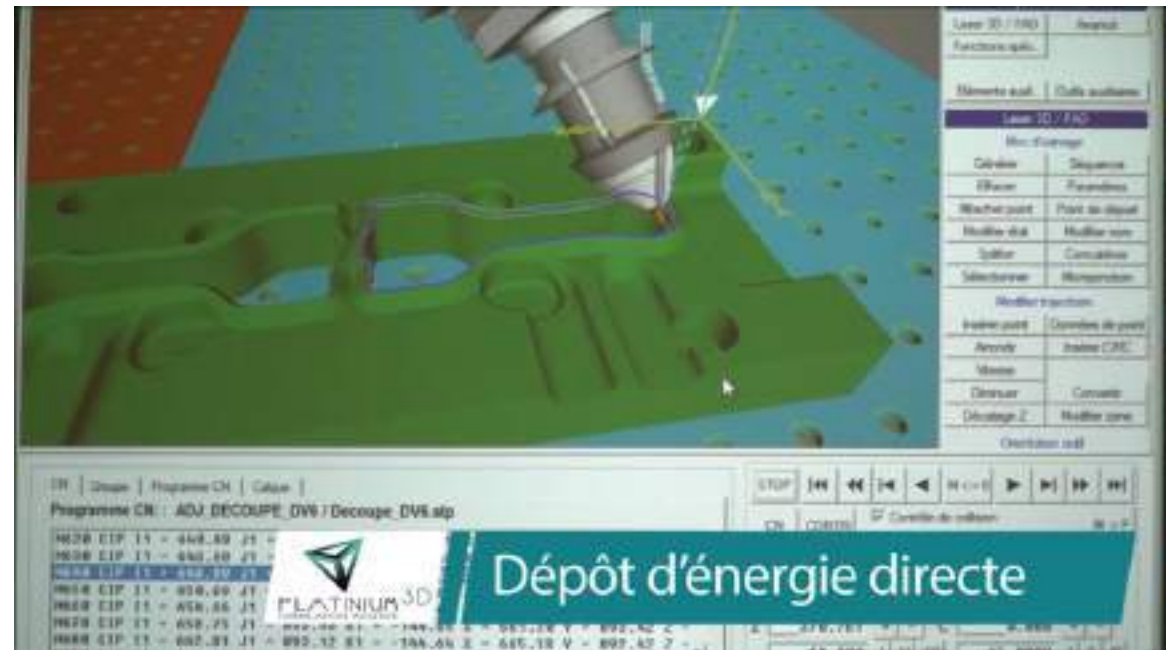
Structure : 3 axes linéaires, 2 axes rotatifs + axe rotatif additionnel

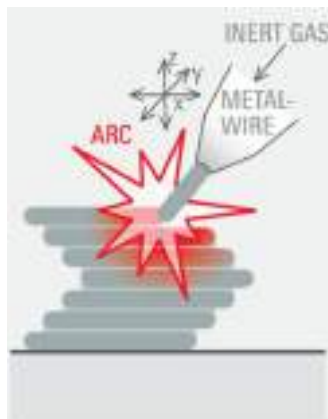
Matériaux imprimables : Base Fe, Base Ni (Inconel), Base Co (stellite), carbures, ...

Volume de construction : X:1955mm - Y:1393mm - Z:650

Vitesse d'impression : 2 kg/h

Taille de la poudre : 50 à 125 µm





Fabrication de pièces de grandes dimensions. Rechargement et fonctionnalisation des surfaces pour des outillages et des pièces métalliques afin d'améliorer les performances en terme d'usure, de durée de vie et des propriétés mécaniques.

COMMERCY ROBOTIQUE - Installation de rechargement robotisé

Technologie utilisée : WAAM - Fusion de fil par arc électrique

Structure : Robot 6 axes 25kg, manipulateur à 2 axes imbriqués + poutree

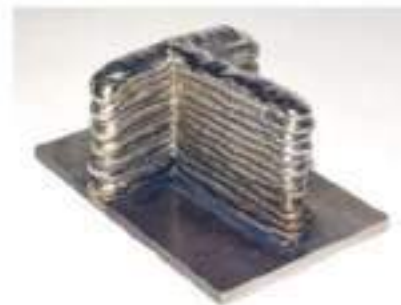
Procédés : MIG/MAG, TIG, CMT

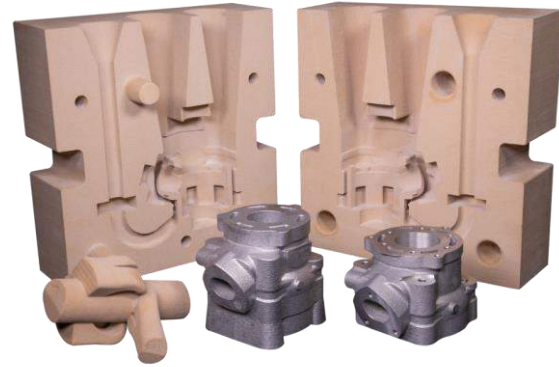
Matériaux imprimables : Tous matériaux disponibles pour la soudure

Volume de construction : D:1000mm H:500mm

Vitesse d'impression : 10 kg/h

Diamètre de fil : 0,8 - 1,6 mm





Impression de moules et noyaux sans plaques modèles ou boîtes à noyaux permettant de réaliser des pièces avec le procédé de fonderie.

VOXELJET VX1000

Technologie utilisée : Binder Jetting - Dépôt d'un liant sur un lit de sable

Matériaux imprimables : Silice avec liant phénolique

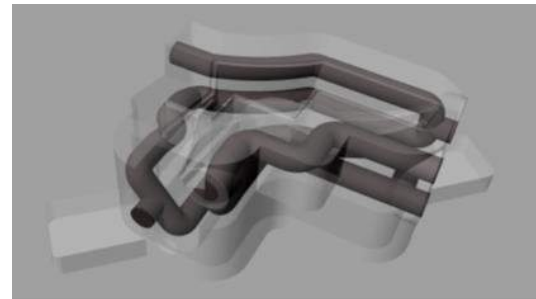
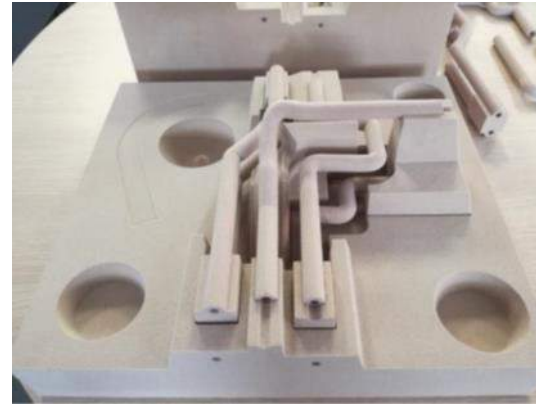
Volume de construction : X:1000mm - Y:600mm - Z:500, soit 300 litres

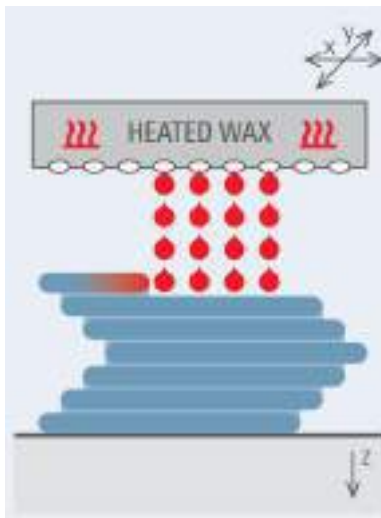
Vitesse d'impression : 10 dm³/h

Taille du sable : 140 µm

Épaisseur des couches : 300 µm

Précision : +/- 0,3mm





Impression de prototypes et de modèles en cire pour le procédé de fonderie à cire perdue.

3D SYSTEMS ProJet® MJP 2500 IC

Technologie utilisée : Material Jetting – Projection de cire

Matériaux imprimables : VisiJet M2 Icast + VisiJet M2 IC SUW (support soluble)

Volume de construction : X:294mm – Y:211mm – Z:144, soit 9 litres

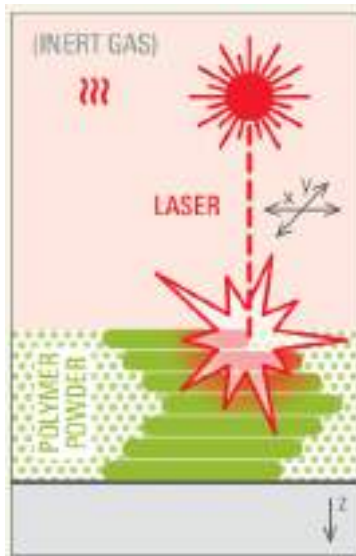
Vitesse d'impression : 189 cm³/h

Épaisseur des couches : 42µm

Résolution : 42µm

Précision : ± 0,05 mm/25,4 mm





Réalisation d'outillages et production en série de pièces complexes en polymère (absence de supports).

PRODWAYS P1000

Technologie utilisée : SLS - Frittage laser sur lit de poudre polymère

Matériaux imprimables : PA11-PA12-TPU

Volume de construction : X:300mm - Y:300mm - Z:300, soit 27 litres

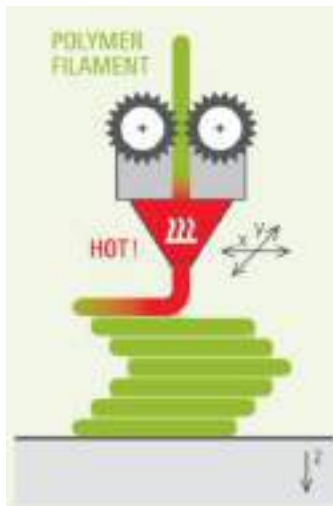
Vitesse d'impression : 0,9 dm³/h

Taille de la poudre : 450 µm

Épaisseur des couches : 60-120 µm

Précision : +/-0,2mm





Production de pièces de grandes dimensions en polymère haute performance.

ROBOZE ARGO 500

Technologie utilisée : FFF - Fusion de fil polymère fondu.

Matériaux imprimables : PEEK, CARBON PEEK, ULTEM AM9085F, CARBON PA, FLEX-TPU, FUNCTIONAL-NYLON, STRONG-ABS, PP, PC-LEXAN, ABS-ESD, ULTRA-PLA, supports solubles.

Volume de construction : X:500mm - Y:500mm - Z:500

Vitesse d'impression : 5m/hv/h.

Diamètre de fil : 1,75mm.

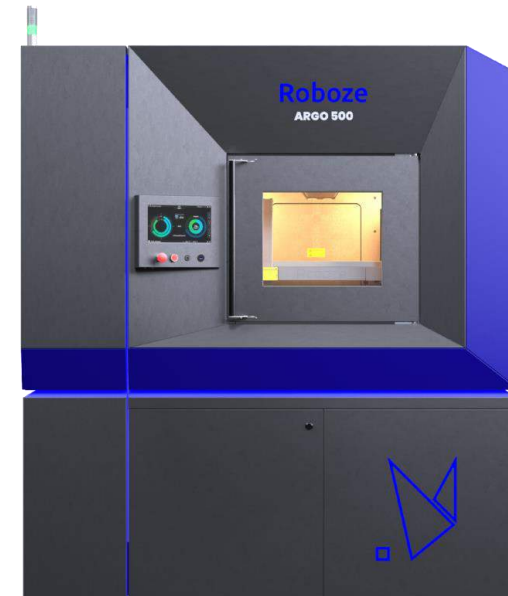
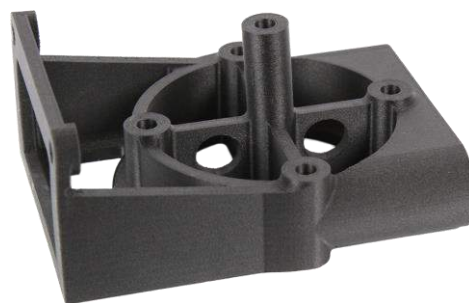
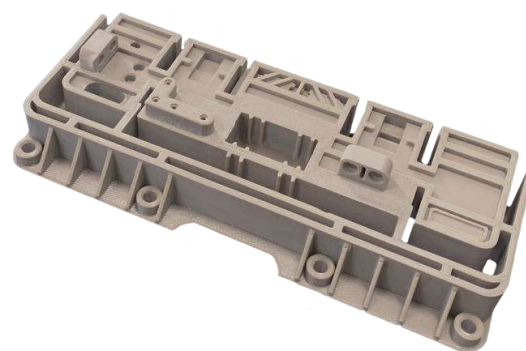
Épaisseur des couches : 0,4 à 0,6mm.

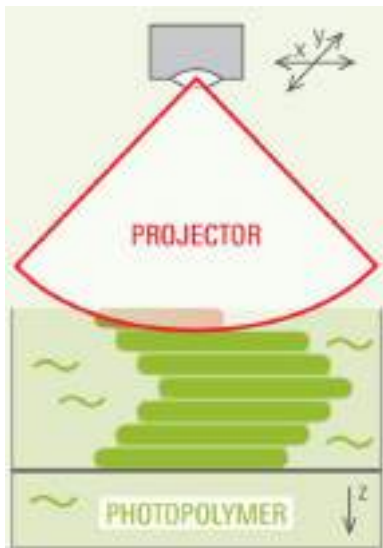
Résolution : XY 10µm, Z 25µm.

Température de la chambre : 180°C.

Température du plateau : 180°C.

Température d'extrusion : 450°C.





Réalisation d'outillages et de pièces en résine avec un haut niveau de précision, et un excellent état de surface.

PRODWAYS L6000

Technologie utilisée : SLA - Stéréolithographie

Matériaux imprimables : PLASTCure Rigid

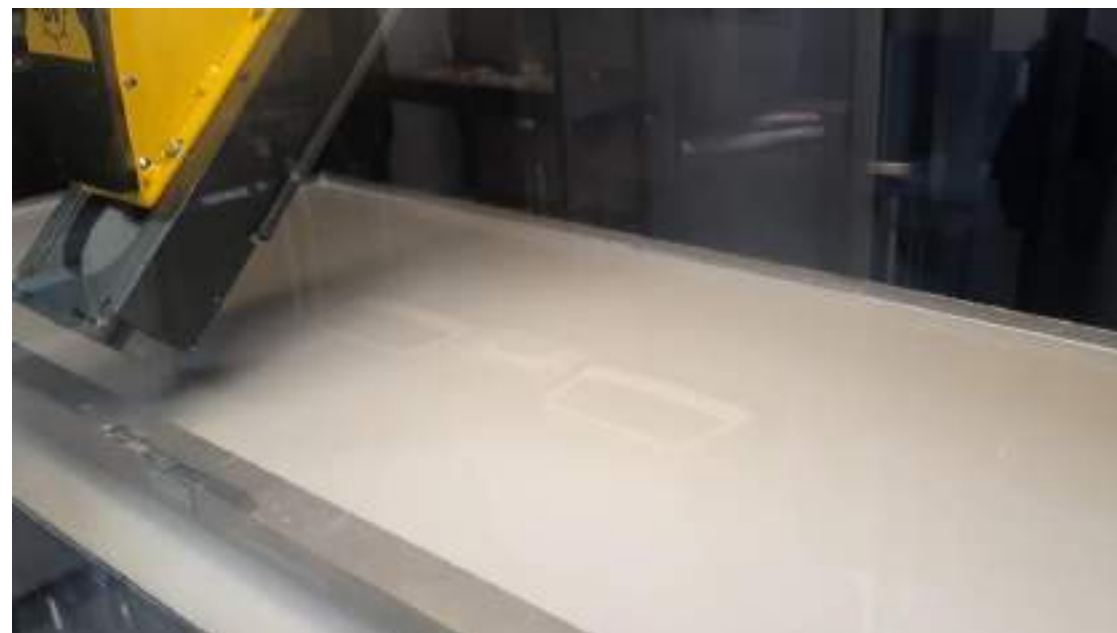
Volume de construction : X:800mm - Y:330mm - Z:400, soit 105 litres

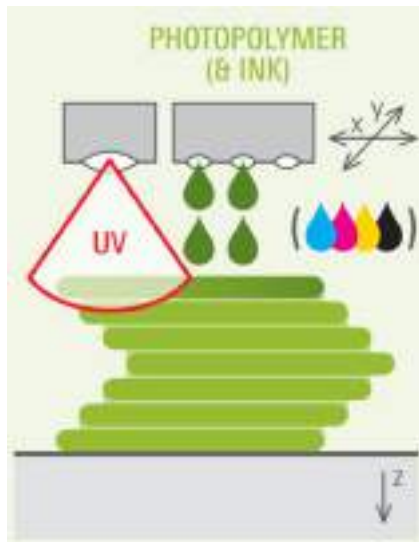
Vitesse d'impression : 15 dm³/h

Épaisseur des couches : 25 - 150 µm

Résolution : 40 µm

Précision : +/- 0,1mm





Impression de prototypes de design très réaliste avec des couleurs réelles et des capacités tactiles, fonctionnelles et sensorielles inédites.

STRATASYS Polyjet J55

Technologie utilisée : Material Jetting – Projection simultanée de plusieurs résines.

Matériaux imprimables : VeroUltra™, DraftGrey, Elastico™, Digital ABS Plus, VeroCyanV™, VeroMagentaV™, VeroYellowV™

Volume de construction : Plateau D:450mm H:187mm

Vitesse d'impression : 0,2 dm³/h

Nombre de cartouches : 5 + 1 (supports solubles)

Nuances de couleur : 640000

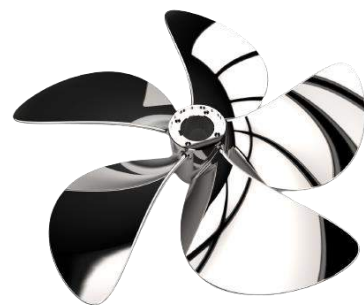
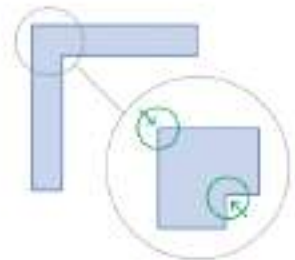
Épaisseur des couches : 18µm

Précision : +/-0,15mm





- Polissage
- Nettoyage
- Reverser le courant à sec



Post-traitement de pièces issues de fabrication additive ou d'autres procédés permettant d'améliorer l'état de surface sans dégrader les pièces géométriquement.

GPAINNOVA - Dlyte PRO500

Technologie utilisée : DryLite-Installation de polissage électrolytique à sec

Type de pièces : Métallique

Taille maximale des pièces : D:500mm H:250mm

Etat de surface final : Poli miroir

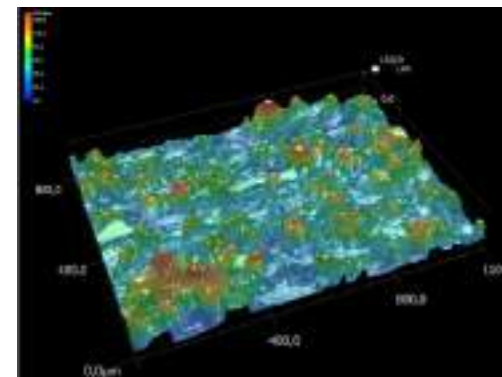
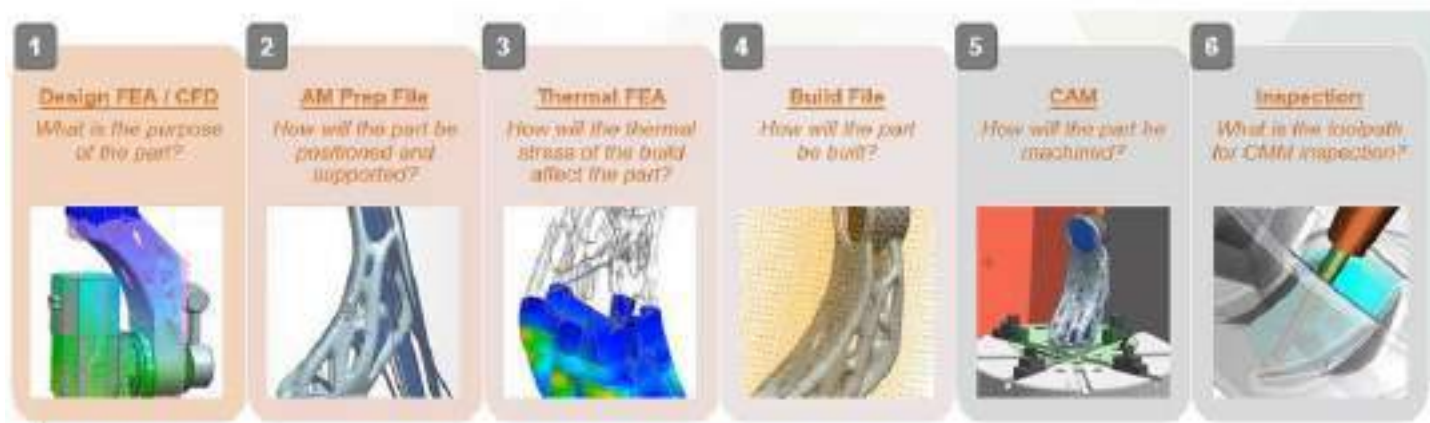
Ra : <0,2µm



LES MOYENS COMPLEMENTAIRES



Chaîne numérique dédiée à la fabrication additive



Scan laser : scan, retro-conception et contrôle



Microscope numérique

NOS AXES STRATEGIQUES

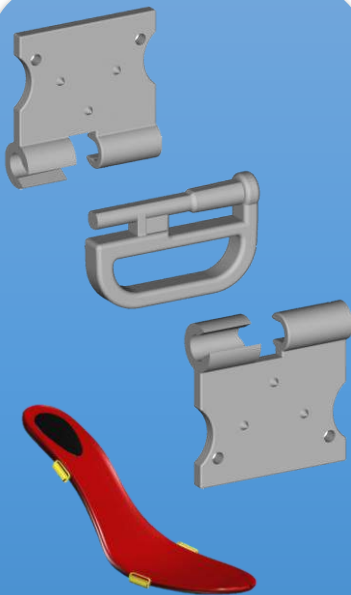
- Maitrise de la chaine de valeur
- Transfert de technologie - Hybridation
- Fonctionnalisation des surfaces

MAITRISE DE LA CHAÎNE DE VALEUR

- Du conseil au produit fini - INNOVSHOES



Conseil



R&D
Optimisation



Post-traitements



Prototypes



Préséries de
validation



Fabrication

TRANSFERT DE TECHNOLOGIE – HYBRIDATION

- Du conseil au transfert technologique - CYCLEUROPE



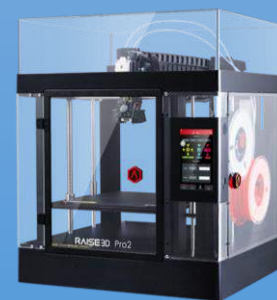
Conseil



Etude technico-économique



Prototype



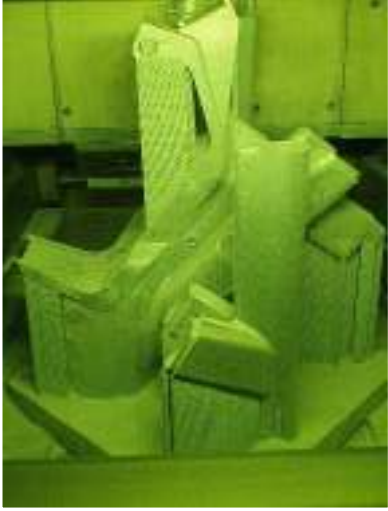
Cahier des charges



Cadre polymère



Cadre aluminium



ACTIVITE DE R&D

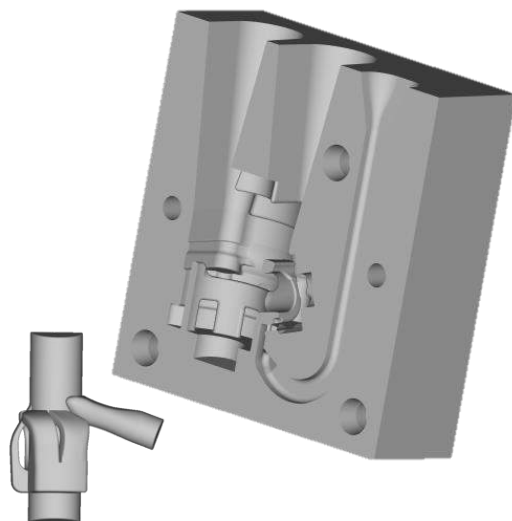
- Accompagnement à la création d'un nouveau produit

Co-conception pièce

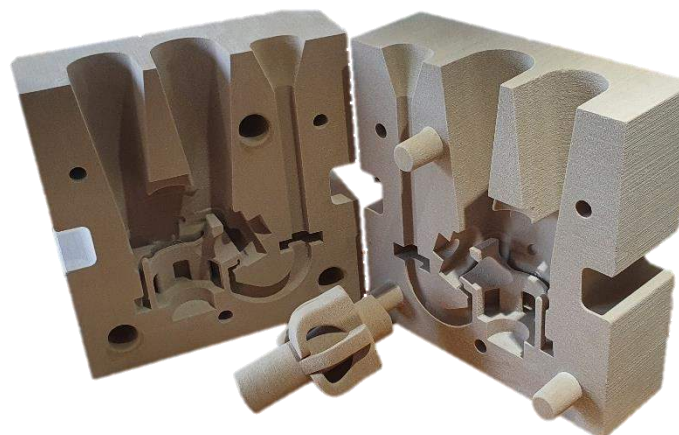


Client

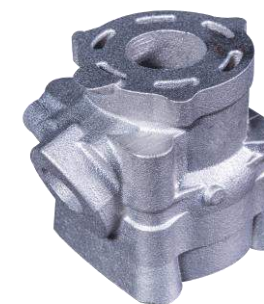
Conception moule



Fabrication moule



Coulée et caractérisation



Usinage



FONCTIONNALISATION DES SURFACES

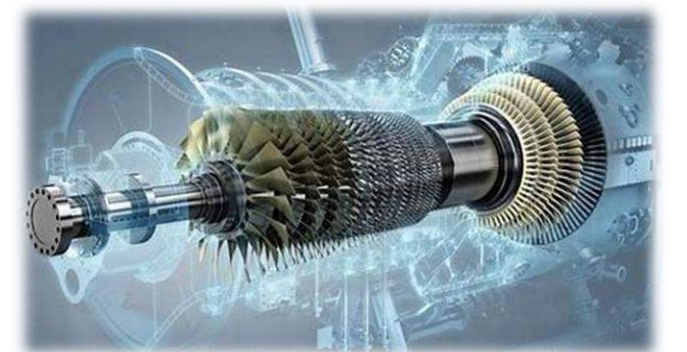
AÉRONAUTIQUE



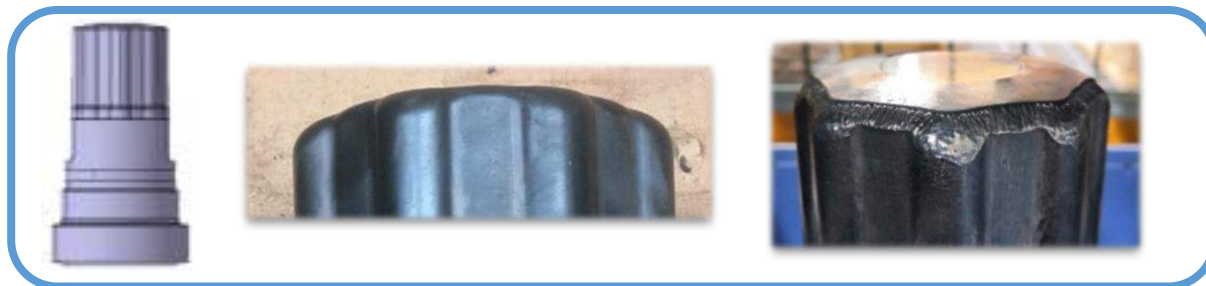
AUTOMOBILE



ENERGIE



REPARATION D'OUTILLAGES DE FORGE

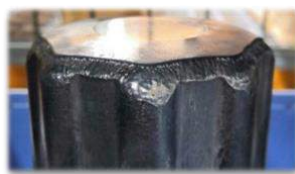


Outillage rebuté

Outillage réparé

Outillage optimisé

Lorsque 5% de la surface de l'outil est usée



Gain économique supérieur à 50%:

- Matière –
- Usinage –
- Durée de vie +

Conformal cooling
Fonctionnalisation de surfaces
Hybridation de procédés



OUTILLAGE HYBRIDE

Grandes séries automobiles
PP 40% Fibre de verre

Problématiques:

- Usure du fourreau (Injection + parties moulantes)
- Cadence Tc= 80s

Coût du fourreau en AMCO: 4000€



Solution 1

Fourreau en acier usiné
Tc: 180s incompatible
Coût: 2000€

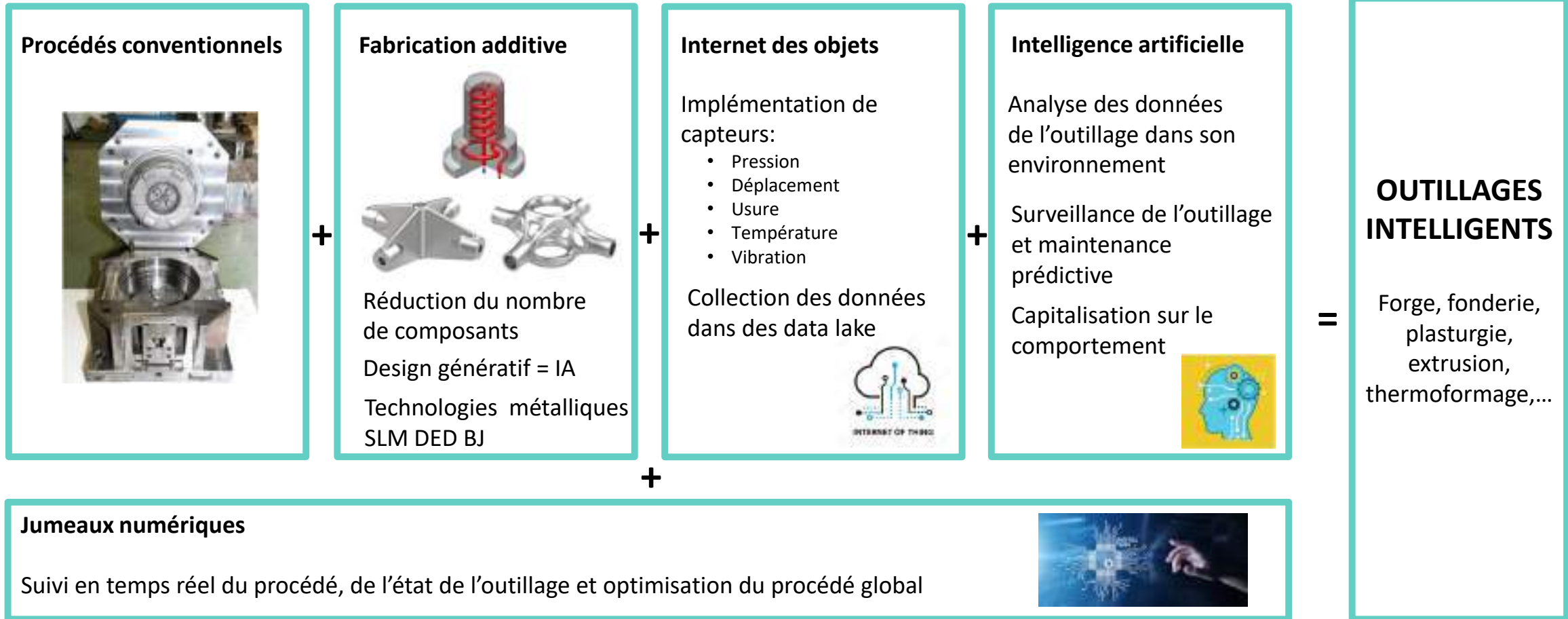


Solution 2

Fourreau en acier en FA
(SLM+CC) et usinage
Tc: 65s (gain 20%)
Coût du fourreau: 7000€
Coût par pièce: -12%



Projet OUTILIA: OUTILLAGES INTELLIGENTS - Hybridation des technologies



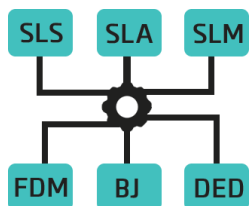
Projets INTERREG (FWVL)

- **TECH4FAB - Plateforme technologique de fabrication avancée pour une industrie résiliente, soutenable & compétitive:**
 - L'objectif est de renforcer les usages de la fabrication additive à destination des secteurs de la forge, de la fonderie, des transports et de l'énergie
- **ACHEVALD - Alternative au CHromE tri et hexaVALent pour Divers secteurs:**
 - L'objectif est de remplacer la technique de revêtement du chromage dur, utilisatrice de sels de chrome hexavalent, cancérigène et nocif pour l'environnement par 4 solutions alternatives dont la fonctionnalisation des surfaces
- **VerAdMa - Le VERre se vit en ADditive MANufacturing:**
 - L'objectif est de développer les procédés FA pour la fabrication d'objets en verre de formes complexes, à transparence élevée et à bonne tenue mécanique

Qui sommes nous ?



1 Plateforme technologique de fabrication additive



6 Technologies de fabrication
11 Equipements industriels



1 Equipe R&D



1 Chaîne numérique (du modèle au produit)

Ce que l'on propose

- Prototype
- R&D
- Présérie
- Série
- Transfert technologique

Réalisations



Moyens de caractérisation

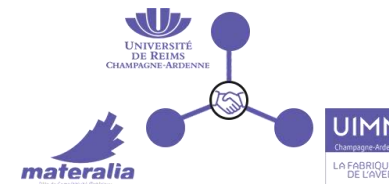


Projets:
• R&D
• Collaboratifs



Formations

Nos Atouts



1 Réseau industriel et scientifique
1 Réseau de partenaires

- CAO
- Polymère
- Métal
- Hybridation

Des Compétences fortes

- Matériaux
- CAO
- Simulation
- Fabrication
- Post-traitement
- Contrôle

Des Partenaires et collaborations pour la chaîne de valeur



1 Accréditation CIR

NOS REFERENCES CLIENTS



Merci de votre attention

Bruno FLAN

Directeur

b.flan@platinum3d.com

07.57.45.72.49

web: www.platinum3d.com

**ANNEXE 3 -
Tableau d'analyse de la
chaîne de valeur de la
FAM et des 9 métiers
prioritaires**

**ANNEXE 4 -
Fiche d'analyse de
l'évolution des 9 métiers
prioritaires**

Métiers en émergence et/ou en évolution majeure dans le cadre de l'intégration de la Fabrication Additive Métallique

CONCEPTEUR DE PIÈCES / PRODUITS - FABRICATION ADDITIVE METALLIQUE

1 - Présentation du métier :

La conception de pièces et/ou produits industriels regroupe les activités définition / création et de matérialisation de produits industriels. Il respecte un cahier des charges et les contraintes (techniques, technologiques, financières...) internes et externes à son entreprise, s'assure de la faisabilité du produit.

L'ingénieur-e simulation et calcul participe à l'activité de recherche-développement de l'entreprise en modélisant le comportement mécanique des pièces, modules ou produits en phase de conception : déformation, résistance des matériaux, etc.

Le Technicien Conception participe à la conception, au développement et à l'optimisation de machines, produits industriels, matériels, outillages et installations industrielles en intégrant de plus en plus la simulation.

2 - Rappel des fiches métiers existantes

- Designer industriel
- Dessinateur-projeteur

3 - Code ROME proches

- H1203 - Conception et dessin produits mécaniques
- H1204 - Design industriel

4 - Changement et/ou différenciation par rapport à des métiers existants

4 – 1 : Durabilité du changement :

Demande essentiellement concentrée sur des petites séries et des pièces à forte valeur ajoutée (aéronautique, médical et défense).
Les différentes technologies nécessitent encore des avancées (accroissement de la productivité, fiabilité, normalisation, coût des matières premières et des moyens de production).

Des mutations qui s'inscrivent dans la durée

➔ **Nouvelles méthodologies de conception**

Accélération significative de la part conception en intégrant la capacité à comparer et identifier les procédés de fabrication à retenir dans un contexte de **productivité, rentabilité, maintien opérationnel...**

4 – 2 : Positionnement ou repositionnement organisationnel du métier

Peu d'évolution en matière de positionnement organisationnel du métier qui s'exerce sous l'autorité du Responsable Bureau d'études/chef de projet/Chef produit.

Selon les entreprises, la place de la conception et la taille de l'entreprise, le rôle du « concepteur de pièces/produits » qui peut être plus ou moins élargi (conception de tout ou partie de la pièce, étude et modélisation des outillages et équipements nécessaires à la construction, réalisation de la documentation contractuelle et de traçabilité...)

4 – 3 : Modification des conditions d'accès au métier

Développement des innovations dans les produits, vers des produits plus complexes, offrant plus de fonctionnalités, intégrant des dispositifs embarqués... qui tend à conforter le rôle des bureaux d'études et à privilégier des profils plutôt plus qualifiés

Formation Bac +2 avec idéalement (et de plus en plus) une formation complémentaire : licence Pro production industrielle, école de design, master, diplôme d'école supérieure des arts appliqués, diplôme d'ingénieur, design industriel ou arts appliqués, création industrielle, arts et techniques

4 – 4 : Nouvelles activités et compétences identifiées

Ce n'est pas une nouvelle activité identifiée, en revanche des compétences à renforcer/développer :

- Utilisation de nouveaux outils numériques de conception, plus performants et collaboratifs
- Adaptation aux nouvelles techniques de production, en particulier la conception de produit par la fabrication additive métallique
- Développement de l'éco-conception (utilisation de nouveaux matériaux ou de moins de matériaux), réflexion dès la phase de conception à la recyclabilité des produits
- Renforcement des connaissances métallurgiques
- Connaissance des nouvelles normes / réglementations (matériaux, process...)
- Travail collaboratif à l'externe (donneur d'ordre / sous-traitant) et à l'interne (avec les équipes de R&D et de production)

Ces compétences à renforcer ou à développer :

- ➔ *La capacité à identifier les pièces où la fabrication additive métallique est adaptée et apporte une valeur ajoutée par rapport aux procédés traditionnels d'élaboration de métaux*
- ➔ *La capacité à proposer plusieurs modalités de conception et à proposer la technologie la plus adaptée (nécessite une bonne connaissance métallurgique). Optimisation topologique, intégration de fonctionnalités (logique différente de la production « en soustraction de matière »), analyse rhéologique*
- ➔ *La capacité à intégrer les spécificités de la fabrication additive métallique, ses possibilités mais aussi ses contraintes*
- ➔ *La maîtrise outils de conception et de modélisation numérique*

Activités/compétences techniques

Utilisation croissante des outils de prototypage rapide en phase de conception permettant de visualiser les pièces plus rapidement

- ➔ *Attente de la part des entreprises d'une maîtrise des outils de prototypage (notamment de l'imprimante 3D), de son utilisation... à son entretien (le bureau d'études devant pouvoir être relativement autonome et ne pas sursolliciter le service maintenance)*

Essor des outils immersifs de conception

Technologies immersives qui visent à mettre en situation l'utilisateur dans un environnement numérique avec lequel il est capable d'interagir → réalité virtuelle / réalité augmentée / réalité mixte

Activités/compétences transverses

Co-conception entre donneur d'ordre et sous-traitant → process de conception plus rapide et itératif

Interpénétration des compétences entre production et conception

Nouveaux standards de conception et standards numériques partagés entre DO et sous-traitants

- *Capacité à travailler en mode projet, en équipe*
- *Autonomie*
- *Enjeux plus forts en matière de sécurité des données et coordination des équipes multi-spécialités (management visuel virtuel)*

4 – 5 : Différenciation des compétences du « nouveau » métier avec les certifications

Plusieurs formations de niveau 5 (BTS CPI, DUT GMP) avec des carences concernant l'intégration des nouvelles méthodes de production (fabrication additive métallique notamment qui transforme la manière de concevoir ; rétroconception), l'utilisation d'outils collaboratifs

Des licences pros pour compléter le savoir-faire du bac+2 avec une approche transversale de l'entreprise, des projets et de l'innovation ou des techniques de conceptions plus avancées → module pour suivre l'évolution technologique et s'y adapter pour préparer aux mutations en cours et à venir

Ex. : Licence pro métiers de l'industrie : conception de produits industriels

Ex. : Licence pro métiers de l'industrie : mécanique

Des formations Ingénieurs existantes à « coloriser » pour accélérer l'introduction de la FAM en s'appuyant sur des filières ou des secteurs géographiques en fonction des opportunités industrielles. Un volume important d'Ecole d'Ingénieurs peuvent intégrer la FA au travers de projets de territoires/régions

- Un FABLAB sur le CESI ROUEN avec imprimante 3D métal et une unité mobile de fabrication additive métallique sur le campus du CESI NANTERRE

4 – 6 : Certifications existantes et/ou à faire évoluer

Plusieurs certifications de niveau 7 existent par la mise en place d'option spécifique à la FAM.

L'évolution de certifications avec Hybridation à la FAM permettra la spécialisation de diplômes dédiés. Cette évolution doit pouvoir se faire progressivement en évitant la création de filière complète dans une première phase de mise en place de ces nouveaux procédés.

Les certifications de niveau à 6 existantes (Titre Pro, parcours spécifiques....) sont orientés sur la FABA de manière plus générale

Une formation existante en FAM sur département LOIRE en lien avec CETIM (30 jours).

Métiers en émergence et/ou en évolution majeure dans le cadre de l'intégration de la Fabrication Additive Métallique

DESSINATEUR PROJETEUR - FABRICATION ADDITIVE METALLIQUE

1 - Présentation du métier :

Le-la dessinateur-trice projeteur réalise des dossiers d'études, comprenant la définition du produit matérialisé par des plans d'ensembles et leurs nomenclatures, élaborés numériquement sur logiciels de dessin assisté par ordinateur ou de conception assistée par ordinateur.

Il-elle intègre l'économie circulaire et la gestion du cycle de vie dans ses activités.

Le métier de préparateur peut être associé aux données de cette fiche

2 - Rappel des fiches métiers existantes

- Dessinateur-projeteur

3 - Code ROME proches

- H1203 - Conception et dessin produits mécaniques

4 - Changement et/ou différenciation par rapport à des métiers existants

4 – 1 : Durabilité du changement :

Demande essentiellement concentrée sur des petites séries et des pièces à forte valeur ajoutée (aéronautique, médical et défense).
Les différentes technologies nécessitent encore des avancées (accroissement de la productivité, fiabilité, normalisation, coût des matières premières et des moyens de production).

Des mutations qui s'inscrivent dans la durée

➔ **Nouvelles méthodologies de conception**

Accélération significative de la partie Dessinateur Projeteur en intégrant la capacité à mettre en plan les études de conception et à adapter les différentes réalisations de pièces en fonctions des procédés de fabrication existants (ou à retenir) dans un contexte de **productivité, rentabilité, maintien opérationnel....**

4 – 2 : Positionnement ou repositionnement organisationnel du métier

Peu d'évolution en matière de positionnement organisationnel du métier qui s'exerce sous l'autorité du Responsable Bureau d'études/chef de projet/Chef produit.

Selon les entreprises, la place de dessinateur/projeteur et la taille de l'entreprise, son rôle peut être plus ou moins élargi à des missions de « préparateur » avec la mise en plan des pièces selon les besoins de la partie production (réalisation, contrôle...)

4 – 3 : Modification des conditions d'accès au métier

Pas de modification d'accès au métier mais une nécessité d'acquérir les compétences par le biais de formation spécifiques aux outils, procédés....

4 – 4 : Nouvelles activités et compétences identifiées

Ce n'est pas une nouvelle activité identifiée, en revanche des compétences à renforcer/développer :

- Utilisation de nouveaux outils numériques plus performants et collaboratifs
- Adaptation aux nouvelles techniques de production, en particulier la conception de produit par la fabrication additive métallique
- Connaissance des nouvelles normes / réglementations (matériaux, process...)
- Travail collaboratif à l'interne (avec les équipes de R&D et de production)

Ces compétences à renforcer ou à développer :

- ➔ *La capacité à identifier les pièces où la fabrication additive métallique est adaptée et apporte une valeur ajoutée par rapport aux procédés traditionnels d'élaboration de métaux*
- ➔ *La capacité à proposer plusieurs modalités de conception et à proposer la technologie la plus adaptée (nécessite une bonne connaissance métallurgique). Optimisation topologique, intégration de fonctionnalités (logique différente de la production « en soustraction de matière »), analyse rhéologique*
- ➔ *La capacité à intégrer les spécificités de la fabrication additive métallique, ses possibilités mais aussi ses contraintes*
- ➔ *La maîtrise outils de conception et de modélisation numérique*

Activités/compétences techniques

Utilisation croissante des outils de prototypage rapide en phase de conception permettant de visualiser les pièces plus rapidement

- ➔ *Attente de la part des entreprises d'une maîtrise des outils de prototypage (notamment de l'imprimante 3D), de son utilisation... à son entretien (le bureau d'études devant pouvoir être relativement autonome et ne pas sursolliciter le service maintenance)*

Essor des outils immersifs de conception

Technologies immersives qui visent à mettre en situation l'utilisateur dans un environnement numérique avec lequel il est capable d'interagir → réalité virtuelle / réalité augmentée / réalité mixte

Activités/compétences transverses

Co-conception entre donneur d'ordre et sous-traitant → process de conception plus rapide et itératif

Interpénétration des compétences entre production et conception

Nouveaux standards de conception et standards numériques partagés entre DO et sous-traitants

- ➔ *Capacité à travailler en mode projet, en équipe*
- ➔ *Autonomie*

→ *Enjeux plus forts en matière de sécurité des données et coordination des équipes multi-spécialités (management visuel virtuel)*

4 – 5 : Différenciation des compétences du « nouveau » métier avec les certifications

Plusieurs formations de niveau 5 (BTS CPI, DUT GMP) avec des carences concernant l'intégration des nouvelles méthodes de production (fabrication additive métallique notamment qui transforme la manière de concevoir ; rétroconception), l'utilisation d'outils collaboratifs

Des licences pros pour compléter le savoir-faire du bac+2 avec une approche transversale de l'entreprise, des projets et de l'innovation ou des techniques de conceptions plus avancées → module pour suivre l'évolution technologique et s'y adapter pour préparer aux mutations en cours et à venir

Ex. : Licence pro métiers de l'industrie : conception de produits industriels

Ex. : Licence pro métiers de l'industrie : mécanique

Des formations Ingénieurs existantes à « coloriser » pour accélérer l'introduction de la FAM en s'appuyant sur des filières ou des secteurs géographiques en fonction des opportunités industrielles. Un volume important d'Ecole d'Ingénieurs peuvent intégrer la FA au travers de projets de territoires/régions

4 – 6 : Certifications existantes et/ou à faire évoluer

A compléter

Métiers en émergence et/ou en évolution majeure dans le cadre de l'intégration de la **Fabrication Additive Métallique**

MANAGER de PROXIMITE - FABRICATION ADDITIVE METALLIQUE

1 - Présentation du métier :

Chef d'équipe :

Dans le cadre de l'organisation de son secteur ou de son service, le responsable d'équipe pilote des moyens humains (opérateurs, équipiers, animateurs d'équipe, techniciens, ...) et matériels (équipements de production, outils manuels, ...) qui lui sont confiés, constituant son ou ses équipe(s), pour réaliser ses objectifs, définis par sa hiérarchie

Responsable d'unité de production :

Il-elle organise l'activité d'une ou de plusieurs équipes d'opérateurs et de conducteurs de machines ou de lignes de production. Il-elle effectue le suivi de la fabrication selon les règles de sécurité et les impératifs de production (quantité, délais, qualité, coût, ...). Il-elle supervise le fonctionnement des équipements (réglages, maintenance, ...). Il-elle peut organiser et suivre le stockage ou les expéditions des produits.

2 - Rappel des fiches métiers existantes

- Animateur d'équipe
- Chef d'équipe
- Responsable d'unité de production

3 - Code ROME proches

- H2504 – Encadrement d'équipe en industrie de transformation
- H2904 - Conduite d'équipement de déformation des métaux

4 - Changement et/ou différenciation par rapport à des métiers existants

4 – 1 : Durabilité du changement :

Pas de changement majeur sur la finalité du métier et des missions/fonctions au sein de l'entreprise avec l'introduction de la FAM.

Des évolutions dans les missions qui concernent la prise en compte de nouveaux moyens à intégrer dans la gestion et l'organisation de la production et dans l'identification des nouvelles compétences à développer auprès des équipiers.

4 – 2 : Positionnement ou repositionnement organisationnel du métier

Pas de repositionnement organisationnel fort mais une nécessité d'appréhender les nouveaux moyens et compétences à mobiliser.

Des phases amont de concertation avec les services supports peuvent être nécessaires pour la définition des données de production (planification, ordonnancement, logistique...).

Rôle important dans l'acculturation des équipes aux nouveaux procédés afin de ne pas opposer fabrication soustractive et fabrication additive

4 – 3 : Modification des conditions d'accès au métier

Pas de modification majeure des conditions d'accès au métier.

Nécessité d'avoir des connaissances suffisantes sur les procédés pour organiser en collaboration avec les services supports concernés, la répartition des ressources

- Méthodes Industrialisation
- Gestion de production

4 – 4 : Nouvelles activités et compétences identifiées

Ce n'est pas une nouvelle activité identifiée et le périmètre de la fonction reste inchangé.

L'interaction en amont avec les services supports (méthodes industrialisation, logistique, maintenance) permettra de préparer l'introduction de nouveaux procédés dans le flux de production.

- Sensibilisation aux nouvelles techniques de production, en particulier la réalisation de produit par la fabrication additive métallique
- Connaissance des nouvelles normes / réglementations (matériaux, process...)
- Travail collaboratif à l'interne

Activités/compétences techniques

⇒ Connaître les principales caractéristiques techniques des différents matériaux ainsi que les conditions de mise en œuvre selon les procédés

Activités/compétences transverses

⇒ Capacité à travailler en équipe élargie (avec la production, le contrôle...)

⇒ Capacité à identifier des améliorations du poste et/ou de son environnement et contribuer aux groupes de travail sur les nouveaux procédés de FAM à intégrer en production (implantation, ressources, compétences....)

4 – 5 : Différenciation des compétences du « nouveau » métier avec les certifications

Pas de différenciation particulière des compétences.

Acculturation de la fabrication additive à acquérir pour mieux appréhender les besoins des équipiers de production

4 – 6 : Certifications existantes et/ou à faire évoluer

**Pas d'évolution à faire sur les certifications existantes.
Module découverte de la FAM pour organiser/faciliter l'intégration dans la production**

Métiers en émergence et/ou en évolution majeure dans le cadre de l'intégration de la **Fabrication Additive Métallique**

METHODES INDUSTRIALISATION - FABRICATION ADDITIVE METALLIQUE

1 - Présentation du métier :

Le technicien méthodes définit les processus de fabrication de façon à optimiser les moyens de production.

L'ingénieur méthodes conçoit les processus de fabrication, étudie et contribue à la mise en œuvre des axes d'amélioration de la gestion de la production. Il-elle travaille en étroite relation avec les équipes conception.

L'ingénieur génie industriel conçoit et conduit l'industrialisation des produits et contribue à l'optimisation de la performance de l'organisation industrielle (innovation, conception...)

2 - Rappel des fiches métiers existantes

Technicien méthodes (H/F) (**Observatoire**)

Responsable méthodes (H/F) (**Observatoire**)

Ingénieur génie industriel (H/F) (**Observatoire**)

3 - Code ROME proches

- H1402 - Management et ingénierie méthodes et industrialisation
- H1404 - Intervention technique en méthodes et industrialisation
- H1206 - Management et ingénierie études, recherche et développement industrie

4 - Changement et/ou différenciation par rapport à des métiers existants

4 – 1 : Durabilité du changement :

Demande croissante au même rythme que les Concepteurs pour la réalisation des phases prototypages/ premières séries.

Les différentes technologies/procédés et moyens de production associés impliquent que les phases d'industrialisation intègrent rapidement les impératifs de Faisabilité et Qualité des premières réalisations.

L'interaction avec les phases études (mode projet / concertation) permettront l'optimisation délais des réalisations.

Des mutations qui s'inscrivent dans la durée

➔ **Nouvelles méthodologies de conception/industrialisation**

Transfert de compétences/fiabilisation des sous-traitants par un accompagnement progressif des améliorations de fabrication

4 – 2 : Positionnement ou repositionnement organisationnel du métier

Le métier sera plus en lien avec différents métiers proches :

- La conception pour des échanges et tests qui pourront être conduits avec l'équipe de conception
- La Production et les techniciens en charge de la réalisation
- La Gestion de Production pour la planification et la détermination des standards de fabrication (temps gamme par exemple)
- La Finition (par Usinage et/ou traitement de surface)
- La Maintenance

Le métier sera directement concerné ou impliqué dans les premières phases de mise en œuvre par les métiers de réalisation de Devis / Chiffrage ; ces missions, selon les typologies d'entreprises sont généralement rattachées aux chargés d'affaires ou au service dédié (technicien deviseur / chef de projet)

- ➔ Capacité à travailler en équipe et en mode projet avec d'autres équipes, en particulier les métiers de la conception et les équipes de production (techniciens production pour la réalisation des premières pièces et techniciens d'usinage en charge de la finition de la pièce)
- ➔ La capacité à former et accompagner les conducteurs d'équipements industriels dans les entreprises
- ➔ La capacité d'analyse des données de fabrication pour apporter les informations nécessaires aux fonctions supports et commerciales (devis, ordonnancement, approvisionnement....)

4 – 3 : Modification des conditions d'accès au métier

Le développement des nouvelles technologies de fabrication et de nouvelles conceptions (forme, constitution...) dans les pièces et produits plus complexes nécessitent des connaissances et compétences complémentaires sur l'intégration dans les process.

- Ouverture des métiers Méthodes Industrialisation à des profils Concepteurs FAM (Niv 5 à 7) sur les phases d'intégration des nouvelles technologies
- Evolution interne dans les entreprises avec des profils Techniciens de Production

Elargissement nécessaire aux problématiques générales de nouveaux process de fabrication (HSE, définition process applicable...)

4 – 4 : Nouvelles activités et compétences identifiées

Ce n'est pas une nouvelle activité identifiée mais le périmètre de définition/intégration des procédés dans le process industriel est plus élargie et impactant :

- Adaptation aux nouvelles techniques de production, en particulier la réalisation de produit par la fabrication additive métallique
- Connaissance des nouvelles normes / réglementations (matériaux, process...)
- Travail collaboratif à l'externe (donneur d'ordre / sous-traitant) et à l'interne (avec les équipes de R&D et de production)

Activités/compétences techniques

- ⇒ Connaître les caractéristiques techniques des différents matériaux ainsi que les conditions de mise en œuvre selon les procédés
- ⇒ Bien maîtriser les moyens de production selon les procédés et l'ensemble des interfaces informatiques,
- ⇒ Connaître les propriétés des matières premières (poudres par exemple) et les règles d'hygiène et de sécurité associées

Activités/compétences transverses

- ⇒ Polyvalence et adaptabilité pour travailler sur tous types de machines (technologies diverses) et prendre en compte les modifications impactant l'entreprise (renforcement des règles d'hygiène et de sécurité en raison de l'évolution des normes...)
- ⇒ Capacité à travailler en équipe élargie (avec la maintenance, la gestion de production, les approvisionnements...)
- ⇒ Capacité à se former (auto-apprentissage, reverse mentoring...) : identifier les besoins de connaissances à acquérir pour développer les compétences (mise à jour régulière des compétences existantes ou nouvelles compétences), de construire une démarche personnelle (moyens, temps...) de formation
- ⇒ Capacité à mettre en place des indicateurs de suivi et de performance pour consolider les données de production (temps de réalisation, setup...) et apporter les données utiles stratégiques (gain, capacitaire, faisabilité/complexité...)
- ⇒ Développer, renforcer les outils d'amélioration continue pour l'identification des évolutions techniques et organisationnelles dans la structure
- ⇒ Anglais – lecture de notice technique et/ou documentation associés aux moyens de production

4 – 5 : Différenciation des compétences du « nouveau » métier avec les certifications

Existence de plusieurs formations de niveau 5 (BTS, DUT) et 6 (BUT, BACHELOR) avec des carences concernant l'intégration des nouvelles méthodes de production (fabrication additive métallique)

Des formations Ingénieurs existantes à renforcer pour accélérer l'introduction de la FAM en s'appuyant sur des filières ou des secteurs géographiques en fonction des opportunités industrielles. Un volume important d'Ecole d'Ingénieurs peuvent intégrer la FA au travers de projets de territoires/régions

Des formations continues permettant l'acquisition de concept en fonction de l'existant dans les entreprises à développer pour une approche plus ciblée de la FAM (conditions de mise en œuvre, REX...) pour une montée progressive mais soutenue.

4 – 6 : Certifications existantes et/ou à faire évoluer

Certifications existantes sur l'activité Méthodes Industrialisation.

Une évolution sera nécessaire (voir création) de parcours dédiés à la FAM pour renforcer cette étape majeure dans l'introduction de la FAM.

Des exemples de parcours existent sur le territoire en formation initiale (BACHELOR, L PRO), parfois dédiés (couplés avec fabrication soustractive), parfois en proximité. Une hybridation sera nécessaire pour intégrer la FAM.

Un projet de création de certification est en cours avec un CQPM « chargé d'intégration et d'industrialisation d'un procédé de fabrication additive »

Métiers en émergence et/ou en évolution majeure dans le cadre de l'intégration de la **Fabrication Additive Métallique**

TECHNICIEN USINAGE - FABRICATION ADDITIVE METALLIQUE

1 - Présentation du métier :

TECHNICIEN D'USINAGE

Le technicien usinage réalise des pièces, unitairement ou en série, en assurant la bonne marche de la production dans le respect des quantités, coûts et délais.

Il procède également à des reprises d'usinage sur des pièces ou des ensembles mécano-soudés

L'opérateur d'Usinage n'intervient pas (ou très peu) sur le contenu des programmes des MOCN. Il réalise généralement des fabrications séries

Le technicien Usinage va réaliser ou corriger les programmes pour la réalisation des pièces

2 - Rappel des fiches métiers existantes

Technicien d'usinage

Opérateur d'usinage

Outilleur mouliste

3 - Code ROME proches

- H2503 - Pilotage d'unité élémentaire de production mécanique ou de travail des métaux
- H2904 - Conduite d'équipement de déformation des métaux
- H2905 - Conduite d'équipement de formage et découpage des matériaux
- H2906 - Conduite d'installation automatisée ou robotisée de fabrication mécanique

4 - Changement et/ou différenciation par rapport à des métiers existants

4 – 1 : Durabilité du changement :

Demande déjà existante et évolutive vers les moyens de fabrication à Commandes Numériques et vers les moyens de fabrication plus complexes (5 axes) dans la fabrication soustractive.

Les différentes techniques et moyens de production permettront une adaptation rapide aux attendus du métier dans le cadre de l'introduction de la FAM. L'interaction avec les phases d'industrialisation et de production permettront l'optimisation qualitatifs des réalisations et l'optimisation des reprises d'usinage.

Des évolutions qui s'inscrivent dans la durée avec un recentrage des compétences des techniciens d'usinage sur l'aspect « finition » (reprise d'usinage, usinage de précision...) des pièces réalisées

4 – 2 : Positionnement ou repositionnement organisationnel du métier

Le métier sera plus concentré sur des missions spécifiques d'usinage avec les différentes phases de finition et reprise d'usinage sur des côtes fonctionnelles et/ou nécessitant de fortes précisions

Pas de repositionnement organisationnel fort mais une concentration des compétences techniques de technicien d'usinage.

Des phases amont de consultation possibles avec les différents secteurs d'activité selon les phases de réalisation des produits (prototypage, premières séries...) déjà existantes mais à conforter dans l'introduction de nouveaux procédés dans la réalisation de produits/pièces

- Méthodes Industrialisation pour des échanges et tests sur le positionnement d'éléments de fabrication (supportage, bridage) à éventuellement introduire sur les pièces
- Le service contrôle

4 – 3 : Modification des conditions d'accès au métier

Pas de modification majeure des conditions d'accès au métier.

Nécessité d'appréhender la reprise d'usinage différemment dans certains cas du fait d'une possible forme différente (bridage spécifique...) ou la réalisation des origines machines/pièce.

Une expérience du métier permettra une adaptation rapide aux différences dans la prise en charge des actions d'usinage

4 – 4 : Nouvelles activités et compétences identifiées

Ce n'est pas une nouvelle activité identifiée et le périmètre de réalisation reste quasi inchangé. L'interaction en amont avec le service méthodes industrialisation permettra d'identifier les différentes étapes à introduire dans la phase de finition et le développement spécifique qui pourrait être nécessaire pour la réalisation d'outillage de préhension nécessaire.

- Sensibilisation aux nouvelles techniques de production, en particulier la réalisation de produit par la fabrication additive métallique
- Connaissance des nouvelles normes / réglementations (matériaux, process...)
- Travail collaboratif à l'interne (avec les équipes de Méthodes Industrialisation)

Activités/compétences techniques

- ⇒ Connaître les caractéristiques techniques des différents matériaux ainsi que les conditions de mise en œuvre selon les procédés (conditions de coupe, outils de coupe...)

Activités/compétences transverses

- ⇒ Capacité à travailler en équipe élargie (avec la production, le contrôle...)

- ⇒ Capacité à identifier des solutions de reprise d'usinage sur des pièces pouvant être différentes en termes de formes/ergonomie et apporter les règles utiles pour améliorer une productivité.

4 – 5 : Différenciation des compétences du « nouveau » métier avec les certifications

Existence de plusieurs formations de niveau 4 (Bac Pro TRPM) et 5 (DUT GMP, BTS CPRP) adaptables avec l'introduction de pièces issues de la FABA (pas nécessairement métal pour l'apprentissage). Pas d'évolution majeure.

Des formations continues permettent l'acquisition de compétences très orientées vers la fabrication (pratique MOCN) avec les T Pro et CQP.

Acculturation de la fabrication additive à apporter dans ces 2 types de certifications sur les parties CAO et PRATIQUES en atelier.

4 – 6 : Certifications existantes et/ou à faire évoluer

A compléter

Métiers en émergence et/ou en évolution majeure dans le cadre de l'intégration de la Fabrication Additive Métallique

OPERATEUR / CONDUCTEUR d'EQUIPEMENTS INDUSTRIELS - FABRICATION ADDITIVE METALLIQUE

1 - Présentation du métier :

Le-la conducteur-trice de ligne de production régule et surveille une ou plusieurs machine(s) de fabrication qui peuvent être de différentes technologies (dont fabrication additive). Il-elle intervient selon les règles de sécurité et les impératifs de production.

Le pilote de systèmes de production industrielle met en service une ou plusieurs installations et coordonne l'activité de sa ligne de production en animant un groupe d'opérateurs et en assurant le bon fonctionnement des machines.

2 - Rappel des fiches métiers existantes

Conducteur de ligne de production (H/F) (Observatoire)

3 - Code ROME proches

- H2903 - Conduite d'équipement d'usinage
- H2904 - Conduite d'équipement de déformation des métaux
- H2905 - Conduite d'équipement de formage et découpage des matériaux
- H2906 – Conduite de ligne automatisée
- H2907 - Conduite d'installation de production des métaux
- H3402 - Conduite de traitement par dépôt de surface

4 - Changement et/ou différenciation par rapport à des métiers existants

4 - 1 : Durabilité du changement :

Demande essentiellement concentrée sur des petites séries et des pièces à forte valeur ajoutée (aéronautique, médical et défense).
Les différentes technologies nécessitent encore des avancées (accroissement de la productivité, fiabilité, normalisation, coût des matières premières et des moyens de production).

Développement prochain de la production en parallèle des autres modalités de production mais avec une intégration progressive dans l'écosystème industriel.

4 – 2 : Positionnement ou repositionnement organisationnel du métier

Le métier sera plus en lien avec différents métiers proches :

- La conception pour des échanges et tests qui pourront être conduits avec l'équipe de conception
- Les Méthodes industrialisation pour la définition des mises en œuvre et tests de réalisation
- La Finition (par Usinage et/ou traitement de surface)
- La Maintenance

➔ Capacité à travailler en équipe et en mode projet avec d'autres équipes, en particulier les métiers de la conception d'une part et les équipes d'usinage en charge de la finition de la pièce d'autre part

➔ La capacité à apprendre et à transmettre son savoir est plus que nécessaire pour les conducteurs de ligne dans des entreprises

4 – 3 : Modification des conditions d'accès au métier

Les moyens de fabrication existants et les investissements nécessaires des parcs machines amèneront les industriels à positionner des profils expérimentés sur les premières phases de mise en production.

L'évolution des moyens amènera à terme la prise en main par des opérateurs qui seront à former spécifiquement à l'utilisation mais également à l'environnement spécifique pouvant exister selon les procédés.

4 – 4 : Nouvelles activités et compétences identifiées

Ce n'est pas une nouvelle activité identifiée, en revanche des compétences à renforcer/développer :

- Utilisation de nouveaux moyens de fabrication et de contrôle
- Interaction avec les différents métiers amont et aval sur les phases de prise en main des produits/process
- Environnement des moyens de production selon les procédés utilisés

Activités/compétences techniques

- ⇒ Conduire une ligne de produits à très forte valeur ajoutée
- ⇒ Bien maîtriser les interfaces informatiques, notamment pour le suivi des instruments et mesures, la compréhension des différentes informations du moyen de production (signaux d'alerte, paramétrage, seuil d'alerte/tolérance...)
- ⇒ Connaître les propriétés des matières premières (poudres par exemple) et les règles d'hygiène et de sécurité associées
- ⇒ Evolution des opérations de contrôle du conducteur de ligne qui pourront être mises en œuvre grâce aux outils connectés (contrôle du produit fini par un système caméra/scan par exemple, recours à la réalité augmentée.)

Activités/compétences transverses :

- ⇒ Polyvalence et adaptabilité pour travailler sur tous types de machines (technologies diverses) et prendre en compte les modifications impactant l'entreprise (renforcement des règles d'hygiène et de sécurité en raison de l'évolution des normes...)
- ⇒ Capacité à travailler en équipe élargie (avec la maintenance notamment), interculturelle et pluridisciplinaire (bien connaître le fonctionnement de l'entreprise dans son ensemble...)
- ⇒ Capacité à se former (auto-apprentissage, reverse mentoring...): identifier les besoins de connaissances à acquérir pour développer les compétences (mise à jour régulière des compétences existantes ou nouvelles compétences), de construire une démarche personnelle (moyens, temps...) de formation
- ⇒ Anglais – lecture de notice technique et/ou documentation associés aux moyens de production

4 – 5 : Différenciation des compétences du « nouveau » métier avec les certifications

A partir des :

- Moyens de production associés aux procédés de FAM
- Langages de Machines FAM (quelques procédés ont des langages pouvant se rapprocher de ceux utilisés dans les MOCN)
- Règles spécifiques de sécurité liées aux moyens mis en œuvre selon les procédés

Il existe aujourd'hui des diplômes sur la conduite de ligne de production mais aucun n'intègre la fabrication additive métallique qui commence pourtant à entrer dans une phase industrielle pour certains secteurs industriels :

- Bac professionnel « Pilote de ligne de production »
- BTS « Pilotage des Procédés »
- Titre Professionnel « Technicien de Production Industrielle » (TPI)
- CQPM « Pilote de systèmes de production automatisée » ou « conducteur d'équipements industriels »

Des diplômes associables à la FAM du fait de la proximité avec la finalité des produits peuvent avoir un certain intérêt de par la complémentarité fabrication soustractive/addictive

- Bac Pro TRPM
- BTS CPRP

Des certifications professionnelles ont été développées pour compléter des compétences déjà acquises sur des métiers de proximité (technicien d'usinage, conducteur de lignes...) pour apporter les connaissances nécessaires et une pratique permettant l'acquisition des bases des compétences requises.

- CQPM Opérateur en fabrication additive : poudre métallique ou polymères ou sables

4 – 6 : Certifications existantes et/ou à faire évoluer

**Certifications existantes dans la conduite d'équipements avec les certifications professionnelles.
Parcours de formation à définir pour répondre aux besoins des entreprises (selon les procédés et moyens) dans le respect du référentiel de certification.**

Des formations existent par les fournisseurs d'équipements sur l'utilisation des moyens. A développer et/ou à intégrer dans un parcours plus global sur l'emploi en intégrant des modules dédiés à l'environnement du moyen de fabrication par exemple.

Métiers en émergence et/ou en évolution dans le cadre de l'intégration de la **Fabrication Additive Métallique**

ACHETEUR INDUSTRIEL / APPROVISIONNEUR - FABRICATION ADDITIVE METALLIQUE

1 - Présentation du métier :

ACHETEUR INDUSTRIEL

L'acheteur Industriel recherche et sélectionne des produits et/ou des fournisseurs selon la stratégie d'achat élaborée par l'entreprise ou par lui-même. Il-elle négocie les contrats commerciaux selon des objectifs de coûts, de délais et qualité et de respect de l'environnement. Elle-il est de plus en plus amené-e à travailler à l'international.

APPROVISIONNEUR

L'approvisionneur institue, envoie et suit les commandes de biens ou de services aux fournisseurs externes. Il a en charge le renouvellement des stocks (calculs de besoins, analyse de prévisions), l'optimisation des délais, des coûts, de l'espace ainsi que de la vérification qualité et quantité des produits réceptionnés (processus de contrôle qualité à la réception des commandes).

2 - Rappel des fiches métiers existantes

- Acheteur Industriel

3 - Code ROME proches

- M1101 – Achats
- M1102 – Direction des Achats

4 - Changement et/ou différenciation par rapport à des métiers existants

4 – 1 : Durabilité du changement :

Pas de changement majeur sur la finalité du métier et des missions/fonctions au sein de l'entreprise avec l'introduction de la FAM.

Des évolutions dans les connaissances techniques des procédés à intégrer dans la gestion et la caractérisation des fournisseurs (pièces complètes ou matière) et dans la valorisation des produits finis en lien avec les Concepteurs et Méthodes Industrialisation.

4 – 2 : Positionnement ou repositionnement organisationnel du métier

Pas de repositionnement organisationnel fort mais une nécessité d'appréhender les nouveaux moyens et compétences à mobiliser.

Des phases amont de concertation avec les services supports peuvent être nécessaires pour la définition des données chiffrées (identification et besoins matières, qualification des procédés et produits...)

Rôle important dans l'identification et la caractérisation des fournisseurs en support aux services Conception et Industrialisation.

4 – 3 : Modification des conditions d'accès au métier

Pas de modification majeure des conditions d'accès au métier.

Nécessité d'avoir des connaissances suffisantes sur les procédés et les produits réalisables

4 – 4 : Nouvelles activités et compétences identifiées

Ce n'est pas une nouvelle activité identifiée et le périmètre de la fonction reste inchangé.

L'interaction en amont avec les services supports (méthodes industrialisation, logistique, maintenance) permettra de préparer l'introduction de nouveaux procédés dans le flux de production.

- Sensibilisation aux nouvelles techniques de fabrication
- Connaissance des nouvelles normes / réglementations (matériaux, process...)

Activités/compétences techniques

- ⇒ Connaître les principales caractéristiques techniques des différents matériaux et les procédés de réalisation.
- ⇒ Construction de nouveaux référencement pour analyse des propositions commerciales (éléments comparatifs, temps de réalisation, matériaux...)

Activités/compétences transverses

- ⇒ Capacité à travailler en équipe élargie sur les premières réalisations (interne, externe) pour les différentes caractérisations et validation

4 – 5 : Différenciation des compétences du « nouveau » métier avec les certifications

Pas de différenciation particulière des compétences.

Acculturation de la fabrication additive à acquérir pour mieux appréhender les propositions et conditions des fournisseurs.

4 – 6 : Certifications existantes et/ou à faire évoluer

Pas de certifications à faire évoluer.

Une sensibilisation aux procédés et spécificités de la FAM sera à faire par des modules de formation « découverte »

Métiers en émergence et/ou en évolution majeure dans le cadre de l'intégration de la **Fabrication Additive Métallique**

TECHNICIEN DE CONTROLE - FABRICATION ADDITIVE METALLIQUE

1 - Présentation du métier :

TECHNICIEN DE CONTROLE

Le-a contrôleur-se qualité vérifie la conformité de la production aux spécifications, gabarits et tolérances prévues par le dossier de production. Par prélèvements à certaines étapes du processus de fabrication et à la réception des pièces produites, il-elle effectue des mesures précises, statue sur le traitement des pièces non-conformes (rebut, rectification) et enregistre les résultats de ses opérations.

Il-elle peut aussi superviser des appareils de mesure 3D ou de contrôle non-destructif contrôlant automatiquement toute la production de la ligne de production ou de l'équipement.

L'opérateur-trice de contrôle visuel vérifie la conformité de pièces démoulées à un standard de référence, sans utilisation d'instruments de mesure autre que sa propre acuité visuelle et son sens du détail.

Le technicien en métrologie étalonne, calibre et contrôle, voire conçoit les processus à mettre en œuvre pour effectuer des contrôles qualité aux différents stades de fabrication d'un produit. Il réalise son activité suivant les normes et référentiels qualité en vigueur.

2 - Rappel des fiches métiers existantes

Technicien en métrologie
Opérateur de contrôle visuel
Contrôleur qualité

3 - Code ROME proches

- H1506 - Intervention technique qualité en mécanique et travail des métaux

4 - Changement et/ou différenciation par rapport à des métiers existants

4 – 1 : Durabilité du changement :

Une évolution des procédés de réalisation et la diversité des réalisations se feront progressivement et l'activité de contrôle s'effectuera dans les mêmes conditions.

Les moyens de contrôle et les conditions de contrôle n'évoluent pas radicalement.

En complément du contrôle dimensionnel plutôt fréquent dans les entreprises de production mécanique, des activités de Contrôle Non Destructif pourront compléter les besoins de vérification.

4 – 2 : Positionnement ou repositionnement organisationnel du métier

Pas de repositionnement organisationnel du métier et des activités liées au contrôle « qualité » des réalisations.

4 – 3 : Modification des conditions d'accès au métier

Pas de modification majeure des conditions d'accès au métier.

Nécessité d'adapter certaines techniques de prise de côtes en fonction de la morphologie de la pièce finie qui pourrait ne pas comporter des références plus marquées que sur des pièces « traditionnelles » (planéité...)

4 – 4 : Nouvelles activités et compétences identifiées

Ce n'est pas une nouvelle activité identifiée et le périmètre de réalisation reste quasi inchangé.

L'interaction en amont avec le service méthodes industrialisation permettra d'identifier les différentes étapes à introduire dans les phases intermédiaires de contrôle jugées nécessaires en cours de fabrication (étapes intermédiaires).

- Sensibilisation aux nouvelles techniques de production, en particulier la réalisation de produit par la fabrication additive métallique
- Connaissance des nouvelles normes / réglementations (matériaux, process...)

Activités/compétences techniques

- ⇒ Les pratiques de contrôle dimensionnel peuvent nécessiter des techniques de prises de côtes différentes (point de référence) selon la morphologie des pièces
- ⇒ Intégrer des notions d'état de surface sur certaines pièces (ou parties de pièces) différentes en fonction des procédés de fabrication

Activités/compétences transverses

- ⇒ Capacité à identifier des solutions de reprise d'usinage sur des pièces pouvant être différentes en termes de formes/ergonomie et apporter les règles utiles pour améliorer une productivité.

4 – 5 : Différenciation des compétences du « nouveau » métier avec les certifications

Existence de plusieurs formations de niveau 4 (Bac Pro TRPM) et 5 (DUT GMP, BTS CPRP) adaptables avec l'introduction de pièces issues de la FABA (pas nécessairement métal pour l'apprentissage). Pas d'évolution majeure.

Des formations continues permettent l'acquisition de compétences très orientées vers la fabrication (pratique MOCN) avec les T Pro et CQP.

Acculturation de la fabrication additive à apporter dans ces 2 types de certifications sur les parties CAO et PRATIQUES en atelier.

4 – 6 : Certifications existantes et/ou à faire évoluer

Les certifications existantes apportent l'ensemble des techniques générales et parfois spécifiques aux missions de l'emploi.

Un module découverte permettra d'appréhender les différents procédés de fabrication additive et les résultats obtenus sur les réalisations.

Des compléments de techniques de contrôle seront à développer dans le cas de contrôleur habitué essentiellement au contrôle dimensionnel des éléments fabriqués.

ANNEXE 5 - Exemple de formations à la FAM

DÉCOUVERTE DES PROCÉDÉS DE FABRICATION ADDITIVE POUR LES APPLICATIONS POLYMÈRES ET MÉTAL

Se Repérer dans les technologies de fabrication additive pour intégrer les bénéfices de ces innovations : réduction du temps d'étude, complexité des formes, validation rapide des nouveaux produits, etc.

Présentation de la formation

Objectifs pédagogiques

- Identifier les différents procédés de fabrication additive pour applications polymères ou métal, parfois regroupés derrière le terme « impression 3D ».
- Différencier leur intérêt technico-économique pour extraire leur champ d'application.
- Cerner l'applicabilité de la fabrication additive en se posant les bonnes questions de faisabilité.

Méthodes pédagogiques

La formation s'appuie sur de nombreux exemples de pièces illustrant les différents procédés. Les stagiaires seront amenés à faire l'association entre pièces et procédés.

Compétences visées

Identifier les produits de son entreprise potentiellement éligibles à la fabrication additive.
Échanger avec les sous-traitants du domaine de la fabrication additive dans le cadre d'un projet d'entreprise.

Moyens d'évaluation

Un QCM final permettra à chacun de reballayer l'ensemble des grands thèmes de la formation.

Profil du formateur

Formateur de formation ingénieur ou docteur, chef de projet en fabrication additive avec une expérience à la fois scientifique et opérationnel sur un très large panel d'équipements.

Personnel concerné

Ingénieurs et techniciens de bureaux d'études, des services méthodes et recherche et développement, acheteurs.

Prérequis

Aucun prérequis technique



Ref : WFA01

DISPONIBLE EN INTRA

SESSION EN 2023

Classe virtuelle en anglais

☒ 8h - prix : nous consulter

→ du 19/07 au 20/07/2023 ¹

SESSION EN 2024

Classe virtuelle en anglais

☒ 8h - prix : nous consulter

→ du 05/04 au 06/04/2024 ¹

→ du 19/07 au 20/07/2024 ¹

Classe virtuelle

☒ 8h - 600 € HT

→ du 23/04 au 26/04/2024 ¹

→ du 29/05 au 30/05/2024 ¹

→ du 01/10 au 04/10/2024 ¹

¹ voir spécificités sur le site cetim.fr

RÉALISABLE EN ANGLAIS

PRÉCONISATIONS

Après

FA03 - Conception fabrication additive métal

CONTACTS

Renseignements inscription

Service Formation
+33 (0)970 820 591
formation@cetim.fr

Renseignements techniques

Lucas Séguy
+33 (0)970 821 680
sqr@cetim.fr

En situation de handicap ?

Consulter notre référent handicap pour étudier la faisabilité de cette formation à
referent.handicap@cetim.fr

Programme de la formation

- Module 1 (2h) : Panorama des procédés de fabrication additive polymère et exemples d'application
- Module 2 (2h) : Panorama des procédés de fabrication additive métallique et exemples d'application
- Module 3 (2h) : Cycle de vie en fabrication additive métallique : de la reconception au produit fini + données économiques
- Module 4 (2h) : Les matériaux : disponibilité, défauts, contrôles

Principe de la classe virtuelle

La formation en ligne est animée « en direct » par un formateur présent en permanence. Les formateurs ont reçu une formation spécifique à l'animation d'une classe virtuelle. Ils proposent des interactions, exercices, échanges de pratiques fréquents afin de favoriser l'engagement et la montée en compétences des participants.

L'animateur utilise les logiciels Classilio Via ou Teams et la taille des groupes est de 6 à 8 participants en général.

Le lien de connexion à la classe virtuelle vous sera envoyé quelques jours avant le début de la formation.

Équipement nécessaire pour participer à ce stage

Un ordinateur (Mac, PC) ou tablette si possible équipé d'une webcam, un micro, un haut-parleur ou de préférence d'un micro-casque.

Une connexion internet (ADSL, fibre - filaire préconisée) autorisant l'utilisation de la voix et l'image (assurez-vous que l'accès WEB que vous allez utiliser permet les liaisons vidéo, entre-autres que les ports ne sont pas bloqués par votre serveur)

Une adresse mail valide et qui sera utilisable pendant la séance.

Une ligne téléphonique directe ou un numéro de portable pour être joignable rapidement pendant la séance en cas de problème technique.

Autres formations sur le même thème

- Conception fabrication additive métal (FA03)
- fabrication additive - métallurgie fusion faisceau laser LBM (FA04)
- Fabrication additive, quels post-traitements mettre en œuvre ? (FA06)
- Découverte des procédés en Fabrication Additive et application (FA02)
- Décider de la bonne filière de production (K83)
- Contrôle des pièces en fabrication additive métallique (FA05)



Cette formation



Même thématique

L'ÉCOLE DE LA TRANSFORMATION
DE LA MATIÈRE ET DE L'ÉNERGIE

Diplôme universitaire
ingénierie et production en
**fabrication additive -
impression 3D**



www.ensiacet.fr/DU-FA-3D f t in YouTube

**Devenez expert
de la chaîne
de fabrication
additive-impression 3D**



TOULOUSE INP Ensiacet

École Nationale Supérieure des Ingénieurs
en Arts Chimiques et Technologiques

4, allée Emile Monso - CS 44362
31030 TOULOUSE Cedex 4

☎ 05 34 32 33 00
✉ com@ensiacet.fr

Restez connectés



www.ensiacet.fr



www.ensiacet.fr/DU-FA-3D



LOCALISATION

Bus n°79, arrêt Carmin ou arrêt INP



CONTACTS

- Toulouse INP-ENSIACET
Formation Continue

TOULOUSE
INP Ensiacet

Sophie THIEBAUD-ROUX

✉ dufa3D@ensiacet.fr
☎ 05 34 32 35 04 / 06 15 73 78 28
www.ensiacet.fr/DU-FA-3D

- Toulouse INP
Formation Continue

TOULOUSE
INP Formation
Continue

✉ dufa3D@ensiacet.fr
☎ 05 34 32 31 04
www.fc.inp-toulouse.fr





21 heures - 1 050 €

Impression 3D

📍 CHERBOURG - GRANVILLE - SAINT LÔ CAMPUS 1 - SAINT LÔ CAMPUS 2



Description

Cette formation Impression 3D permettra de comprendre en quoi consiste cette nouvelle méthode de fabrication dite "additive", les possibilités de ses différentes techniques, ses enjeux et ses limites. Vous apprendrez qui sont les acteurs de ce nouveau marché, les procédés techniques, les applications et apports économiques et industriels, les matériaux utilisés et les connaissances nécessaires pour y accéder. Mieux appréhendée, vous pourrez mieux intégrer l'impression 3D à votre entreprise

Objectifs

- ✓ Cette formation Impression 3D permettra de comprendre en quoi consiste cette nouvelle méthode de fabrication dite "additive", les possibilités de ses différentes techniques, ses enjeux et ses limites. Vous apprendrez les procédés techniques, les applications, les matériaux utilisés et les connaissances nécessaires pour y accéder

Contenu de la formation

L'Impression 3D :

- Qu'est-ce que l'impression 3D ?
- Définition de la fabrication additive.
- L'histoire de l'impression 3D et ses perspectives.
- Impression 3D et environnement.
- Que peut-on imprimer ?
- Apprendre le vocabulaire de l'impression 3D.
- Les différentes technologies d'impression 3D.
- Comparatif des caractéristiques élémentaires des différents matériaux (Champs d'applications).
- Rapport résistance à la température / résistance mécanique, avantages et limites des différents matériaux.

Bibliothèques de modèles 3D :

- Connaître les différentes plateformes de téléchargement de fichiers.
- Les plateformes paramétriques de type Tinkercad.
- Téléchargement d'un objet et manipulation dans un trancheur (slicer).

La structure des pièces :

- De la conception à l'impression, de l'idée au fichier et de l'idée à l'objet.
- Constituer un fichier 3D prêt pour l'impression.
- Qu'est-ce que le STL ?
- Connaître les logiciels de correction Autodesk NetFabb et Meshmixer pour la réparation du fichier 3D et la gestion des supports.
- Vérifier le fichier STL avec Meshmixer.
- Exporter le model 3D en STL.

Le tranchage :

- Optimisation & Paramétrage.
- Connaître les contraintes de l'impression 3D par dépôt de matière (jeu fonctionnel).
- Optimiser son projet pour une impression 3D.
- Se préparer à l'impression.
- Appréhender les supports d'impression dans Meshmixer /et ou dans Cura.
- Notion de position et d'échelle d'impression.
- Savoir trancher suivant les caractéristiques de l'objet et du matériau choisi avec Cura, Slic3r...
- Les épaisseurs de couche, la coque, le remplissage, la vitesse d'impression, la température, les jupes et bords, les supports.
- Réglage de la qualité d'impression suivant le résultat à obtenir.
- Les différents types d'accroches plateau (Buildtak, Buildgrip, scotch bleu, plaque de verre...)
- Le Gcode, le Code Marlin, leurs utilités, comment interpréter ces langages et faire des modifications à l'intérieur du code.
- La double extrusion (tour de purge, supports...).

Préparation de l'imprimante :

- Initialisation de l'imprimante.
- Insertion des consommables.
- Calibration et contrôle du plateau.
- Calibration des offsets.
- Sécuriser les interventions pendant l'impression.
- Contrôler l'objet et lui appliquer un post-traitement de finition.
- Réaliser sa première impression 3D.

Entretien l'imprimante / Dépannage :

- Nettoyage des buses, du plateau.
- Entretien du système d'entraînement.
- Lubrification, graissage des parties mobiles.
- Maintenance préventive des différentes pièces constituant le châssis de l'imprimante.
- Calibrer l'imprimante.
- Que faire en cas de soucis mécanique.

Public

- ✔ Ce stage concerne toutes les personnes souhaitant imprimer en 3D ou ayant un projet dans ce domaine

Conditions d'accès et prérequis

La connaissance de l'outil informatique et l'utilisation d'un logiciel de modélisation est souhaitée type Solidworks, Inventor, Sketchup, Tinkercad ou Fusion 360.

Moyens techniques

- ✓ Logiciels,
- ✓ Imprimante 3D

Moyens pédagogiques

Alternance d'apports théoriques et d'exercices d'application

Moyens d'encadrement

Équipe pédagogique FIM CCI Formation Ouest Normandie

Méthode d'évaluation des acquis

Évaluation lors des exercices d'application, cas pratiques sur imprimante 3D FDM

Validation

- ✓ Attestation de formation

Accessibilité

Nos campus de formation sont accessibles aux publics en situation de handicap. Pour plus d'informations, [consultez notre page FIM CCI Formation Ouest Normandie et l'accessibilité.](#)

Indicateurs de performance

Taux de satisfaction globale 2022 = 99%

Taux global concernant les formations ayant été mises en œuvre dans le domaine de l'informatique industrielle

Déclaration d'activité enregistré sous le n°25500110350 auprès du Préfet de la Région Normandie. Cet enregistrement ne vaut pas agrément de l'Etat.

LICENCE PRO



CONCEPTION ET PROCESSUS DE MISE EN FORME DES MATERIAUX : PARCOURS **IMPRESSION 3D / FABRICATION ADDITIVE**

Popularisée sous le terme « Impression 3D », la fabrication additive séduit les industriels dans de nombreux secteurs d'application à des fins de prototypage rapide ou de réalisation des étapes de production. Cette technologie bouscule et bouleverse les techniques de fabrication actuelles : les entreprises doivent penser, fabriquer et organiser autrement. La Licence Professionnelle « Conception et Processus de Mise en Forme des Matériaux parcours Impression 3D / Fabrication Additive », dispensée conjointement par le Pôle Formation UIMM de Champagne-Ardenne et l'Ecole d'Ingénieurs en Sciences Industrielles et Numérique (EiSINe) à Charleville-Mézières, vise à former les professionnels spécialisés dans cette technologie résolument ancrée dans l'industrie du futur. Elle s'appuie notamment, sur les moyens technologiques de la plateforme PLATINIUM3D.

Métier et débouchés

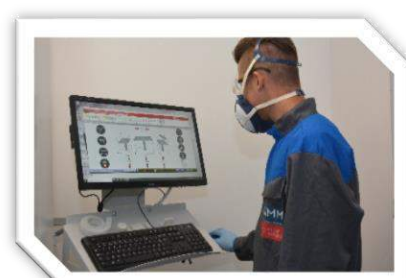
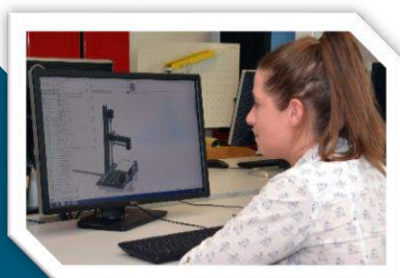
La mission de ces professionnels consiste à adapter, rénover ou mettre en place les processus en utilisant cette technologie dans un objectif d'optimisation de la productivité. Cette formation permet d'accéder aux métiers suivants : technicien en bureau d'études, technicien en bureau des méthodes, dessinateur projeteur en CAO, en construction mécanique, prototypiste, imprimeur 3D, chef de projet...

Conditions d'accès

- > Être titulaire d'un bac +2 (ou équivalent 120 ECTS) : BTS, DUT ou licence scientifique ou technique du secteur industriel (titre ou diplôme équivalent). Il est recommandé de posséder des bases techniques, notamment en mécanique et matériaux.
- > Être admissible à la formation suite à l'étude du dossier et à un entretien de motivation.
- > Signer un contrat d'apprentissage avec une entreprise.

Validation

Ce parcours de formation en alternance est sanctionné par la Licence Professionnelle Métiers de l'industrie : Conception et Processus de Mise en Forme des Matériaux, parcours Métallurgie Forge Fonderie - Bac +3 / Niveau II (diplôme délivré par l'Université de Reims Champagne-Ardenne - URCA).



LICENCE PRO



Organisation de la formation

Cette Licence Pro est proposée en alternance dans le cadre d'un contrat d'apprentissage sur une année. La durée des périodes en entreprise est progressive de manière à permettre une application réelle à travers la réalisation de projet(s). La formation s'appuie sur une pédagogie innovante construite autour de projets collaboratifs, de mises en situations professionnelles sur des équipements technologiques de pointe. Le volume total des cours représente 430 heures :

Conception et industrialisation de produits avec les procédés de fabrication additive (240h)	Procédés de fabrication additive : principe et applications, matériaux, procédés d'obtention de pièces métalliques, polymères, céramiques, hybrides...
	Chaîne numérique : import/export de fichier, fichiers dédiés à la fabrication additive (STL, AMF, STEP-NC VRML...), réparation de fichier, scan 3D, rétro-conception, préparation de la fabrication.
	Mise en œuvre des machines : caractérisation des matériaux, choix des paramètres machines/stratégies, contrôle des pièces, post-traitement et parachèvements, retour d'expériences/rapport.
	Conception de produits en fabrication additive : règles métiers, limites des procédés, structures lattices, matériaux architecturés, produits intelligents, optimisation topologique, innovation des produits, fonctionnalisation des surfaces.
Conduite de projet (70h)	Gestion de projet
	Qualité
	Développement durable
	Propriété intellectuelle
Sciences pour l'ingénieur (70h)	Mécanique du solide
	RDM
	Eléments finis
	Modèles
Communication (60h)	Anglais technique
	Techniques d'Information et Communication (TIC)
	Techniques de Recherche d'Emploi (TRE)

Compétences développées en entreprise

- > Gérer un projet et la propriété intellectuelle,
- > Définir les spécifications détaillées du projet,
- > Réaliser des pièces par rétroconception,
- > Rédiger une notice de calcul,
- > Concevoir et industrialiser des produits avec la fabrication additive,
- > Préparer la fabrication additive : tranchage, supports...
- > Rechercher et proposer des solutions techniques,
- > Mettre en œuvre un procédé,
- > Communiquer en français et en anglais.



Pôle Formation UIMM de Champagne-Ardenne

Ardennes : 131 av. Charles de Gaulle - CS50183 - 08008 Charleville-Mézières cedex - Tél. 03 24 56 42 87

Aube : 12 rue Québec - 10430 Rosières-Près-Troyes - Tél. 03 25 71 29 71

Marne : Zone Farman - 3 rue Max Holste - CS110004 - 51685 Reims cedex 2 - Tél. 03 26 89 60 00

Haute-Marne : 4 rue de la Tambourine - 52115 Saint-Dizier cedex - Tél. 03 25 07 52 00

E-mail : alternance@formation-industries-ca.fr

CONCEPTEUR EN FABRICATION ADDITIVE MÉTALLIQUE

- Parcours modulaire -

PARCOURS
DE FORMATION

Partie 1

FABRICATION ADDITIVE DE MATÉRIAUX MÉTALLIQUES

12J

Introduction à la Fabrication Additive Métallique (FAM)	1J
Rappels sur les matériaux métalliques et les procédés d'élaboration	1J
Les procédés de fabrication additive	2J
Hygiène et sécurité en FAM	0,5J
Volet expérimental : Découverte des techniques de fabrication additive	3J
Les opérations de post fabrication	0,5J
Caractéristiques des pièces élaborées en FAM	2J
Les opérations de finition	2J

Partie 2

LA CONCEPTION ET LE DESIGN DES PIÈCES EN FAM

5J

L'interprétation du besoin client en pratique	1J
Démarche de choix appliqué à la fabrication additive métal	1J
Démarche et règles de conception adaptés au procédé	3J

Partie 3

LA CHAÎNE NUMÉRIQUE EN FAM

13J

Conception adaptée à la FAM	0,5J
Conception de pièces et optimisation topologique	4,5J
Calcul/simulation et modélisation des procédés de FAM optimisation des paramètres de procédés	5J
Préparation à la fabrication	3J

Partie 4

ÉTUDES DE CAS PRATIQUES

Accompagnement / Diagnostic en entreprise d'opportunité stratégique en FAM	2J
Accompagnement à la conception	Formation Action personnalisée
Accompagnement à la fabrication	

Niveau Bac+2 conseillé

Niveau ingénieur exigé

**ANNEXE 6 -
Fiche d'analyse des
compétences des 9
métiers prioritaires**

ETUDE FANI 2023

Métier concerné

ACHETEUR INDUSTRIEL

L'acheteur Industriel recherche et sélectionne des produits et/ou des fournisseurs selon la stratégie d'achat élaborée par l'entreprise ou par lui-même. Il-elle négocie les contrats commerciaux selon des objectifs de coûts, de délais et qualité et de respect de l'environnement. Elle-il est de plus en plus amené-e à travailler à l'international.

APPROVISIONNEUR

L'approvisionneur institue, envoie et suit les commandes de biens ou de services aux fournisseurs externes. Il a en charge le renouvellement des stocks (calculs de besoins, analyse de prévisions), l'optimisation des délais, des coûts, de l'espace ainsi que de la vérification qualité et quantité des produits réceptionnés (processus de contrôle qualité à la réception des commandes).

Connaissances requises

Connaissance sur les différents nouveaux matériaux spécifiques à la FAM en fonction des procédés utilisés. Veille technologique nécessaire en fonction des évolutions des procédés de fabrication et des moyens associés.

Point de vigilance sur la caractérisation des fournisseurs et des « matières » en lien avec les caractéristiques techniques des produits à fabriquer.

Lien fort avec les fonctions BE/Recherche des entreprises (GDO par exemple) pour les acheteurs industriels et Contrôle Qualité pour les approvisionneurs

Compétences métiers

- Effectuer une veille **technologique** et économique sur le marché
- Définir les besoins en approvisionnement (dimensionnement) par rapport aux produits fabriqués
- Identifier et sélectionner les fournisseurs, sous-traitants, prestataires
- Evaluer ces fournisseurs en fonction des objectifs de qualité, d'impact environnemental et climatique, de coûts, et de volumes
- Etablir un cahier des charges en lien avec les services R&D et Méthodes Industrialisation (interne ou avec client)
- Négocier les prix et les délais
- Etablir les contrats d'achats
- Gérer le niveau des stocks et superviser la livraison
- Suivre les conditions d'exécution des contrats
- Assurer l'interface entre les fournisseurs, les services Méthodes et Production
- Proposer des axes d'amélioration

Spécificité

Pas de spécificité pour la FAM mais point de vigilance sur les fournisseurs de matière (qualification produits, conditions de stockage, traçabilité...)

Certifications/Diplômes existants

Pour les fonctions approvisionnements

- [BTS Conseil et Commercialisation de Solutions Techniques](#) (divers domaines techniques dont une spécialité Commercialisation de biens et services industriels)
- [BTS négociation et digitalisation de la relation client](#)
- [BTS commerce international](#)
- [BUT techniques de commercialisation](#) parcours business international : achat et vente
- [Licence professionnelle logistique et pilotage de flux](#)
- [Licence professionnelle gestion des achats et des approvisionnements](#)

Pour les fonctions Achats

- [BUT techniques de commercialisation](#) parcours business international : achat et vente
- Licence pro achats et logistique (acheteur industriel)
- [Licence professionnelle gestion des achats et des approvisionnements](#)
- Institut Supérieur des Achats et des Approvisionnements (ISAAP)

La formation peut se compléter au niveau Bac+5 en écoles de commerce ou en écoles d'ingénieurs avec une double compétence mais également les écoles spécialisées :

- [Master gestion de production logistique et achats](#)
- [Économie de l'entreprise et des marchés : économie et management](#)
- [Management et administration des organisations](#)
- [Master Acheteur France et International](#)

Formations continues

Normandie :

Hors Normandie :

Formations initiales

Normandie :

- [BTS Conseil et Commercialisation de Solutions Techniques](#) (9 structures) avec spécialité Commercialisation de biens et services industriels (2 structures) : St-Lô et Rouen
- [BTS négociation et digitalisation de la relation client](#) (35 structures)
- [BTS commerce international](#) (6 structures)
- [BUT Techniques de commercialisation parcours business international : achat et vente](#) (2 structures) : Cherbourg et Rouen
- Licence professionnelle logistique et pilotage de flux (0 structure)
- Licence professionnelle gestion des achats et des approvisionnements (0 structure)
- [Master gestion de production logistique et achats](#) (1 structure) : IAE CAEN
-

Hors Normandie :

- [BTS Conseil et Commercialisation de Solutions Techniques](#) (198 structures) avec spécialité Commercialisation de biens et services industriels (91 structures)
- [BTS négociation et digitalisation de la relation client](#) (770 structures)
- [BTS Commerce international](#) (242 structures)
- [BUT techniques de commercialisation parcours business international : achat et vente](#) (271 structures)
- [Acheteur France et International](#) : 1 structure Groupe AFPAM (51)
- [Master gestion de production logistique et achats](#) (26 structures)
- [Licence professionnelle logistique et pilotage de flux](#) (21 structures)
- [Licence professionnelle gestion des achats et des approvisionnements](#) (4 structures)
- [Master Économie de l'entreprise et des marchés](#) : économie et management
-

Observations- remarques

Préconisations :

ETUDE FANI 2023

Métiers concernés

CONCEPTEUR de PIECES

Chef de projet (Architecte naval - Garant du produit) (valide la conformité final du produit/pièce)

L'ingénieur-e simulation et calcul participe à l'activité de recherche-développement de l'entreprise en modélisant le comportement mécanique des pièces, modules ou produits en phase de conception : déformation, résistance des matériaux, etc.

Le Technicien Conception participe à la conception, au développement et à l'optimisation de machines, produits industriels, matériels, outillages et installations industrielles en intégrant de plus en plus la simulation.

Connaissances requises

- Utiliser des logiciels de Conception Assistée par Ordinateur (CAO) – (CATIA DASSAULT, NX SIEMENS...)
- Utiliser des logiciels de modélisation et simulation intégrés dans les outils CAO + optimisation topologiques (NASTRAN, OPTISTRUCT,)
- Maîtrise de la **pensée additive** en plus de la **pensée soustractive**
- Optimisation du design des pièces en utilisant les avantages de la FAM (liberté de formes) en multicritères (optimisation de la masse, fluidiques...)
- Avoir un sens critique par rapport aux propositions/suggestions de la solution numérique

Compétences métiers

PRE-ETUDE

- Définir le cahier des charges du produit/pièce à réaliser pour l'intégrer dans les logiciels de calculs/simulation
- Réaliser l'étude de faisabilité d'une production en fabrication additive en intégrant une méthodologie de conception en partant du cahier des charges
- Définir la stratégie de fabrication, les lignes directrices techniques et de conception
- Etudier les différentes propriétés des matériaux/procédés et les conditions de leur utilisation par différents processus
- Choisir le matériau adapté aux caractéristiques et à l'usage futur de la pièce en respectant les consignes
- Etudier la fonctionnalité d'un produit (analyse de la valeur produite)
- Opérer des choix techniques, esthétiques, économiques pour un produit
- Opérer des choix ergonomiques (en lien avec les contraintes fonctionnelles du produit)

ETUDE

- Concevoir et optimiser la pièce pour une production en fabrication additive
- Produire la définition en 3D
- Réaliser des maquettes et prototypes manuellement ou en simulation numérique
- Réaliser des prototypes en intégrant les contraintes d'une production industrielle

- Evaluer la conformité technique et esthétique du produit
- Assurer le suivi des phases de prototypage
- Evaluer les risques d'obsolescence, de recyclabilité et de maintenance des produits ou ensembles associées
- Assurer l'analyse technico-économique des solutions proposées
- Acquérir des objets à l'aide d'un scanner 3D (Retro conception)
- Convertir le fichier à l'aide d'un logiciel de tranchage pour l'adapter à l'imprimante 3D.(méthodes) (voir Opérateur de prod)

Pour NG, ces 2 dernières compétences sont rattachées aux Méthodes Industrialisation

- ➔ Comprendre la chaîne de valeur et les liens avec la fabrication additive métallique ou polymère (finition, contrôle, testing, validation...)
- ➔ Développer/analyser des solutions techniques en intégrant : performance, coûts et créativité (out of the box !!!)

Spécificité

- ➔ Maîtrise de la **pensée additive** en plus de la **pensée soustractive** pour avoir une nouvelle façon de penser (plus culturel que technique)

Certifications/Diplômes existants

Peu de diplômes/certifications existantes sur le domaine d'activité de la FABA. Les certifications existantes sont destinées à des profils techniques souhaitant acquérir/convertir des compétences en développement et réalisation de pièces en FABA.

Sur ces 2 certifications, il n'est pas fait référence à une quelconque technologie de fabrication additive, ni à une famille de matière.

[RNCP36168 – Titre Professionnel - Technicien supérieur en fabrication additive - France Compétences \(francecompetences.fr\)](http://francecompetences.fr)

[RS5560 – Certificat de Compétences Professionnelles Conception pour la Fabrication Additive - France Compétences \(francecompetences.fr\)](http://francecompetences.fr)

Certifications existantes dans le domaine de la conception sans référence à la fabrication additive :

Niveau 4

- Bac pro modélisation et prototypage 3D
- Bac techno STI2D sciences et technologies de l'industrie et du développement durable enseignement spécifique innovation technologique et éco-conception

Niveau 5

- [BTS Conception des produits industriels](#)
- [BTS Conception et Industrialisation en Construction Navale](#)
- [BTS Conception des processus de réalisation de produits option A production unitaire](#)
- [BTS Conception et industrialisation en microtechniques \(CIM\)](#)
- FCIL mécanique industrielle : conception de produits industriels et conception des processus de réalisation des produits

- [TP technicien supérieur en conception industrielle de systèmes mécaniques](#)

Niveau 6

- Licence pro mention métiers de l'industrie : conception de produits industriels
- [Licence pro mention métiers de l'industrie : mécanique](#)
- [Chargé d'études en conception de systèmes mécaniques](#)
- [BUT génie mécanique et productique parcours conception et production durables](#)
- Bachelor designer concepteur industriel

Niveau 7

- Diplôme d'ingénieur de l'Institut national des sciences appliquées génie mécanique (INSA) – (Lyon, Rennes, Rouen...)
- Diplôme d'ingénieur de l'Institut national des sciences appliquées de Rouen spécialité mécanique (INSA)
- Diplôme d'ingénieur de l'Institut supérieur de mécanique de Paris (SUPMECA)
- Diplôme d'ingénieur de l'université de technologie de Belfort-Montbéliard spécialité mécanique (UTBM)
- Diplôme d'ingénieur de l'université de technologie de Compiègne spécialité mécanique (UTC)
- Diplôme d'ingénieur de l'université de technologie de Troyes spécialité génie mécanique (UTT)
- Diplôme d'ingénieur de l'École d'ingénieurs en sciences industrielles et numérique de l'université de Reims spécialité matériaux et mécanique
- Diplôme d'ingénieur de l'École nationale d'ingénieurs de Metz de l'université de Lorraine spécialité mécanique et production
- Diplôme d'ingénieur de l'École nationale d'ingénieurs de Saint-Etienne de l'école centrale de Lyon spécialité génie mécanique (ENI)
- Diplôme d'ingénieur de l'École nationale supérieure d'arts et métiers spécialité génie mécanique
- Diplôme d'ingénieur de l'École polytechnique universitaire de l'université de Montpellier spécialité mécanique (Polytech)
- Diplôme d'ingénieur de l'École polytechnique universitaire de l'université de Tours spécialité mécanique et génie mécanique (Polytech)
- Diplôme d'ingénieur du CNAM spécialité mécanique
- [Master Ingénierie de Conception...](#)
- [Diplôme d'ingénieur généraliste \(CESI\)](#)

Sans niveau

- DU Ingénierie et production en fabrication additive- impression 3D

Formations continues

En Normandie :

- [TP technicien supérieur en conception industrielle de systèmes mécaniques](#)
Cherbourg : fim.fr/formation (ouverture en septembre 2023)
- [Technicien de fabrication additive à CAEN \(8 jours\) avec NAE \(PLA\)](#)
- [Caen – 3DetG](#)
Impression 3D et Conception 3D (8 jours)
Débuter en impression 3D (1 jour)
Utilisateur avancé en FABA (2 jours)
- ...

Hors Normandie :

Exemples de formation

St Etienne et Cluses

- Conception fabrication additive métal - Formations - Cetim (**2 jours**)

11 sessions en France (Mulhouse, Lyon, Pas de Calais, 8 en Midi Pyrénées) **(165 jours)**

- [Technicien-supérieur-en-fabrication-additive](#)

Péronnas (AIN)

- [Concepteur-en-fabrication \(15 jours\)](#)

- ...

Loire

- [Parcours de formation Concepteur en FAM.PDF \(30 jours répartis en 3 modules\)](#)

Ile de France – Sèvres

- [Parcours de formation Concepteur en FAM.PDF \(2 jours\)](#)

Bordeaux IUT - La fabrication additive métallique, procédé innovant

- Fabrication additive métallique, les fondamentaux **(3 jours)**
- Conception pour la fabrication additive **(3 jours)**
- Production de pièces complexes et parachèvement **(3 jours)**
- Industrialisation de pièce complexes **(3 jours)**

Charleville Mézières

- Module découverte **(2 jours)**
- Fabrication-additive-module-developpement-procédé-fusion-de-poudre-métal **(3 à 5 jours)**

Toulouse

- DU Ingénierie et production en fabrication additive- impression 3D

Formations initiales

En Normandie :

Niveau 4

- Bac pro modélisation et prototypage 3D (Maromme, Dieppe, Le Havre et Dives sur Mer)
- Bac techno STI2D sciences et technologies de l'industrie et du développement durable enseignement spécifique innovation technologique et éco-conception (30 lycées en Normandie dont 3 dans la Manche)

Niveau 5

- BTS Conception des produits industriels CPI (7 structures dont 1 à Cherbourg)
- BTS Conception et Industrialisation en Construction Navale CICN (1 structure à Cherbourg)
- BTS Conception des processus de réalisation de produits CPRP option A production unitaire (4 structures dont 0 dans la Manche)
- BTS Conception et industrialisation en microtechniques CIM (3 structures dont 0 dans la Manche)
- TP technicien supérieur en conception industrielle de systèmes mécaniques (1 structure à Cherbourg)

Niveau 6

- Licence pro mention métiers de l'industrie : conception de produits industriels (1 structure à Alençon)
- BUT génie mécanique et productique parcours conception et production durables (1 structure à Alençon)

Niveau 7

- Diplôme d'ingénieur de l'Institut national des sciences appliquées de Rouen spécialité mécanique (INSA)
- Master mention mécanique – UFR Science CAEN
- [Master mention ingénierie de conception](#) (LE HAVRE)
- [Diplôme d'ingénieur généraliste \(CESI\)](#) (ROUEN) option fabrication additive

Hors Normandie :

Niveau 4

- Bac pro modélisation et prototypage 3D (54 structures en France)

Niveau 5

- BTS Conception des produits industriels CPI (112 structures en France)
- BTS Conception et Industrialisation en Construction Navale CICN (3 structures en France)
- BTS Conception des processus de réalisation de produits CPRP option A production unitaire (63 structures en France)
- BTS Conception et industrialisation en microtechniques CIM (32 structures en France)
- TP technicien supérieur en conception industrielle de systèmes mécaniques (2 structures en France)

Niveau 6

- Licence pro mention métiers de l'industrie : conception de produits industriels (22 structures en France)
- BUT génie mécanique et productique parcours conception et production durables (20 structures en France)

Niveau 7

- Diplôme d'ingénieur ECAM LaSalle Lyon
- Diplôme d'ingénieur de l'École centrale de Nantes
- Diplôme d'ingénieur de l'École nationale d'ingénieurs de Saint-Etienne
- Diplôme d'ingénieur de l'ÉNSAM Aquitaine
- Master mention génie mécanique
- Master mention mécanique
- [Master mention ingénierie de conception](#) (8 structures dont Brest, Lorient, Rennes)

Mastère spécialisé

- Procédés du futur et Robotisation – ESTIA (Bayonne) et SIGMA (Clermont Ferrand)

Observations- remarques

Préconisations :

- ➔ A partir des profils concepteurs dans l'entreprise :
 - Exemple de parcours existants / Formation continue ciblée sur l'appréhension des logiciels dédiés et des différents procédés
- ➔ A partir des formations et diplômes existants :
 - Compléter les formations avec des modules spécifiques dédiés / initiation

Pour l'ensemble des formations existantes ou à créer, il est nécessaire d'identifier et de former les formateurs/enseignants – Mission pouvant appartenir aux centres d'expertises.

ETUDE FANI 2023

Métier concerné

DESSINATEUR – PROJETEUR

Le-la dessinateur-trice projeteur réalise des dossiers d'études, comprenant la définition du produit matérialisé par des plans d'ensembles et leurs nomenclatures, élaborés numériquement sur logiciels de dessin assisté par ordinateur ou de conception assistée par ordinateur. Il-elle intègre l'économie circulaire et la gestion du cycle de vie dans ses activités.

Connaissances requises

- Maîtrise les logiciels de Conception et Dessin Assistés par Ordinateur (CAO/DAO)

Compétences métiers

- Etudier les projets et les avant-projets
- Réaliser des études de faisabilité en lien avec les méthodes Industrialisation et le Concepteur
- Représenter et dimensionner les pièces, objets ou ensembles mécaniques
- Dessiner les ensembles et sous-ensembles avec la nomenclature associée
- Produire les différents plans pour le produit (dessinateur projeteur)
- Déterminer et calculer les contraintes fonctionnelles, physiques, dimensionnelles, structurelles ou géométriques des pièces
- Tenir à jour le dossier de définition
- **Maîtriser la pensée additive en plus de la pensée soustractive**

Spécificité

Intégration des nouveaux modules des logiciels de CAO/DAO en lien avec la FAM

Certifications/Diplômes existants

Niveau 4

- [Bac pro modélisation et prototypage 3D](#)
- [Bac Pro Etude et définition de Produits Industriels.](#)
- [TP Technicien d'études en mécanique](#)

Niveau 5

- [BTS Conception des produits industriels](#)

Niveau 6

- [Licence pro mention métiers de l'industrie : conception de produits industriels](#)
- [Licence pro mention métiers de l'industrie : mécanique](#)
- [Chargé d'études en conception de systèmes mécaniques](#)

- [BUT génie mécanique et productique parcours simulation numérique et réalité virtuelle \(34 / 1 structure\)](#)
- [BUT génie mécanique et productique parcours innovation pour l'industrie \(38 / 1 structure\)](#)
- [CQPM dessinateur \(trice\) d'études industrielles](#)
- [Concepteur \(trice\) modélisateur numérique de produits mécaniques](#)

Formations continues

Normandie :

Niveau 4

- [TP Technicien d'études en mécanique](#)
 - [AFPA Cherbourg](#)
 - [FIM CCI Cherbourg](#)
- [CQPM dessinateur \(trice\) d'études industrielles](#)
 - [PFUIMM Caen](#)
 - [PFUIMM Le Havre](#)
 -

Hors Normandie :

Niveau 4

- [TP Technicien d'études en mécanique](#)
 - [AFPA Pays de la Loire](#)
 - [AFPA Lyon](#)

Niveau 5

- [CQPM Concepteur \(trice\) modélisateur numérique de produits mécaniques](#)
 - [AFPI Pas de calais / Vaucluse](#)

Formations initiales

Normandie :

Niveau 4

- [Bac pro modélisation et prototypage 3D \(4 structures\)](#)

Niveau 5

- [BTS Conception des produits industriels \(7 structures dont 1 dans la Manche\)](#)

Niveau 6

- [Licence pro mention métiers de l'industrie : conception de produits industriels \(1 structure\)](#)
- [BUT génie mécanique et productique parcours simulation numérique et réalité virtuelle \(1 structure\)](#)
- [BUT génie mécanique et productique parcours innovation pour l'industrie \(1 structure\)](#)

Hors Normandie :

Niveau 4

- [Bac pro modélisation et prototypage 3D \(54 structures\)](#)
- [TP Technicien d'études en mécanique](#)

Niveau 5

- [BTS Conception des produits industriels \(112 structures\)](#)

Niveau 6

- [Licence pro mention métiers de l'industrie : conception de produits industriels \(22 structures\)](#)
- [Licence pro mention métiers de l'industrie : mécanique \(2 structures\)](#)
- [Chargé d'études en conception de systèmes mécaniques \(1 structure\)](#)
- [BUT génie mécanique et productique parcours simulation numérique et réalité virtuelle \(34 structures\)](#)
- [BUT génie mécanique et productique parcours innovation pour l'industrie \(38 structures\)](#)

Observations- remarques

Préconisations :

- Renforcement des formations existantes en intégrant des modules spécifiques à la FAM
- Création de formations dédiées à la FAM en lien avec les activités du bassin d'emploi et des entreprises

ETUDE FANI 2023

Métier concerné

Expert matériaux – métallurgiste

L'ingénieur-e matériaux recherche, expérimente, innove et développe des matériaux. Intervenant en amont de la production, il participe à l'élaboration des matières premières, des produits finis (objets, machines, infrastructures) et des procédés de fabrication en vue de leur industrialisation.

L'ingénieur-e métallurgiste définit la solution « matériau » la plus adaptée à la réponse au cahier des charges du client, en déterminant les spécificités de l'alliage ou de l'acier mis en œuvre et les conditions de mélange, de fusion et de coulée du métal choisi. Il-elle participe à la conception des moules et à celle du référentiel du contrôle qualité des pièces.

Connaissances requises

- Utiliser des logiciels de modélisation et simulation
- Utiliser des logiciels de Conception et Dessin Assistés par Ordinateur (CAO/DAO)
- Effectuer une veille permanente sur la réglementation et les normes liées à son activité et les risques juridiques encourus

Compétences métiers

- Analyser les besoins de clients souhaitant développer un produit
- Définir et mettre en œuvre des indicateurs de coût, de qualité, de délais adaptés aux besoins du projet
- Assurer le suivi du projet
- **Identifier de nouveaux alliages**
- Etudier les différentes propriétés des matériaux et les conditions de leur utilisation par différents processus
- **Analyser et valider le choix des matériaux et des technologies**
- Participer à l'automatisation des procédés et définir le plan de qualification des équipements
- Tester les matériaux par simulation numérique
- Faire évoluer les spécifications des matériaux et des procédés
- Avoir des Connaissances scientifiques (mathématiques, mécanique, métallurgie, chimie)
- Connaître l'analyse fonctionnelle, le calcul intégral et différentiel
- Connaître les technologies métallurgiques (extraction, affinage, traitement) et mécaniques (mise en forme, traitement thermique et physico-chimique) : métaux, alliages ; leur mise en œuvre et les outils de mesures thermique
- Calculer et définir les caractéristiques d'un produit de fonderie ou de forge
- Mélanger des matières premières pour élaborer des alliages
- Maîtriser le processus de forge et de fonderie
- Etablir un devis à partir de l'analyse des coûts

- Préparer des échantillons et le matériel expérimental pour l'analyse de matériaux (imprégnation, découpe, mise en solution etc)
- Mettre en place des techniques d'analyse physico-chimique (chromatographie, spectrométrie)
- Lire et analyser une image infrarouge, thermique
- Dresser le bilan précis des tests, rédiger le rapport d'essais
- Constituer le dossier de fabrication (choix des procédures, rédaction des fiches d'instructions pour le service production)
-

Spécificité

Certifications/Diplômes existants

- école d'ingénieur de tradition industrielle type Arts & Métiers
- école d'ingénieurs généraliste avec option en matériaux
- école d'ingénieurs spécialisée en physique ou chimie ou dans un secteur industriel ou via un Master spécialisé dans un secteur particulier

Formations continues

Normandie :

Non identifié

Hors Normandie :

Non identifié

Formations initiales

Normandie :

Niveau 7

- Diplôme d'ingénieur de l'École nationale supérieure d'ingénieurs de Caen spécialité matériaux-chimie

Hors Normandie :

Niveau 7

- Diplôme d'ingénieur de l'École d'ingénieurs de l'université de Toulon spécialité matériaux
- Diplôme d'ingénieur de l'École d'ingénieurs Denis Diderot de l'université Paris spécialité matériaux et nanotechnologies

- Diplôme d'ingénieur de l'École européenne d'ingénieurs en génie des matériaux de l'université de Lorraine
- Diplôme d'ingénieur de l'École internationale du papier, de la communication imprimée et des biomatériaux de l'institut polytechnique de Grenoble
- Diplôme d'ingénieur de l'École nationale supérieure des ingénieurs en arts chimiques et technologiques de l'INP de Toulouse spécialité matériaux
- Diplôme d'ingénieur de l'École polytechnique universitaire de l'université de Nantes spécialité matériaux
- Diplôme d'ingénieur de l'École polytechnique universitaire de l'université Grenoble Alpes spécialité matériaux
- Diplôme d'ingénieur ENSIL-ENSCI de l'université de Limoges spécialité matériaux
- Master mention chimie et sciences des matériaux
- Master mention physique fondamentale et applications
- Diplôme d'ingénieur de l'École nationale d'ingénieurs de Metz de l'université de Lorraine spécialité mécanique et production en partenariat avec l'ITII Lorraine
- Diplôme d'ingénieur de l'École nationale des ponts et chaussées
- Diplôme d'ingénieur de l'École polytechnique universitaire de l'université de Montpellier spécialité mécanique en partenariat avec le syndicat de la chaudronnerie tôlerie et tuyauterie
- Diplôme d'ingénieur de l'École polytechnique universitaire de l'université Grenoble Alpes spécialité matériaux
- Diplôme d'ingénieur de l'École supérieure de fonderie et de forge (ESFF) en convention avec l'École nationale supérieure d'arts et métiers (ENSAM) en partenariat avec l'Institut d'études supérieures de fonderie et de forge (IESFF)
- Diplôme d'ingénieur ENSIL-ENSCI de l'université de Limoges spécialité matériaux
- [Master mention sciences et génie des matériaux](#)

bac + 6

- Diplôme d'ingénieur spécialisé de l'École supérieure du soudage et de ses applications

Observations- remarques

Préconisations :

ETUDE FANI 2023

Métier concerné

MANAGER de PROXIMITE

Chef d'équipe :

- Il-elle dirige son équipe, réalise des contrôles qualité de 1er niveau, coordonne et planifie la production en garantissant que les procédures et règles QHSE sont respectées.

Responsable d'unité de production :

- Il-elle organise l'activité d'une ou de plusieurs équipes d'opérateurs et de conducteurs de machines ou de lignes de production. Il-elle effectue le suivi de la fabrication selon les règles de sécurité et les impératifs de production (quantité, délais, qualité, coût, ...). Il-elle supervise le fonctionnement des équipements (réglages, maintenance, ...). Il-elle peut organiser et suivre le stockage ou les expéditions des produits.
- Dans le cadre de l'organisation de son secteur ou de son service, le responsable d'équipe pilote des moyens humains (opérateurs, équipiers, animateurs d'équipe, techniciens, ...) et matériels (équipements de production, outils manuels, ...) qui lui sont confiés, constituant son ou ses équipe(s), pour réaliser ses objectifs, définis par sa hiérarchie

Connaissances requises

- Outil de Gestion et suivi de la fabrication
- Technique d'Animation de plusieurs équipes
- Outil d'Amélioration continue des process
- Management des équipes de production

Compétences métiers

Chef d'équipe :

- Utiliser des méthodes d'organisation du travail
- Planifier l'activité du personnel en fonction de la production
- **Analyser les contraintes techniques**
- Contrôler le déroulement des étapes de production et le rythme de travail
- Intervenir en cas de **difficulté technique** et apporter les ajustements nécessaires
- Suivre la production en veillant au respect des process, de la qualité et des délais
- Maintenir la cohésion et la motivation de l'équipe
- Animer et coordonner le travail de l'équipe
- **Apporter un appui technique aux collaborateurs**
- Renseigner les documents de suivi pour la traçabilité
- **Identifier les besoins d'apprentissage et les des actions de formation en lien avec les besoins de la FAM**
- Respecter et faire respecter les règles de Qualité, Hygiène, Sécurité et Environnement (QHSE)

Responsable d'unité de production :

- Planifier et organiser l'activité du personnel
- Répartir les activités entre les ateliers et les équipes
- **Sélectionner les machines et les outillages appropriés** à la production et vérifier leur fonctionnement
- Contrôler et superviser les contrôles de conformité de la production et des produits fabriqués
- Suivre et vérifier l'approvisionnement des ateliers, lignes de production en matières et consommables
- Analyser les données d'activité, les dysfonctionnements de la production et préconiser les actions correctives
- **Elaborer des solutions techniques et organisationnelles d'amélioration de production**
- Suivre et vérifier les éléments d'activité et de gestion administrative du personnel
- Animer une ou plusieurs équipes
- Contrôler et rédiger l'application des consignes
- **Identifier les besoins d'apprentissage et les des actions de formation en lien avec les besoins de la FAM**

Spécificité

En lien avec les services supports dédiés (Méthodes, BE....) chez les GDO ou PMI ou en lien avec les interfaces clients pour les TPE/PME

- ➔ Connaissance des procédés et moyens dédiés pour identification et accompagnement des besoins en compétences
- ➔ Connaissance des contraintes HSE en lien avec les moyens et procédés utilisés

Connaissances plus approfondies sur les différentes technologies utilisés pour l'accompagnement technique des équipes selon les profils (opérateurs, techniciens, contrôle...)

Certifications/Diplômes existants

Il existe bon nombre de certifications professionnelles et/ou diplômes dans le domaine du management et plus particulièrement sur des activités industrielles/commerciales

Pour une grande partie de ces certifications, l'inscription au RNCP n'est pas (plus) valide.
Ces reconnaissances sont identifiées sur un niveau ou équivalence.

Niveau 4

- [CQPM Animateur d'équipe](#)

Niveau 5

- [CQPM Responsable d'équipe](#)

Niveau 6

- CQPM Manager de secteurs d'activités (non inscrit RNCP)
- [Licence Professionnelle - Management et gestion des organisations](#)
- [BUT - Qualité, Logistique Industrielle et Organisation : Management de la production](#)
-

Formations continues**Normandie :**

- Pôles Formation UIMM (GON, Seine Estuaire, Rouen Dieppe)
-

Hors Normandie :

- Pôles Formation UIMM
- CETIM Academy (Management d'Atelier, Manager son équipe)
-

Normandie :**Niveau 6**

- [Licence Professionnelle - Management et gestion des organisations](#) 1 structure - Alençon
- [BUT - Qualité, Logistique Industrielle et Organisation : Management de la production](#) 1 structure - Alençon
-

Hors Normandie :**Niveau 6**

- [Licence Professionnelle - Management et gestion des organisations](#) 71 structures
- [BUT - Qualité, Logistique Industrielle et Organisation : Management de la production](#) 11 structures

Observations- remarques

Préconisations :

Sensibilisation des managers de proximité pour faciliter l'intégration des nouveaux procédés au sein des entreprises.

Formation sur la FAM à adapter sur le territoire en fonction :

- Des typologies des entreprises
- Des procédés et moyens associés
- Des profils et niveaux de responsabilités
- Des profils et relations clients/fournisseurs

ETUDE FANI 2023

Métier concerné

CONDUCTEUR D'EQUIPEMENTS INDUSTRIELS – OPERATEUR

Le-la conducteur-trice de ligne de production régule et surveille une ou plusieurs machine(s) de fabrication qui peuvent être de différentes technologies (dont fabrication additive). Il-elle intervient selon les règles de sécurité et les impératifs de production.

Le pilote de systèmes de production industrielle met en service une ou plusieurs installations et coordonne l'activité de sa ligne de production en animant un groupe d'opérateurs et en assurant le bon fonctionnement des machines.

Connaissances requises

- Moyens de production associés aux procédés de FAM
- Langage de Machines FAM
- Règles spécifiques de sécurité liées aux moyens mis en œuvre selon les procédés

Compétences métiers

- Préparer les moyens de production
- Vérifier les matières
- Approvisionner les moyens de production (vérification, traçabilité)
- Effectuer les tests de mise en marche des moyens de production
- Identifier les programmes de fabrication
- Configurer les paramètres de fabrication et de mise en œuvre des moyens de production (inertage, calage...)
- Surveiller l'ensemble des paramètres lors de la réalisation
- Contrôler les pièces (visuel)
- Respecter les enjeux de productivité, qualité, hygiène et sécurité
- Assurer la maintenance préventive et/ou curative
- Contrôler, procéder aux premières analyses et communiquer les défauts constatés
- Proposer des améliorations du fonctionnement de la ligne
- Maîtriser les interfaces informatiques et la compréhension des signaux d'alerte
- Transmettre des savoirs et savoir-faire
- Adapter son activité à l'utilisation de robots, cobots, outils et interfaces numériques
- Respecter les conditions de mise en œuvre et/ou du protocole de mise en marche (inertage, calage....)
- Mettre en œuvre les moyens de finition des pièces
- Renseigner les documents de suivi Qualité des pièces produites et enregistrer l'ensemble des données « contractuelles » ; Prise en compte de l'aspect matière (traçabilité), températures de réalisation, vitesse de passe....

Spécificité

Ces compétences diffèrent en fonction des procédés de fabrication (WAAM, fil, poudre,...)

Nettoyage de la pièce en procédé poudre avec des moyens spécifiques (Boite étanche)

Certifications/Diplômes existants

Niveau 3

- [CAP Conducteur d'Installations de Productions – CIP](#)
- [CQPI conducteur \(trice\) d'équipements industriels](#)
- [Titre professionnel Conducteur d'installations et de machines automatisées](#)
- [CQPM Opérateur en fabrication additive : poudre métallique ou polymères ou sables](#)
-

Niveau 4

- [Bac pro Pilote de ligne de production](#)
- [Bac pro Traitements des matériaux](#)
- [BP Plastiques et composites](#)
- [CQPM Pilote de systèmes de production](#)
- [Diplôme de spécialisation : Opérateur de fabrication additive](#)
- [Bac Pro TRPM](#)
- [Bac Pro TCI \(procédé WAAM\)](#)

Niveau 5

- [BTS Pilotage de procédés](#)
- [BTS CPRP](#)
- [TP technicien de production industrielle](#)
- BTS CRCI (Procédé WAAM)

Formations continues

Normandie :

Niveau 3

- CQPM conducteur (trice) d'équipements industriels
PFUIMM GON, GRETA,....

Niveau 4

- [Titre professionnel Conducteur d'installations et de machines automatisées](#)
FIM CCI Formation Granville et PFUIMM Cherbourg

Hors Normandie :

- [CQPM Opérateur en fabrication additive : poudre métallique ou polymères ou sables](#)
[PF UIMM Bordeaux](#)
[AFPMA Ain](#)

Formations initiales

Normandie :

Niveau 3

- [CAP Conducteur d'Installations de Productions – CIP \(3 structures dont 2 Ecole de Prod usinage\)](#)
-

Niveau 4

- [Bac pro Pilote de ligne de production](#) (5 structures dont 1 dans la Manche)
- [Bac Pro TRPM](#) (17 structures dont 2 dans la Manche)
- Bac Pro TCI (Procédé WAAM) (23 structures dont 4 dans la Manche)
- [Titre professionnel Conducteur d'installations et de machines automatisées](#) (3 dont 2 dans la manche)
- [FCIL Technicien supérieur spécialisé en productique](#) (1 à Rouen)

Niveau 5

- [BTS Pilotage de procédés](#) (2 structures)
- BTS CPRP
- BTS CRCI (Procédé WAAM)

Hors Normandie :

Niveau 3

- [CAP Conducteur d'Installations de Productions – CIP](#) (75 structures)
-

Niveau 4

- [Bac pro Pilote de ligne de production](#) (82 structures)
- [Bac pro Traitements des matériaux](#) (3 structures)
- [Bac Pro TRPM](#) (257 structures)
- [Bac Pro TCI](#) (Procédé WAAM) (562 structures)
- [BP Plastiques et composites](#) (1 structure)
- [Titre professionnel Conducteur d'installations et de machines automatisées](#) (29 structures)
- DU Impression 3D / Opérateur de fabrication additive (DSP) BAC+1 - Calais
- [FCIL Technicien supérieur spécialisé en productique](#) (1 structure)

Niveau 5

- [BTS Pilotage de procédés](#) (25 structures)

Observations- remarques

Préconisations :

Intégrer progressivement les spécificités des fabrications additives pour permettre d'identifier les caractéristiques propres et contraintes associées dans le process.

Remarques :

Les moyens de FAM ne sont pas accessibles pour des structures de formation (investissement, prise en main, formateurs, maintien opérationnel...)

Certains moyens de FAM ont des langages en proximité des logiciels de moyens d'usinage (MOCN).

ETUDE FANI 2023

Métier concerné

QUALIFICATION CARACTERISATION

L'ingénieur en caractérisation des matériaux conçoit de nouveaux et améliore aussi ceux qui sont déjà existants, afin qu'ils soient plus résistants à l'usure, à la corrosion.

Il réalise des tests et des essais pour vérifier que les matériaux ont les propriétés attendues

Connaissances requises

- Maîtrise des notions de base du raisonnement scientifique : rigueur, logique, méthodes, maîtrise du calcul numérique, bonne utilisation des outils mathématiques,
- Connaissance approfondie en mécanique quantique, physique et chimie des solides
- Connaissance des corrosions, de la résistance des matériaux, des traitements de surface et des procédés spéciaux de fabrication
- Connaissance des aspects économiques et environnementaux (impact environnemental des matériaux, biodégradabilité, écoconception, développement durable)
- Maîtrise des techniques et des logiciels de calculs et de modélisation
- Maîtrise des méthodes et des logiciels de conception et de dessin assistés par ordinateur : CAO/DAO
- Connaissance des outils de simulation et de traitement de données

Compétences métiers

- Caractériser des matériaux innovants
- Etudier leurs propriétés (mécaniques, de surface, physiques...) et leur composition
- Mobiliser ses connaissances pour répondre à une résolution de problème,
- Elaborer un raisonnement structuré et adapté à une situation scientifique
- Réaliser des manipulations pratiques, en particulier la caractérisation et la mise en œuvre des matériaux,
- **Définir les méthodes et procédés de qualifications pour les essais**
- Tester les matériaux par simulation numérique, effectuer des essais (contraintes/efforts, vibrations, fatigue, vieillissement, etc.), analyser les interactions procédés-matériaux, des analyses de cycles de vie (ACV).
- **Caractériser les matériaux pour établir leurs propriétés spécifiques** (chimiques, physiques, mécaniques) et les qualifier en effectuant des essais sur des pièces finies.
- Apporter une assistance technique aux ingénieurs produits dans la réalisation des programmes d'essai et de qualification.
- Modéliser la pièce (simuler son achèvement en élément fini).
- Analyser et valider (avec le bureau d'études et les équipes de production) le choix des matériaux et des technologies conformément aux exigences environnementales et d'obsolescence.
- **Sensibiliser les équipes intégrées dans le développement produit (design, achats, R&D...).**
- **S'assurer de la conformité de la qualité des matières premières et de leur utilisation selon la spécification du client.**
- Concourir à l'automatisation des procédés, définir le plan de qualification des équipements, participer à des audits et expertises de défaillances, gérer les incidents et les dérives.
- Veiller au respect des normes qualité, à la réglementation, à la **gestion quotidienne des risques**, à la définition des contrôles des pièces en production (toutes ou par prélèvements, contrôle arbitraire, dimensionnel, destructif ou non destructif).
- Assurer des formations (obligations réglementaires, politique santé, sécurité, environnement...).
- Effectuer une veille technologique, scientifique, réglementaire

Spécificité

A définir

Certifications/Diplômes existants

Niveau 4

Niveau 5

- [BTS Traitement des matériaux, traitements thermiques](#)

Niveau 6

- Licence de physique – Sciences et génie des matériaux
- [Licence professionnelle Plasturgie et matériaux composites, analyse des matériaux, ingénierie et intégrité des matériaux...](#)
- [BUT science et génie des matériaux parcours métiers de la caractérisation et de l'expertise des matériaux et des produits](#)
- [BUT science et génie des matériaux parcours métiers de l'ingénierie des matériaux et des produits](#)

Niveau 7

- [Diplôme d'ingénieur de l'Institut supérieur des matériaux du Mans \(ISMANS\)](#)
- Diplôme d'ingénieur de l'université des Antilles spécialité matériaux (UADI)
- Diplôme d'ingénieur de l'École européenne d'ingénieurs en génie des matériaux de l'université de Lorraine (EEIGM)
- Diplôme d'ingénieur de l'École polytechnique universitaire de l'université Lyon I spécialité matériaux (Polytech)
- [Diplôme d'ingénieur du CNAM spécialité matériaux \(EICnam\)](#)
- [Master mention sciences et génie des matériaux](#)
- Diplômes d'école d'ingénieurs spécialisée en matériaux, spécialité matériaux et nanotechnologie, en génie des matériaux, en matériaux et mécanique, en matériaux-chimie, en ingénierie des systèmes de production.
- Formation de niveau Bac +8 : doctorat en chimie, physique, matériaux

Formations continues

Normandie :

Non identifiées

Hors Normandie :

Non identifiées

Formations initiales

Normandie :

Niveau 4

Niveau 5

Niveau 6

- [Licence de physique – Sciences et génie des matériaux](#) (Rouen)

Niveau 7

- [Diplôme d'ingénieur de l'École nationale supérieure d'ingénieurs de Caen spécialité matériaux-chimie \(ENSICAEN\)](#)

Hors Normandie :

Niveau 4

Niveau 5

- [BTS Traitement des matériaux, traitements thermiques](#) (7 structures)
- [BTS Traitement des matériaux, traitements de surfaces](#) (7 structures)
-

Niveau 6

- [BUT science et génie des matériaux parcours métiers de la caractérisation et de l'expertise des matériaux et des produits](#) (9 structures)
- [BUT science et génie des matériaux parcours métiers de l'ingénierie des matériaux et des produits](#) (11 structures)

Niveau 7

- [Diplôme d'ingénieur de l'Institut supérieur des matériaux du Mans \(ISMANS\)](#)
- [Diplôme d'ingénieur de l'université des Antilles spécialité matériaux \(UADI\)](#)
- [Diplôme d'ingénieur de l'École européenne d'ingénieurs en génie des matériaux de l'université de Lorraine \(EEIGM\)](#)
- [Diplôme d'ingénieur de l'École polytechnique universitaire de l'université Lyon I spécialité matériaux \(Polytech\)](#)
- Diplôme d'ingénieur du CNAM spécialité matériaux (EICnam)
- [Master mention sciences et génie des matériaux](#) (28 structures)

Observations- remarques

Préconisations :

ETUDE FANI 2023

Métier concerné

TECHNICIEN CONTROLE

Le-a contrôleur-se qualité vérifie la conformité de la production aux spécifications, gabarits et tolérances prévues par le dossier de production. Par prélèvements à certaines étapes du processus de fabrication et à la réception des pièces produites, il-elle effectue des mesures précises, statue sur le traitement des pièces non-conformes (rebut, rectification) et enregistre les résultats de ses opérations.

Il-elle peut aussi superviser des appareils de mesure 3D ou de contrôle non-destructif contrôlant automatiquement toute la production de la ligne de production ou de l'équipement.

L'opérateur-trice de contrôle visuel vérifie la conformité de pièces démoulées à un standard de référence, sans utilisation d'instruments de mesure autre que sa propre acuité visuelle et son sens du détail.

Le technicien en métrologie étalonne, calibre et contrôle, voire conçoit les processus à mettre en œuvre pour effectuer des contrôles qualité aux différents stades de fabrication d'un produit. Il réalise son activité suivant les normes et référentiels qualité en vigueur.

Connaissances requises

- Maîtriser le contrôle de processus de production industrielle (métrologie, moyens de contrôle)
- Contrôle qualité d'une pièce métallique par les techniques de CND (ressuage)

Compétences métiers

- Analyser le besoin et identifier les grandeurs à caractériser
- Contrôler la conformité des produits, des assemblages
- Mettre en œuvre des instruments de mesure 2D et 3D
- Interpréter les résultats du contrôle
- Vérifier la cohérence des résultats et des ordres de grandeurs
- Assurer la traçabilité des contrôles
- Effectuer des prélèvements adaptés au dispositif de contrôle qualité
- Isoler et prendre les mesures adéquates concernant les produits non-conformes (reprise, destruction, déclassement)
- Identifier des améliorations (productivité, qualité)
- Identifier les facteurs possibles expliquant les dérives des mesures
- Vérifier l'étalonnage d'instruments de mesure

Spécificité

Avoir des nouvelles techniques de prises de côtes pour les « mécanos » avec des pièces pouvant avoir des géométries différentes.

Bien discerner les côtes fonctionnelles d'une pièce en lien avec les services Méthodes Industrialisation (définition des gammes de contrôle)

Certifications/Diplômes existants

Niveau 3

- [CQPM Agent de contrôle qualité dans l'industrie](#)
- [Titre pro Agent de contrôle et de métrologie](#)

Niveau 4

- [Titre pro Agent de contrôle et de métrologie](#)
- CQPM contrôleur en métrologie dimensionnelle

Niveau 5

- [BTS Métiers de la Mesure \(19/1\)](#)
- [DUT - Mesures physiques option techniques instrumentales](#)
- [BTS Techniques physiques pour l'industrie et le laboratoire.](#)
- CQPM technicien contrôle qualité en production

Niveau 6

- [BUT Mesures physiques](#)
- [Licence pro mention métiers de l'instrumentation, de la mesure et du contrôle qualité](#)

Niveau 7

- [Master mention instrumentation, mesure, métrologie](#)

Formations continues

Normandie :

Niveau 3

- [CQPM Agent de contrôle qualité dans l'industrie](#)
PFUIMM GON, Normandy Digital Training (Honfleur)

Niveau 4

- CQPM contrôleur en métrologie dimensionnelle
PFUIMM GON

Hors Normandie :

- [Contrôle des pièces en fabrication additive métallique - Formations - Cetim](#)
- [Contrôleur en métrologie tridimensionnelle - Formations - Cetim](#)
- [CQPM Agent de contrôle qualité dans l'industrie](#)

Formations initiales

Normandie :

Niveau 5

- [BTS Métiers de la Mesure](#) (1 structure en Normandie)
- BTS Techniques physiques pour l'industrie et le laboratoire.
- [DUT - Mesures physiques option techniques instrumentales](#) (2 structures)

Niveau 6

- [BUT Mesures physiques](#) (2 structures en Normandie et 0 dans la manche)
- [Licence pro mention métiers de l'instrumentation, de la mesure et du contrôle qualité](#) (1 structure en Normandie)

Niveau 7

- [Master mention instrumentation, mesure, métrologie](#) (UFR Sciences à CAEN)

Hors Normandie :

Niveau 3

- [Titre pro Agent de contrôle et de métrologie](#)

Niveau 4

- [Titre pro Agent de contrôle et de métrologie](#)

Niveau 5

- [BTS Métiers de la Mesure](#) (19 structures)
- [DUT - Mesures physiques option techniques instrumentales](#)
- [BTS Techniques physiques pour l'industrie et le laboratoire.](#)

Niveau 6

- [BUT Mesures physiques](#) (26 structures)
- [Licence pro mention métiers de l'instrumentation, de la mesure et du contrôle qualité](#) (15 structures)

Niveau 7

- [Master mention instrumentation, mesure, métrologie](#) (5 structures)

Observations- remarques

Préconisations :

ETUDE FANI 2023

Métier concerné

TECHNICIEN D'USINAGE

Le technicien usinage réalise des pièces, unitairement ou en série, en assurant la bonne marche de la production dans le respect des quantités, coûts et délais.

Il procède également à des reprises d'usinage sur des pièces ou des ensembles mécano-soudés

L'opérateur d'Usinage n'intervient pas (ou très peu) sur le contenu des programmes des MOCN. Il réalise généralement des fabrications séries

Le technicien Usinage va réaliser ou corriger les programmes pour la réalisation des pièces

Connaissances requises

- Utiliser des logiciels de Fabrication Assistée par Ordinateur FAO
- Connaître les règles de métrologie et les moyens de contrôle
- Connaître les normes qualité d'usinage et d'ajustage
- Utiliser des outils bureautiques
- Connaître différents langages de programmation
- **Connaître les différents matériaux pour définir les outils de découpe et les vitesses d'usinage**

Compétences métiers

- Etudier, définir et formaliser un process de fabrication par usinage
- Choisir les outils de coupe les plus adaptés pour réaliser la pièce désirée
- Réaliser des tests, ajuster les réglages
- Réaliser et suivre le programme d'usinage
- Contrôler la conformité des équipements
- Intervenir en cas de panne
- Effectuer la maintenance préventive et corrective de premier niveau des équipements
- Anticiper et résoudre les problèmes
- Former des collaborateurs à des procédures et procédés
- Travailler en équipe pour optimiser la fabrication et la disponibilité des moyens
- **Bridage des pièces semi-finies pour les reprises d'usinage et/ou finition**

Spécificité

La reprise de pièces FAM sera nécessaire pour réaliser des étapes de finition et/ou reprise nécessaire définies en amont dans la gamme de réalisation.

Le Technicien d'Usinage devra apprécier les différentes pièces pour définir les règles de bridage qui peuvent être différentes des techniques habituelles dans l'usinage soustractif

Certifications/Diplômes existants

Niveau 3

- [CQPM Opérateur Régleur sur MOCN par enlèvement de matière](#)

Niveau 4

- [Bac pro technicien en réalisation de produits mécaniques option réalisation et maintenance des outillages \(TRPM\) \(45/4\)](#)

- [Bac pro technicien en réalisation de produits mécaniques option réalisation et suivi de productions \(TRPM\) \(256/17\)](#)
- [TP technicien en usinage assisté par ordinateur \(15 / 0\)](#)
- [CQPM Technicien d'usinage](#)

Niveau 5

- [BTS Conception des processus de réalisation de produits option A production unitaire \(CPRP PU\)](#)

Formations continues

Normandie :

Niveau 3

- [CQPM Opérateur Régleur sur MOCN par enlèvement de matière](#)
PFUIMM GON

Niveau 4

- [TP technicien en usinage assisté par ordinateur](#)
AFPA IFS et St ETIENNE du ROUVRAY
GRETA EU
- [CQPM Technicien d'usinage](#)
PFUIMM GON

Hors Normandie :

Niveau 3

- [CQPM Opérateur Régleur sur MOCN par enlèvement de matière \(tous les PF UIMM\)](#)

Niveau 4

- [TP technicien en usinage assisté par ordinateur](#) (AFPA (24 sessions), GRETA et PFUIMM)
- [CQPM Technicien d'usinage](#) (tous les PF UIMM)
- [FCIL Technicien d'usinage 5 axes \(1 structure\)](#)

Formations initiales

Normandie :

Niveau 4

- [Bac pro technicien en réalisation de produits mécaniques option réalisation et maintenance des outillages \(TRPM\) \(4 structures dont 0 dans la Manche\)](#)
- [Bac pro technicien en réalisation de produits mécaniques option réalisation et suivi de productions \(TRPM\) \(17 structures dont 2 dans la Manche\)](#)

Niveau 5

- [BTS Conception des processus de réalisation de produits option A production unitaire \(CPRP PU\) \(4 structures dont 0 dans la Manche\)](#)

Hors Normandie :

Niveau 4

- [Bac pro technicien en réalisation de produits mécaniques option réalisation et maintenance des outillages \(TRPM\) \(45 structures\)](#)
- [Bac pro technicien en réalisation de produits mécaniques option réalisation et suivi de productions \(TRPM\) \(256 structures\)](#)

Niveau 5

- [BTS Conception des processus de réalisation de produits option A production unitaire \(CPRP PU\) \(63 structures\)](#)

Observations- remarques

Préconisations :

Accouturation à la FAM nécessaire sur les formations initiales pour une sensibilisation aux technologies et techniques d'usinage à associer

Formations possibles sur des plateaux techniques dédiés à la FAM pour meilleure appréhension

Sensibilisation forte des enseignants et formateurs des structures de formation

Dans le cadre d'implantation future de moyens sur les centres de formation, ne pas « séparer » les technologies pour accoutumer aux 2 technologies complémentaires.

ETUDE FANI 2023

Métier concerné

METHODES INDUSTRIALISATION

Le technicien méthodes définit les processus de fabrication de façon à optimiser les moyens de production.

L'ingénieur méthodes conçoit les processus de fabrication, étudie et contribue à la mise en œuvre des axes d'amélioration de la gestion de la production. Il-elle travaille en étroite relation avec les équipes conception.

L'ingénieur génie industriel conçoit et conduit l'industrialisation des produits et contribue à l'optimisation de la performance de l'organisation industrielle (innovation, conception...)

Connaissances requises

- Maîtrise des logiciels de Conception et Dessin Assistés par Ordinateur (CAO/DAO)
- Maîtrise des logiciels de Conception de Fabrication Assistée par Ordinateur (CFAO)
- Maîtrise des logiciels de Gestion de Production Assistée Par Ordinateur GPAO
- Intégration des méthodes et outils de résolution de problèmes
- Connaissance des règles de Qualité, Hygiène, Sécurité et Environnement (QHSE) liées à la fabrication
- Appui technique aux services qualité, maintenance, méthodes
- Sélection des fournisseurs, sous-traitants et prestataires spécifiques aux moyens et procédés
- Sensibilisation et formation des personnes aux consignes de sécurité et de prévention
- Analyse du procédé de production

Implantation des moyens de production au sein des ateliers de fabrication à prendre en compte en lien avec les contraintes techniques et HSE

Compétences métiers

- Définir et valider le process de fabrication
- Valider les études de faisabilité, les plans de validation de process et de qualification du procédé
- Identifier les contraintes d'industrialisation d'une pièce issue de la fabrication additive
- Industrialiser par rapport aux spécificités d'une pièce issue de la fabrication additive
- Déterminer les coûts associés aux procédés de fabrication
- Analyser les coûts de production, définir des prix de revient (par étapes de réalisation)
- Décliner et planifier des phases de fabrication
- **Utiliser les procédés d'usinage/ finition adaptés pour les phases intermédiaires de contrôle et de finition**
- Etablir une gamme de fabrication
- Intégrer une gamme de procédé spécial dans une gamme de fabrication
- Préparer une gamme de contrôle d'un produit
- Adapter le processus de fabrication
- Valider le processus de fabrication et transmettre les informations techniques
- Contrôler la conformité des processus de production par rapport au cahier des charges et déterminer les actions correctives
- Apporter un appui technique aux services qualité, maintenance, méthodes, conception, BE
- Sensibiliser et former les personnels
- Accompagner la réalisation de préséries et le démarrage de l'industrialisation de produits
- Constituer le dossier de fabrication : choix des procédures, rédaction des fiches d'instructions pour le service production
- Optimiser l'organisation du travail
- Arbitrer et allouer les moyens et ressources [humains, financiers, délais, matériels...]

- Participer à la définition des procédés de fabrication pour les nouveaux produits

Spécificité

Appui technique fort auprès des concepteurs pour la définition du produit en lien avec les contraintes de Qualité, de productivité et de disponibilité des ressources.

Appui technique auprès des opérateurs de production, contrôleurs et techniciens « usinage » (reprise, finition...) pour l'évolution des procédés et la répartition des opérations.

CHOC CULTUREL

- Doit avoir une capacité de persuasion forte pour convaincre « l'historique »

Certifications/Diplômes existants

Le technicien méthodes

Certifications existantes dans le domaine de la conception sans référence à la fabrication additive :

Niveau 4

Pas de certifications identifiées sur les métiers de l'industrialisation sur ce niveau

Niveau 5

- BTS Conception des produits industriels
- BTS Conception et Industrialisation en Construction Navale
- BTS Conception et industrialisation en microtechniques (CIM)
- BTS Assistance technique d'ingénieur
- BTS Forge (industrie utilisant des produits forgés)
- BTS Productique mécanique
- BTS - Conception des processus de réalisation de produits
- BTS Pilotage des Procédés
- TP Technicien Supérieur Méthodes Produit Process
- TP Technicien Supérieur en Fabrication Additive
- Titre professionnel Technicien méthodes et préparation en mécanique industrielle
- Titre professionnel Technicien supérieur méthodes d'industrialisation

- CQPM technicien (ne) en industrialisation et en amélioration de procédés
- CQPM préparateur méthodes de fabrication

- FCIL mécanique industrielle : conception de produits industriels et conception des processus de réalisation des produits

Niveau 6

- Bachelor Intégration des procédés
- Licence Professionnelle Conception et amélioration de Processus et Procédés Industriels (CAPPI)
-

L'ingénieur méthodes

- Diplôme d'ingénieur du CNAM spécialité génie industriel

Formations continues

Normandie :

- CQPM technicien (ne) en industrialisation et en amélioration de procédés
- CQPM préparateur méthodes de fabrication

Hors Normandie :

Technicien Méthodes

- ICAM Nantes <https://www.icam.fr/formations-professionnelles/technicienne-methodes/>
- AFPA Franche Comté : <https://www.afpa.fr/formation-qualifiante/technicien-superieur-methodes-produit-process>
- CEGOS Paris : <https://www.cegos.fr/formations/production-lean/ingenierie-process-et-methodes>
- IRI Lyon : <https://www.iri-lyon.com/nos-solutions/technicien-industrialisation>
-

Formations initiales

Normandie :

Niveau 5

- BTS Conception des processus de réalisation de produits (4 structures dont 0 dans la Manche)
- BTS Pilotage des Procédés (2 structures en Seine Maritime)
- BTS Conception des produits industriels (7 structures dont 1 dans la Manche)
- BTS Conception et Industrialisation en Construction Navale (1 structure dans la Manche)
- BTS Conception et industrialisation en microtechniques (CIM) (3 structures dont 0 dans la Manche)
- BTS Assistance technique d'ingénieur (5 structures dont 0 dans la Manche)

Niveau 6

- BUT génie mécanique et productique parcours management de process industriel (1 structure)
- Licence Pro CAPPI (3 structures) : Granville

Niveau 7

- Diplôme d'ingénieur du CNAM spécialité génie industriel en partenariat avec l'ITII Normandie (EICnam)
-
-

Hors Normandie :

Niveau 4

Niveau 5

- BTS Conception des processus de réalisation de produits (63 structures)
- BTS Pilotage des Procédés (25 structures)
- BTS Conception des produits industriels (112 structures)
- BTS Conception et Industrialisation en Construction Navale (3 structures)
- BTS Conception et industrialisation en microtechniques (CIM) (32 structures)
- BTS Assistance technique d'ingénieur (80 structures)

- [BUT génie mécanique et productique parcours management de process industriel \(26 structures\)](#)
- [Licence Pro CAPPI \(41 structures\)](#)
- [Bachelor Intégration des procédés \(7 structures\)](#)
- [TP Technicien Supérieur Méthodes Produit Process \(2 structures\)](#)
- [TP Technicien Supérieur en Fabrication Additive \(4 structures\)](#)
- [FCIL mécanique industrielle : conception de produits industriels et conception des processus de réalisation des produits \(1 structure\)](#)
- [BTS Forge \(industrie utilisant des produits forgés\)](#)

L'ingénieur méthodes

- Diplôme d'ingénieur du CNAM spécialité génie industriel

Observations- remarques

Remarques : pas de formation identifiée sur les compétences Technicien Méthodes sur la FAM.
Besoins de renforcer les missions Méthodes Industrialisation pour une transition « production »

Préconisations :

A partir des profils concepteurs dans l'entreprise :

- Exemple de parcours existants

A partir des formations et diplômes existants :

- Compléter les formations avec des modules spécifiques dédiés

Pour l'ensemble des formations existantes ou à créer, il est nécessaire de former les formateurs – Appartient/ rôle des centres d'expertises

ANNEXE 7 - Rapport annuel de Rockwell Automation sur la fabrication intelligente



8^E ÉDITION ANNUELLE

Rapport sur la situation de la fabrication intelligente

Vue d'ensemble des défis d'aujourd'hui et des opportunités de demain en ce qui concerne l'exploitation de la technologie dans l'objectif d'améliorer la résilience, l'agilité et la durabilité

expanding **human possibility**[™]

SAISIR CES OPPORTUNITÉS DE CROISSANCE

« Nous avons connu l'équivalent de 20 années d'évolution en 2 ans. »

Ces mots de notre PDG, Blake Moret, illustrent les résultats de notre Rapport 2023 sur la situation de la fabrication intelligente, réalisé auprès de 1353 industriels mondiaux.

Le monde a changé, et l'industrie manufacturière s'y est adaptée. Il nous faut cependant aller plus loin. Le manque de main-d'œuvre qualifiée, et de main-d'œuvre en général, reste une réalité partout dans le monde. À mesure qu'ils continuent à rechercher des opportunités de croissance rentable, les industriels constatent que les incertitudes quant à la disponibilité de la main-d'œuvre ont des répercussions sur la qualité, tout comme sur leurs capacités à répondre aux besoins de leurs clients et à évoluer rapidement. Ils cherchent à remédier à cet impact en utilisant des technologies permettant d'extraire des données de leurs opérations et de réunir des informations exploitables. Nous voyons également à quel point la technologie aide l'industrie à accélérer son agilité et son avantage concurrentiel.

Le message émanant de ce rapport est clair : les industriels considèrent la technologie comme un avantage permettant d'améliorer la qualité, l'agilité, l'innovation, mais aussi d'attirer une nouvelle génération de talents. Les industriels espèrent atténuer les risques grâce à une technologie liée aux procédés et aux personnes, dans l'objectif de renforcer la résilience et de garantir une future réussite.

J'espère que ce rapport vous sera utile pour réaliser une analyse comparative de votre organisation par rapport à ses pairs, et qu'il vous servira de catalyseur pour prendre des mesures qui favoriseront la transformation et vous permettront d'obtenir des résultats opérationnels hors du commun dans votre secteur. Avant que vous ne vous plongiez dans ces résultats, j'aimerais vous faire part de quelques observations sur les conclusions.

Par rapport à l'enquête effectuée l'année dernière, deux fois plus de participants ont déclaré qu'ils ne disposaient pas de la technologie suffisante pour devancer la concurrence

Les dernières années ont démontré l'intérêt de nombreuses technologies récentes ; la perturbation ayant entraîné un besoin de les adopter plus rapidement. Et cette vitesse de changement sans précédent est en train de créer une pression concurrentielle dans toute l'industrie.

La durabilité et l'ESG font partie intégrante de l'industrie manufacturière

Plus de 95 % des participants ont déclaré disposer d'un certain niveau de politiques de durabilité/ESG, à la fois formelles et informelles, au cours des deux dernières années. Les réglementations font désormais pression sur l'ensemble de la chaîne de valeur afin que toutes les entreprises traitent efficacement les questions de la durabilité et de l'ESG dans leurs opérations. Les solutions technologiques de fabrication intelligente peuvent être utiles.

Plus de 50 % d'industriels en plus utilisent l'apprentissage automatique / l'intelligence artificielle par rapport à l'année dernière

Et ce nombre continue de croître, car les industriels constatent l'impact que l'apprentissage automatique/l'intelligence artificielle accessible peut avoir sur leur entreprise. Ces technologies permettent notamment d'améliorer la qualité et la productivité, mais aussi d'inciter les talents à se fonder sur des informations basées sur les données pour prendre leurs décisions.

Un tiers des industriels sont freinés par ce que l'on appelle la « paralysie technologique », à savoir une incapacité à décider quelle solution adopter.

Comme démontré dans le présent rapport, la technologie est essentielle à l'atténuation des risques et à la génération de la croissance. Les industriels doivent par conséquent surmonter cette indécision en optant pour un partenaire possédant une expertise et une expérience pertinente, en mesure de les conseiller et de les accompagner dans le processus de mise en œuvre d'une solution adaptée à leurs besoins.

97 % des participants ont indiqué qu'ils projetaient d'utiliser la technologie de fabrication intelligente.

Les solutions de fabrication intelligente permettent la mise en place et l'optimisation de processus de production plus agiles et résilients, de donner davantage de responsabilités à la main-d'œuvre, de gérer les risques, de favoriser la durabilité, mais aussi d'accélérer la transformation.

Même si ce contexte n'est pas prévisible, l'Histoire nous a clairement montré que l'adversité est un moteur d'innovation et génère des opportunités. En adoptant la bonne approche, la bonne stratégie, un parti pris pour l'action et en se dotant des bons partenaires, les industriels sauront saisir ce moment pour devancer leurs concurrents et bâtir un avenir prometteur.

Je vous souhaite à toutes et à tous une année 2023 des plus productives et couronnée de succès.




Veena Lakkundi

Vice-présidente senior chargée de la stratégie et du développement chez Rockwell Automation

TABLE DES MATIÈRES

Lettre d'introduction	02		
Note de synthèse	04		
Étude mondiale	05		
SECTION 1 : Situation actuelle de la fabrication intelligente	06		
Obstacles et perspectives de l'industrie	07		
La technologie : meilleure solution pour l'atténuation des risques	08		
Le manque de solutions de chaîne d'approvisionnement complètes	09		
Les besoins en matière de main-d'œuvre	10		
La généralisation de la durabilité	11		
L'adoption de la fabrication intelligente à l'échelle mondiale	12		
Les solutions de fabrication intelligente	13		
SECTION 2 : Les plus grands défis des industriels	14		
Les avantages concurrentiels pour les industriels en 2023	15		
Le leadership et la main-d'œuvre moderne	16		
Accroître la qualité et la croissance rentable	17		
Un changement des priorités en matière de durabilité	18		
La sensibilisation et la prévention de la cybersécurité	19		
Investir dans les bons outils et les bonnes technologies	20		
Comment surmonter la « paralysie technologique »	21		
		SECTION 3 : L'avenir de la fabrication intelligente	22
		La fabrication intelligente : la clé de la réussite future	23
		Les meilleurs investissements : le cloud/SaaS et l'automatisation des processus	24
		La main-d'œuvre du futur	25
		Le cloud poursuit son ascension	26
		La qualité comme moteur de la transformation numérique	27
		La qualité comme critère le plus important en matière de durabilité	28
		Les données : exploiter une opportunité concurrentielle	29
		L'avenir des technologies de fabrication	30
		SECTION 4 : Prendre des mesures	31
		Guide de démarrage étape par étape	32
		Adopter une technologie en dix étapes (check-list)	33
		SECTION 5 : Données démographiques et firmographiques	34
		Secteurs/CA annuel	35
		Ancienneté/Service	36
		Notre présence à l'international	37

NOTE DE SYNTHÈSE

Les industriels adoptent la technologie

En adoptant la fabrication intelligente, les industriels collectent de plus en plus de données potentiellement utiles. Cependant, si ces données sont cloisonnées en silos ou s'ils ne disposent pas des compétences nécessaires pour analyser les informations, les industriels ne sont pas en mesure de tirer pleinement profit des données qu'ils ont à disposition.

- La première solution que les industriels prévoient d'adopter pour **générer des résultats d'entreprise positifs** au cours des cinq prochaines années est une meilleure utilisation de l'analyse de données.
- **40 %** : ce pourcentage correspond à la hausse sur douze mois du nombre d'industriels estimant ne pas être en mesure d'utiliser les données pour prendre des décisions dans l'objectif de devancer leurs concurrents.
- **97 %** des participants ont indiqué qu'ils projetaient d'utiliser des technologies de fabrication intelligente.

Une croissance rentable sans renoncer à la qualité

Au sortir de la pandémie, les efforts renouvelés visant à relancer la croissance et l'expansion occupent une place de choix dans l'ordre du jour. Cependant, les industriels s'accordent à dire qu'ils sont déterminés à ne pas sacrifier la qualité dans leur quête de maximisation des revenus et bénéfices.

- Les participants ont déclaré que le premier obstacle interne auquel ils devaient faire face en 2023 était celui de **concilier croissance rentable et qualité**.
- **45 %** des participants estiment que cette pression pour accroître la qualité crée une nécessité d'accélérer la transformation numérique au sein de leur entreprise.
- Lorsqu'on leur demande à quel niveau **l'intelligence artificielle** aura le plus d'impact sur le processus de fabrication, la qualité (contrôle en circuit fermé, contrôles qualité sur toute la ligne) arrive en tête, devant l'automatisation, les prévisions et le suivi et la conformité.

Avoir une longueur d'avance sur la concurrence

Il est de plus en plus évident que les industriels étant en mesure d'attirer, de retenir et de perfectionner la bonne équipe surpasseront la concurrence. Outre les préoccupations liées aux effectifs, la mise en œuvre de processus adéquats et la technologie sont considérées comme des avantages concurrentiels dans l'industrie manufacturière.

- La recherche de main-d'œuvre qualifiée demeure une préoccupation majeure. C'est la première raison pour laquelle **les industriels pensent ne pas être en mesure de surpasser la concurrence en 2023**.
- Par rapport à l'enquête effectuée l'année dernière, **deux fois** plus de participants ont déclaré qu'ils ne disposaient pas de la technologie suffisante pour devancer la concurrence.
- **79 %** des industriels ne disposent pas de solution de planification de la chaîne d'approvisionnement complète.

Une étude mondiale menée auprès de plus de 1 350 industriels révèle que l'accent est mis sur la quête d'une croissance rentable sans faire l'impasse sur la qualité, sur la maximisation du véritable potentiel des données et sur l'adoption croissante de la technologie pour renforcer la résilience, favoriser l'agilité et augmenter la durabilité.



Cette 8^e édition du rapport sur la situation de la fabrication intelligente a interrogé le public le plus large à ce jour et explore en détail l'industrie manufacturière mondiale.

La portée du présent rapport s'est élargie au fil des ans, avec un quadruplement du nombre de participants, répartis dans **13** des plus grands pays acteurs de l'industrie manufacturière ; **25 %** de ces participants travaillent dans des entreprises dégagant des chiffres d'affaires supérieurs à **1 milliard de dollars**. Les participants, occupant des postes de cadres, mais aussi de haute direction, ont répondu à des questions visant à mettre en lumière l'état actuel de la technologie dans les opérations manufacturières, les plus grands défis ainsi que l'avenir de l'industrie.

Le présent rapport, élaboré par Rockwell Automation en partenariat avec [Sapio Research](#), comprend, parallèlement aux résultats de l'étude, un plan d'adoption de technologie qui vous permettra de transformer les informations en actions concrètes.

QU'EST-CE QUE LA FABRICATION INTELLIGENTE?

La fabrication intelligente se définit comme l'orchestration et l'optimisation intelligentes et en temps réel des processus commerciaux, physiques et numériques au sein des usines et de toute la chaîne de valeur. Les ressources et les processus sont automatisés, intégrés, surveillés et continuellement évalués en fonction de toutes les informations disponibles en temps réel, ou presque.

[MESA International](#)



SECTION 1 :

SITUATION ACTUELLE DE LA FABRICATION INTELLIGENTE

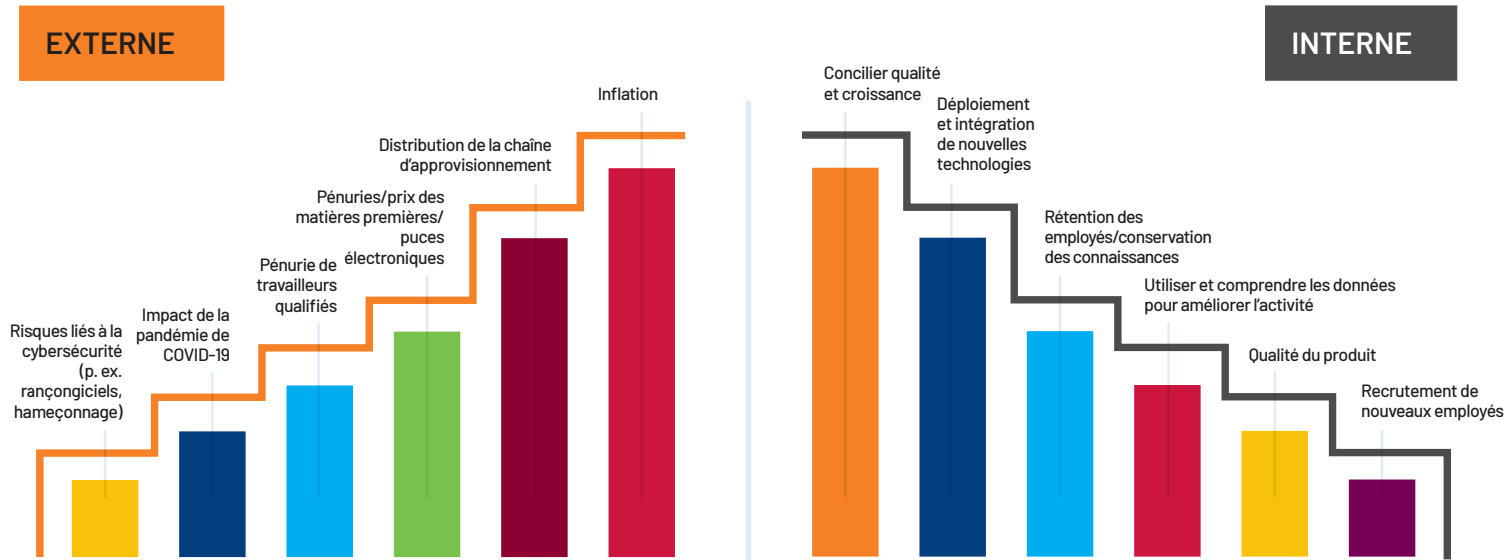
Les industriels naviguent actuellement dans un paysage complexe. L'objectif est d'atteindre une croissance rentable sans sacrifier la qualité, d'accroître la résilience, l'agilité ainsi que la durabilité en entreprise et au-delà, mais aussi de remédier en même temps aux problèmes de main-d'œuvre et de chaîne d'approvisionnement. **Il y a un point commun à tout cela : le besoin de technologie pour atténuer les risques, ouvrir de nouvelles opportunités et rester compétitif.**



OBSTACLES ET PERSPECTIVES DE L'INDUSTRIE

L'inflation, la pandémie et les perturbations de la chaîne d'approvisionnement constituent les trois principales forces extérieures ayant freiné la croissance au cours de l'année 2022. Pour 2023, les participants s'attendent à une diminution de l'impact de la pandémie, mais aussi à une hausse des pressions inflationnistes. Les résultats de l'enquête soulignent la nécessité d'effectuer des investissements stratégiques dans la technologie dans l'objectif de lutter contre le ralentissement économique.

Obstacles et perspectives de l'industrie technologique



0. Selon vous, quels seront les plus grands obstacles externes à la croissance de votre entreprise pour l'année civile 2023 ? Sélectionnez les 5 réponses principales.

0. Selon vous, quels seront les plus grands obstacles internes à la croissance de votre entreprise pour l'année civile 2023 ? Sélectionnez les 5 réponses principales.

Base : 1 353

« L'industrie manufacturière connaît actuellement une période de perturbations et de rapides changements, rendant les capacités d'adaptation essentielles. Dans leurs efforts pour faire preuve d'une plus grande résilience tout en garantissant l'efficacité, les industriels se sont heurtés à de nombreux défis. Le problème le plus souvent évoqué concerne les systèmes trop anciens ou obsolètes. Bien que les prévisions abordent de nombreux domaines de l'entreprise, on retiendra un thème principal : la mise en place d'une infrastructure numérique adéquate qui servira de fondation pour la transformation. »

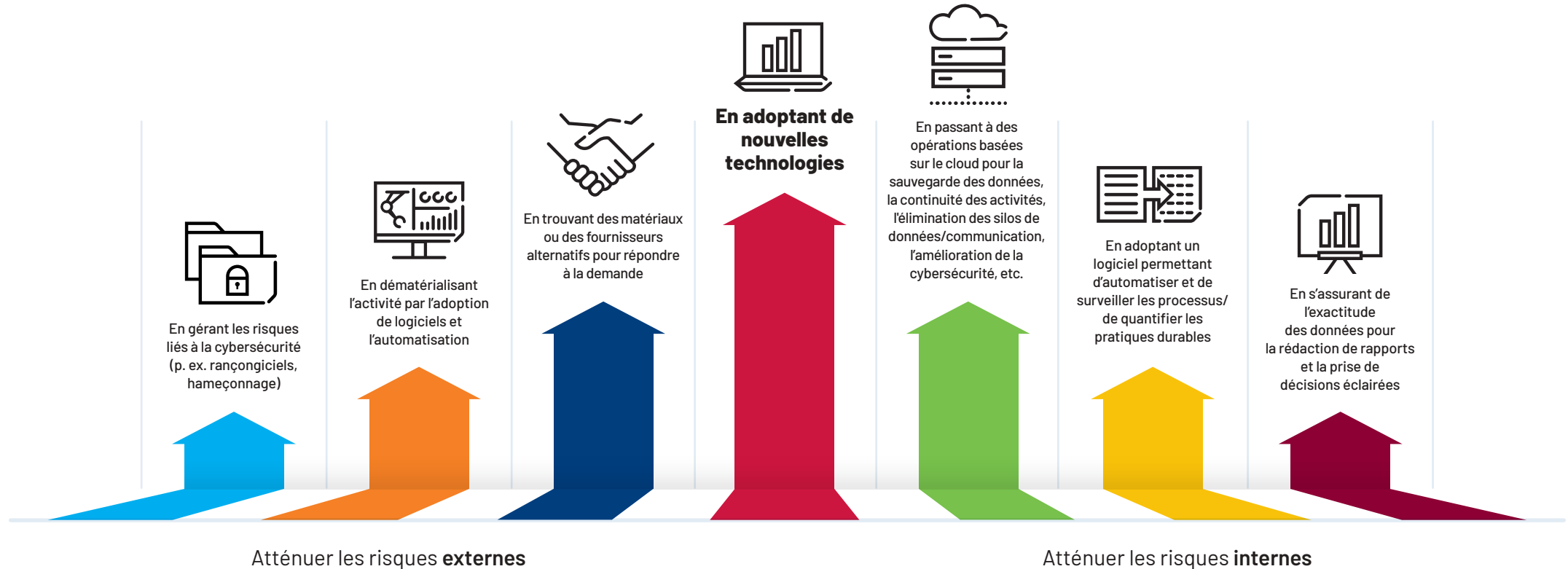
Reid Paquin, directeur de la recherche chez IDC Manufacturing Insights

[IDC FutureScape : Prévisions de l'industrie manufacturière mondiale pour l'année 2023](#)

LA TECHNOLOGIE : MEILLEURE SOLUTION POUR L'ATTÉNUATION DES RISQUES

Les industriels se tournent vers la technologie pour lutter contre les risques présents dans et en dehors de leurs entreprises. Les **deux principaux moyens** employés par les participants pour résoudre les risques internes sont l'adoption de nouvelles technologies permettant de réduire au minimum les perturbations dues aux problèmes de main-d'œuvre ou d'approvisionnement (**53 %**) et la migration vers le cloud à des fins

telles que l'amélioration de la cybersécurité et la continuité des activités (**50 %**). En ce qui concerne les risques externes tels que l'inflation, les soucis d'approvisionnement et la pénurie de main-d'œuvre, la principale tactique employée est l'adoption de nouvelles technologies (**44 %**).



0. Comment votre entreprise gère-t-elle actuellement l'atténuation des risques internes mentionnés aux questions précédentes ? Sélectionnez les 5 réponses principales.

Base : 1 353

0. Comment votre entreprise gère-t-elle actuellement l'atténuation des risques externes mentionnés aux questions précédentes ? Sélectionnez les 5 réponses principales.

LE MANQUE DE SOLUTIONS DE CHAÎNE D'APPROVISIONNEMENT COMPLÈTES

Même s'ils ont été impactés par les perturbations des chaînes d'approvisionnement ces dernières années, **4 industriels sur 5 ne sont pas en mesure de planifier l'approvisionnement de bout en bout**. Des solutions logicielles complètes sont conçues pour résoudre les problèmes auxquels sont confrontés les industriels, tels que la maîtrise des coûts tout en gérant la redondance et la résilience de la chaîne d'approvisionnement ; ce qu'elles font en intégrant la planification des ventes et des opérations, tout en augmentant également la visibilité et le contrôle. Bien souvent, les solutions partielles ne permettent pas de prévoir et planifier avec précision.

50 % des participants déclarent ne pas utiliser de processus de planification de la chaîne d'approvisionnement ou utiliser des outils manuels (p. ex. des feuilles de calcul) ou des solutions locales, ajoutant à l'entreprise un lourd fardeau informatique, sans oublier un risque d'obsolescence.

Ce manque de visibilité observé par ceux n'ayant pas opté pour des solutions de chaîne d'approvisionnement digitales de bout en bout va poser problème, tout particulièrement face à cette pression croissante de la part des organismes de réglementation, associée à la demande d'audits de la part de gros clients exigeant à présent traçabilité et transparence.



79 % des industriels ne disposent pas de logiciel de planification de la chaîne d'approvisionnement complet

0. Dans quelle mesure votre entreprise procède-t-elle actuellement à la planification de la chaîne d'approvisionnement ? Sélectionnez une seule réponse.

Base : 1 353

« À mesure que l'automatisation des flux de données et d'informations s'étend au-delà du cadre de l'usine, la nécessité de gérer la convergence de la chaîne d'approvisionnement s'accroît. Gartner définit la convergence de la chaîne d'approvisionnement comme la synchronisation des processus, sous-processus et activités dans l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement. Elle implique de faire tomber les barrières entre les services ou fonctions qui existent au sein des différentes organisations. Dans le cadre de la fabrication intelligente, cela consiste à évaluer les processus employés dans la logistique, la planification et l'approvisionnement et le service client, en les confrontant à ceux employés pour les opérations de fabrication. Il s'agit en outre de concevoir des indicateurs de performance interfonctionnels afin d'évaluer la valeur totale générée pour le client. »

Ebook Gartner® , « [Elevate and Expand Your Smart Manufacturing Strategy](#) », 2022.

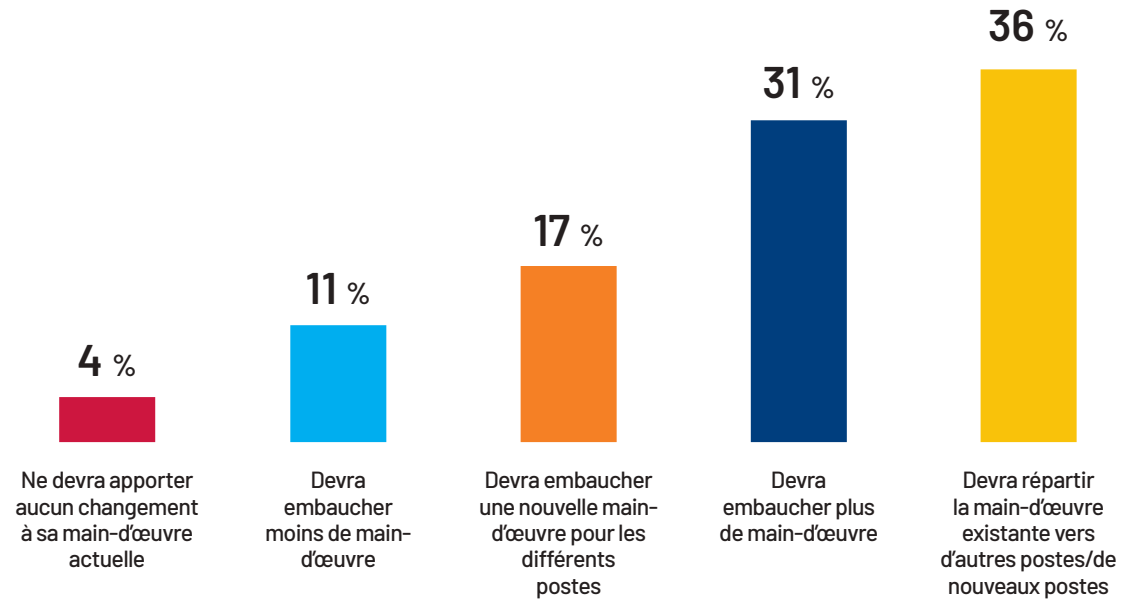
GARTNER est une marque déposée et une marque de service de Gartner, Inc. et/ou ses sociétés apparentées, aux États-Unis et dans les autres pays, et est utilisée dans le présent document avec sa permission. Tous droits réservés.

LES BESOINS EN MATIÈRE DE MAIN-D'ŒUVRE

Les questions complexes telles que la pénurie de main-d'œuvre qualifiée et le besoin de **former rapidement les employés à de nouveaux processus** nécessitent l'adoption d'approches modernes. **Plus de deux tiers des industriels pensent que la technologie peut être très utile, voire extrêmement utile pour résoudre ces types de défis liés à la main-d'œuvre.**

Mais la technologie ne peut contribuer au succès sans l'humain, et inversement.

Impact de la technologie sur la main-d'œuvre



0. En augmentant notre utilisation de la technologie dans les 12 prochains mois, mon entreprise : Sélectionnez une seule réponse.

Base : 1 353

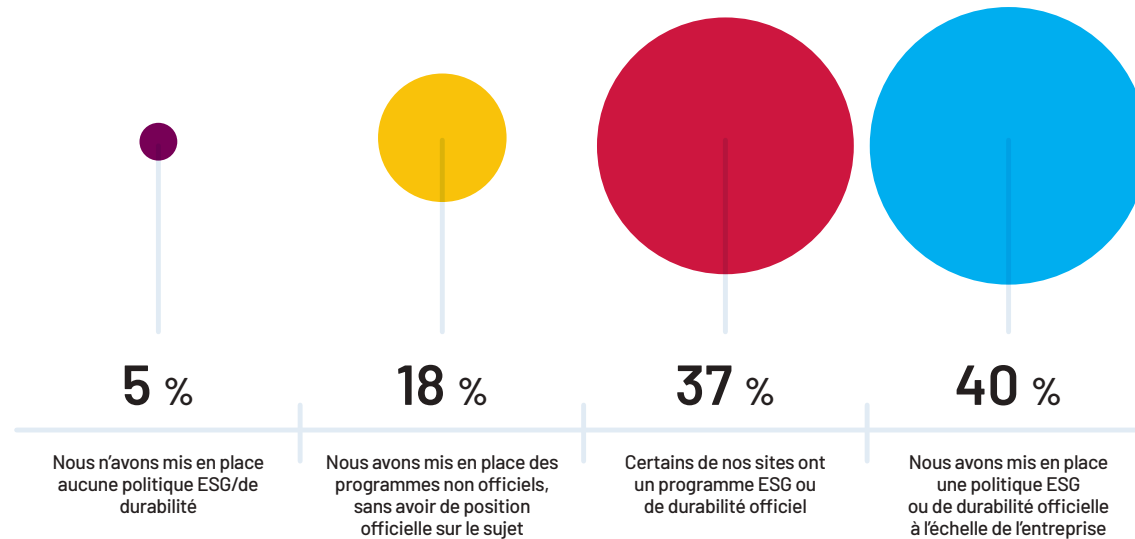
89 % des industriels espèrent maintenir ou augmenter l'emploi avec l'adoption de technologies



LA GÉNÉRALISATION DE LA DURABILITÉ

Les pratiques en matière d'engagement social, d'environnement et de gouvernance (ESG) ont acquis une grande importance ces dernières années. La multiplication de cadres réglementaires nouveaux et renforcés, tels que l'International Sustainability Standards Board (ISSB), le règlement SFDR (ou règlement européen sur la publication d'informations en matière de durabilité dans le secteur des services financiers) et le règlement Taxonomie, accroît la nécessité de dématérialisation.

L'industrie manufacturière reconnaît cela ainsi que la pression croissante de la part des consommateurs pour incorporer les considérations de durabilité et d'ESG dans les activités des entreprises ; en effet **95 %** des participants ont signalé l'existence de politiques ou de programmes formels ou informels.



0. Parmi les propositions suivantes, laquelle décrit le mieux les efforts actuels de votre entreprise concernant les critères ESG (environnement, social et gouvernance)/la durabilité ? Sélectionnez une seule réponse.

Base : 1 353

Les entreprises ayant des chiffres d'affaires plus élevés sont plus susceptibles d'avoir mis en place des programmes d'ESG ou de durabilité officialisés (**86 %**) par rapport à celles ayant des chiffres d'affaires moyens (**80 %**) ou faibles (**68 %**). Cependant, les tendances indiquent que l'augmentation des réglementations et exigences de la part des fournisseurs situés tant en amont qu'en aval exercera une pression sur tous les industriels, tout particulièrement si l'on tient compte des demandes de bilans d'émissions de niveau 1, 2 et 3.

« D'ici 2026, les règlements et prêts liés à la durabilité conduiront plus de 60 % des industriels mondiaux à adopter comme indicateur clé l'empreinte carbone des produits afin d'opérationnaliser la durabilité au-delà du reporting. »

IDC FutureScape – Prévisions de l'industrie manufacturière mondiale pour l'année 2023, doc #US48630122, octobre 2022.

L'ADOPTION DE LA FABRICATION INTELLIGENTE À L'ÉCHELLE MONDIALE

84 % des participants ont adopté la fabrication intelligente ou sont en train d'évaluer activement des solutions dans l'objectif d'investir dans ce domaine dans l'année à venir. Les entreprises ayant des chiffres d'affaires plus élevés sont plus susceptibles d'avoir adopté une technologie de fabrication intelligente, avec un taux d'adoption de **58 %** parmi les participants du tiers supérieur en termes de revenus, par rapport à **40 %** parmi les entreprises ayant des chiffres d'affaires plus bas. Cela peut constituer une opportunité pour les petites et moyennes entreprises de tirer parti d'une approche de la fabrication intelligente progressive nécessitant de faibles coûts et ressources initiaux, grâce à des solutions modulaires apportant de la valeur ajoutée et fournissant un retour sur investissement élevé et un amortissement rapide.

Les taux d'adoption varient également en fonction du pays, les trois premières places étant occupées par la Chine (**70 %**), les États-Unis (**60 %**) et l'Inde (**57 %**).



0. Dans quelle mesure votre entreprise a-t-elle adopté une technologie de fabrication intelligente ? Sélectionnez une seule réponse.

Base : 1 353

« Les initiatives de fabrication intelligente modifient l'orientation des industriels, qui passent d'une fonctionnalité interne, spécifique à une usine, à des solutions de plus en plus intégrées, et font des systèmes de gestion de la production une source de données et de renseignements clés pour l'entreprise et la chaîne d'approvisionnement. »

– Gartner, « Critical Capabilities for Manufacturing Execution Systems », 31 mai 2022.

LES SOLUTIONS DE FABRICATION INTELLIGENTE



Les appareils intelligents

sont des actifs interactifs et autonomes permettant d'acquérir et de traiter des données. Ils peuvent également surveiller et signaler l'état d'actifs en établissant des autodiagnostic et en surveillant la consommation énergétique.



Les systèmes de gestion de la production (MES)

suivent et documentent la transformation des matières premières en produits finis. Ils garantissent une gestion de la production en temps réel et favorisent la conformité, la qualité et l'efficacité au sein de l'entreprise.



Les systèmes de management de la qualité (SMQ) normalisent et automatisent la documentation, les processus et les indicateurs relatifs à la qualité.



Les logiciels de gestion de maintenance assistée par ordinateur (GMAO)

aident les entreprises à suivre et gérer les activités de maintenance et de réparation pour leurs locaux, leurs équipements et leurs autres actifs en un seul et même endroit.



La gestion de la performance des actifs (APM)

associe des données de processus, des données opérationnelles et des données de niveau machine grâce aux tableaux de bord afin de surveiller la santé des machines et de l'usine, garantissant ainsi une disponibilité, un débit et une maintenance optimaux.



La surveillance de la production

assure une connectivité sans faille pour les machines fonctionnant dans l'usine, fournissant ainsi des KPI opérationnels transparents en temps réel tels que l'OEE (efficacité globale de l'équipement) et les tableaux de bord pour favoriser une amélioration constante.



Les systèmes numériques de contrôle-commande (SNCC)

emploient des éléments décentralisés pour contrôler des systèmes dispersés, comme des processus industriels automatisés ou des systèmes d'infrastructure à grande échelle.



La planification de la chaîne d'approvisionnement (SCP)

associe des données issues de plusieurs services de l'entreprise ou de ressources externes du marché pour prévoir l'offre et la demande, mais aussi améliorer la précision des stocks et la gestion de la production.



La planification des ressources d'entreprise (ERP)

automatise les processus de front et back-office, dont la gestion financière, la gestion des revenus, les ressources humaines, la gestion des commandes, la facturation et les stocks.



Analyses

utilisant des données pour se sortir de certaines impasses en matière de fabrication, optimiser les résultats et la qualité, mais aussi fournir de nouveaux renseignements.

SECTION 2 :

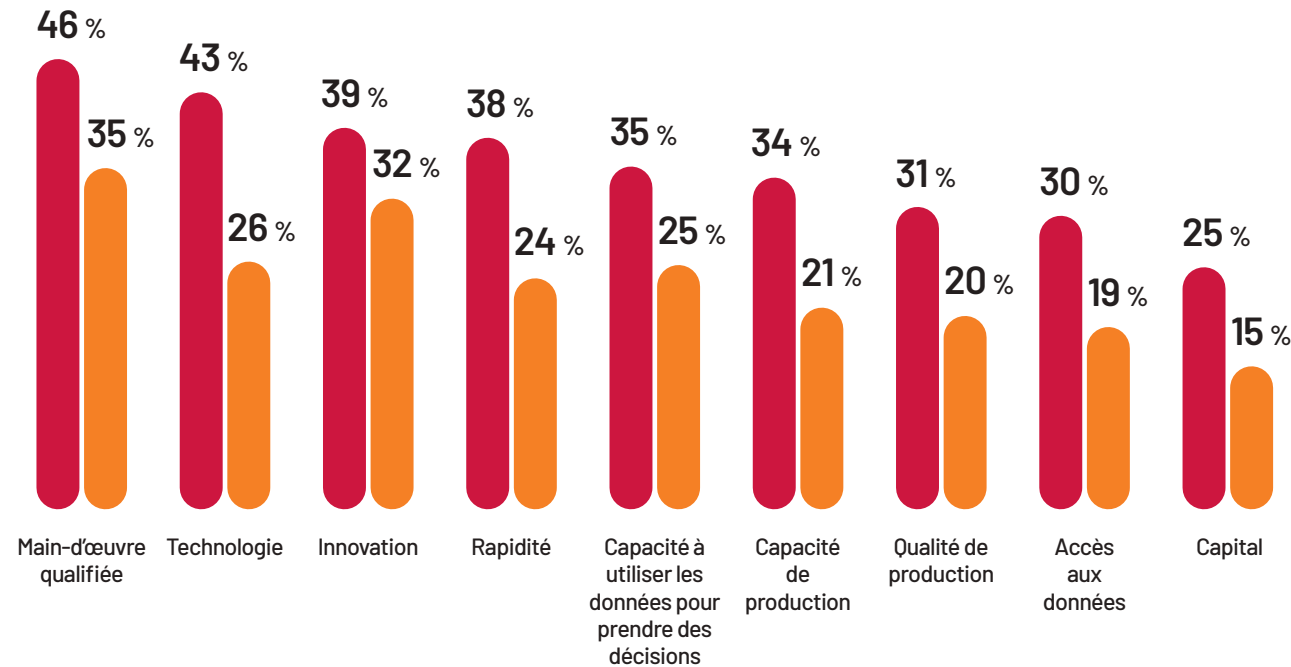
LES PLUS GRANDS DÉFIS DES INDUSTRIELS

Le monde se relève tout juste de l'impact considérable de la pandémie de COVID-19 et doit déjà faire face à de nouveaux problèmes qui émergent, à savoir une incertitude économique et des perturbations constantes de la chaîne d'approvisionnement. Compte tenu de cela, nos participants ont identifié **la maximisation des données, la génération d'un ROI technologique, la lutte contre la pénurie de main-d'œuvre et l'atténuation des risques liés à la chaîne d'approvisionnement, à la qualité et à la cybersécurité** comme leurs enjeux les plus pressants.



LES AVANTAGES CONCURRENTIELS POUR LES INDUSTRIELS EN 2023

Il est de plus en plus évident que les industriels étant en mesure d'attirer, de retenir et de perfectionner la bonne équipe surpasseront la concurrence. Dans l'enquête de l'année dernière, seuls **35 %** des participants ont déclaré que leur entreprise ne disposait pas de la main-d'œuvre qualifiée nécessaire pour surpasser la concurrence au cours des 12 prochains mois. Ce nombre s'élève à présent à **46 %** et représente la préoccupation majeure des industriels en termes de compétitivité.



0. Veuillez lire l'énoncé ci-dessous et sélectionner les 5 principales options de réponse qui s'appliquent à votre entreprise.

Base : 1 353/321

« Mon entreprise manque de _____ pour battre la compétition au cours des 12 prochains mois. » Sélectionnez les 5 réponses principales.

■ 2022

■ 2021

46 % des industriels déclarent manquer de main-d'œuvre qualifiée pour surpasser la concurrence au cours des 12 prochains mois.



LE LEADERSHIP ET LA MAIN-D'ŒUVRE MODERNE

Le plus grand **défi de leadership** auquel les industriels feront face au cours des 12 prochains mois est la gestion efficace des employés et des ressources. L'autre préoccupation urgente consiste à comprendre comment gérer la prochaine génération de travailleurs, et celle-ci figure en troisième position dans la liste des obstacles de leadership.

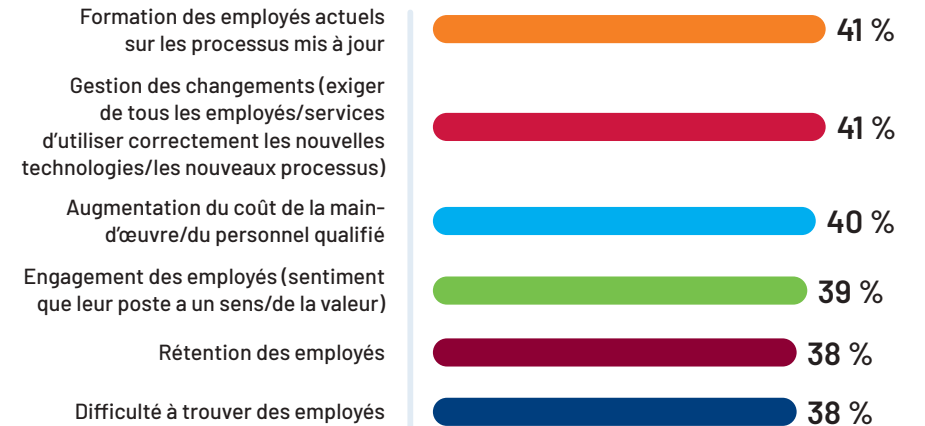
Principaux obstacles relatifs au leadership



0. Parmi les obstacles suivants, lesquels constituent les 5 principaux obstacles liés au leadership auxquels votre entreprise sera confrontée au cours des 12 prochains mois ? Sélectionnez les 5 réponses principales.

Base : 1 353

Principaux obstacles relatifs à la main-d'œuvre

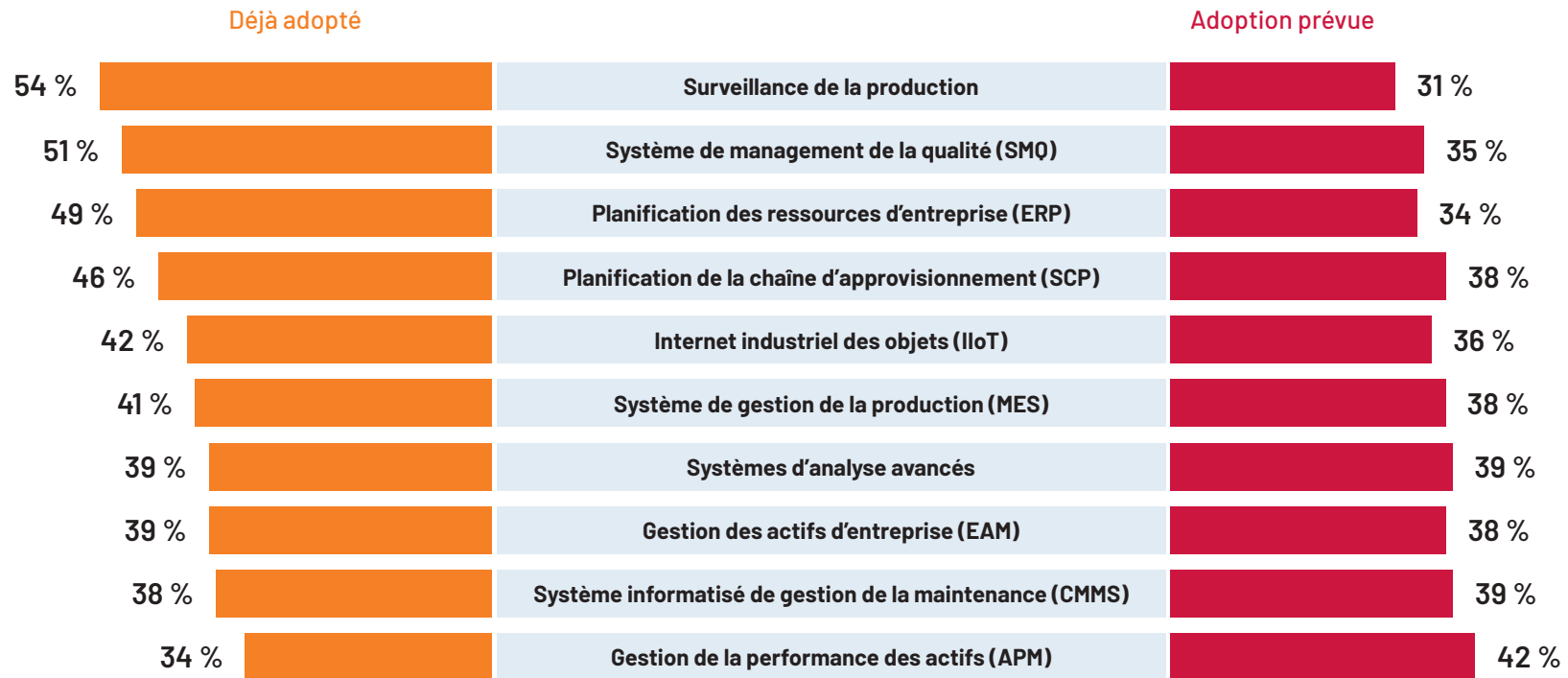


0. Parmi les obstacles suivants, lesquels constituent les principaux obstacles liés à la main-d'œuvre auxquels votre entreprise sera confrontée au cours des 12 prochains mois ? Sélectionnez les 5 réponses principales.

Base : 1 353

ACCROÎTRE LA QUALITÉ ET LA CROISSANCE RENTABLE

L'une des préoccupations les plus urgentes des industriels à l'heure actuelle est le maintien d'une croissance rentable sans faire l'impasse sur la qualité. Beaucoup d'entre eux se tournent vers la technologie pour résoudre leurs problèmes de production, afin de gagner en efficacité tout en garantissant la qualité. Parmi les entreprises qui avaient déjà adopté certains éléments de fabrication intelligente, les deux principaux systèmes mis en place étaient les systèmes de surveillance de la production (**54 %**) et les systèmes de management de la qualité (**51 %**). Seuls **10 %** des participants ont déclaré ne pas avoir encore adopté, ou ne pas souhaiter adopter de SMQ. Dans l'ensemble, ce graphique démontre qu'il y a une demande et de la croissance dans la technologie dans toutes les solutions logicielles.

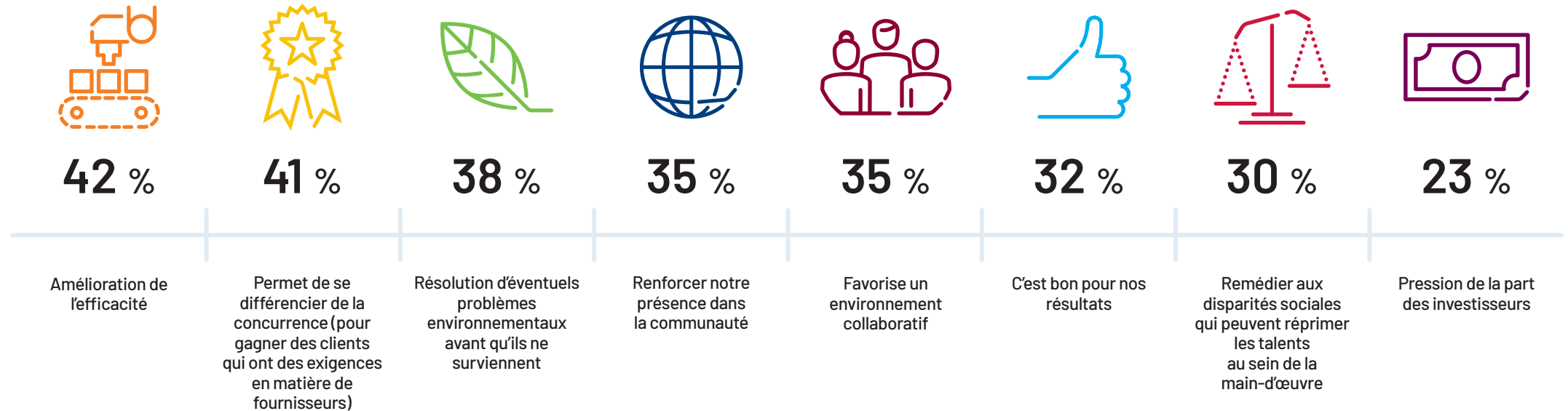


0. Parmi les initiatives ou systèmes de fabrication intelligente suivants, lesquels votre entreprise a-t-elle adoptés ou prévoit-elle d'adopter ? Sélectionnez une seule réponse par ligne.

Base : 1 353

UN CHANGEMENT DES PRIORITÉS EN MATIÈRE DE DURABILITÉ

L'année dernière, les principaux moteurs de la mise en œuvre de politiques en matière de durabilité et d'ESG étaient la promotion d'un environnement collaboratif et la lutte contre les inégalités sociales. Depuis un an, les priorités des industriels ont évolué, et la raison principale citée était l'amélioration de l'efficacité, une tendance suggérant que la durabilité est maintenant reconnue pour ses capacités d'amélioration opérationnelle, son impact sur le bénéfice net et son impact social positif.



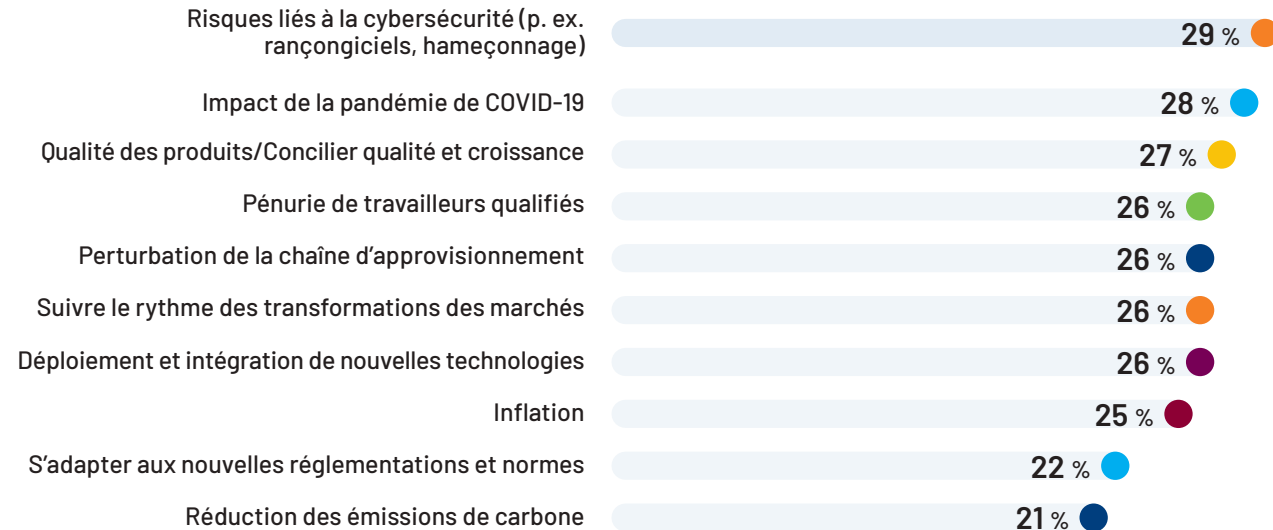
*Note concernant la base : demandé aux entreprises ayant instauré au moins un programme d'ESG informel.

0. Qu'est-ce qui incite ou motive votre entreprise à atteindre ses critères ESG/de durabilité ? Sélectionnez toutes les options qui s'appliquent

Base : 1 279

LA SENSIBILISATION ET LA PRÉVENTION DE LA CYBERSÉCURITÉ

L'industrie manufacturière a enregistré le montant moyen de rançon le plus élevé en 2022, à savoir 2 millions de dollars¹. La protection face aux menaces est un combat permanent. L'on risque d'énormes dommages, à savoir une perturbation de la chaîne d'approvisionnement, des risques pour la sécurité, une atteinte à la réputation ou encore des pertes financières. Les participants ont souligné ce problème pressant en hissant les risques de cybersécurité à la première place des obstacles que les initiatives de fabrication intelligente peuvent contribuer à atténuer.



« Le montant des rançons ne constitue qu'un aspect du problème, et l'impact des rançongiciels va au-delà des bases de données et des appareils chiffrés. 90 % des entreprises touchées par des rançongiciels l'année dernière ont indiqué que l'attaque la plus significative avait eu des répercussions sur leur capacité à fonctionner. En outre, parmi les entreprises du secteur privé, 86 % ont déclaré que cela avait entraîné pour elles une perte d'affaires/ de revenus. »

Sophos – [Rapport 2022 sur l'état des rançongiciels¹](#)

0. Parmi ces obstacles, lesquels vos initiatives en matière de fabrication intelligente actuelles vous ont-elles aidé à atténuer ? Veuillez sélectionner toutes les réponses qui s'appliquent.

Base : 1341

* Note concernant la base : question posée aux participants ayant déjà adopté ou prévoyant d'adopter des initiatives de fabrication intelligente

INVESTIR DANS LES BONS OUTILS ET LES BONNES TECHNOLOGIES

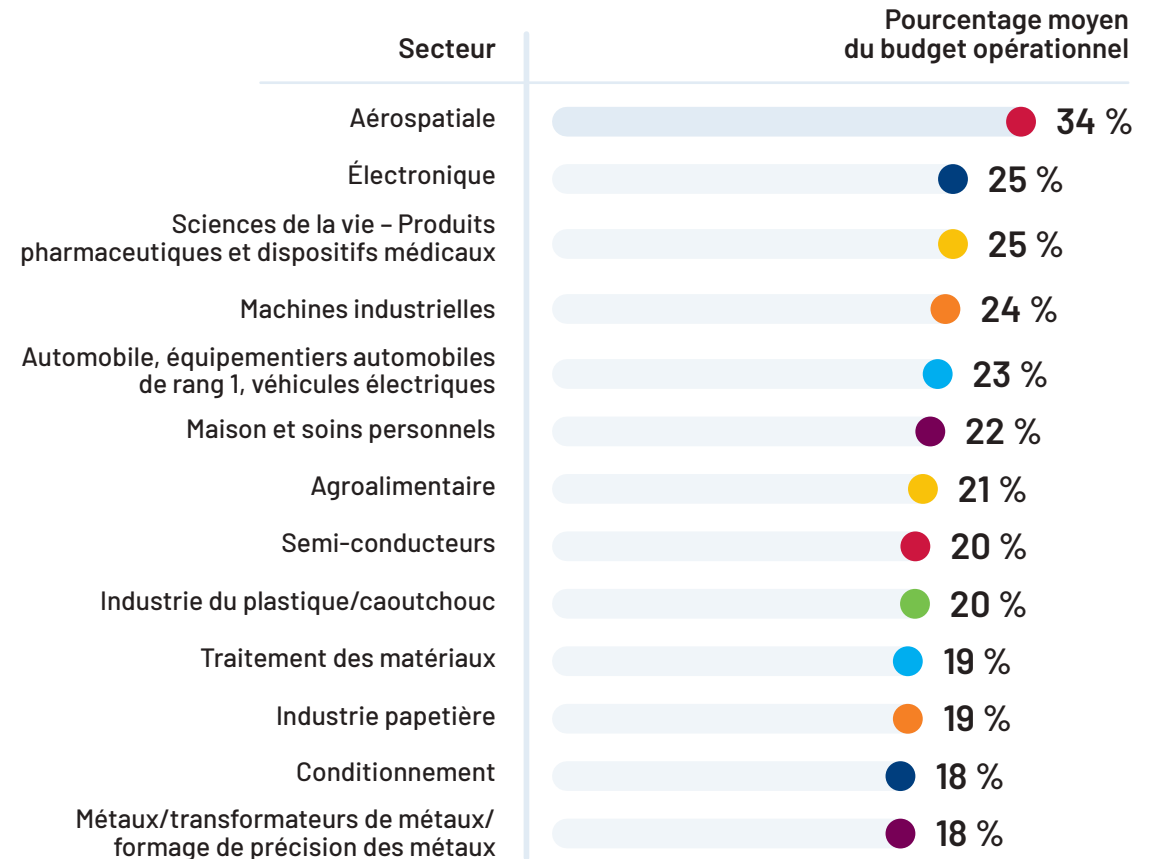
Notre enquête a permis d'établir que **23 %** du budget d'exploitation est consacré à la technologie, même si ces investissements varient selon les différents secteurs. Quel que soit le niveau d'investissement, les budgets doivent être établis en se concentrant sur l'avenir. Les industriels devront investir dans des domaines permettant de remédier à la pénurie de compétences tout en accroissant l'automatisation, l'apprentissage automatique et l'intelligence artificielle pour pouvoir exploiter pleinement tout le potentiel de la technologie et des informations au sein de leur organisation.

Des différences émergent lorsque l'on décompose les résultats par secteur. Les industriels opérant dans des domaines ultra-réglementés investissent environ **2 x** plus de leur budget d'exploitation dans la technologie (**34 %**) par rapport aux industriels des secteurs du conditionnement (**18 %**) et des métaux/des transformateurs de métaux/du formage de précision des métaux (**18 %**). Pour autant, certaines des industries à faible capacité d'investissement disposent de marges très réduites et se voient tenues de réduire tous leurs coûts opérationnels. La fabrication intelligente peut être utile.



23 % du budget opérationnel est consacré à la technologie.

Pourcentage du budget opérationnel investi dans la technologie



Q. Quel pourcentage de votre budget d'exploitation est alloué aux investissements technologiques ? Sélectionnez une seule réponse.

Base : 1 353

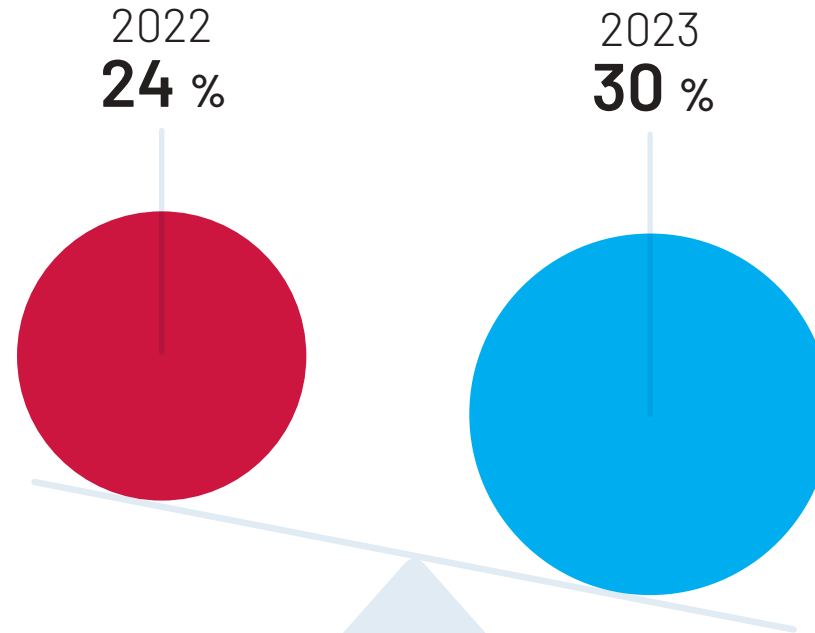
COMMENT SURMONTER LA « PARALYSIE TECHNOLOGIQUE »

Pour de nombreux participants, l'ampleur de la gamme de systèmes et de plateformes disponibles entraîne une « paralysie technologique », en d'autres termes, une incapacité à décider quelle solution adopter.

Une entreprise qui ne serait pas en mesure d'investir dans les technologies en raison de ce type de paralysie décisionnelle est susceptible d'éprouver des difficultés à être concurrentielle. Les préoccupations dans ce domaine ne cessent de croître.

On constate une augmentation de 65 % sur un an du nombre de participants indiquant que leur entreprise ne dispose pas de la technologie suffisante pour surpasser la concurrence dans les douze prochains mois.

Le phénomène de « paralysie technologique » est en hausse



0. Parmi les obstacles suivants, lesquels constituent les plus grands obstacles **internes** à la croissance actuelle de votre entreprise pour l'année civile 2022 ? Sélectionnez les 5 réponses principales.

Base : 1 353

SECTION 3 :

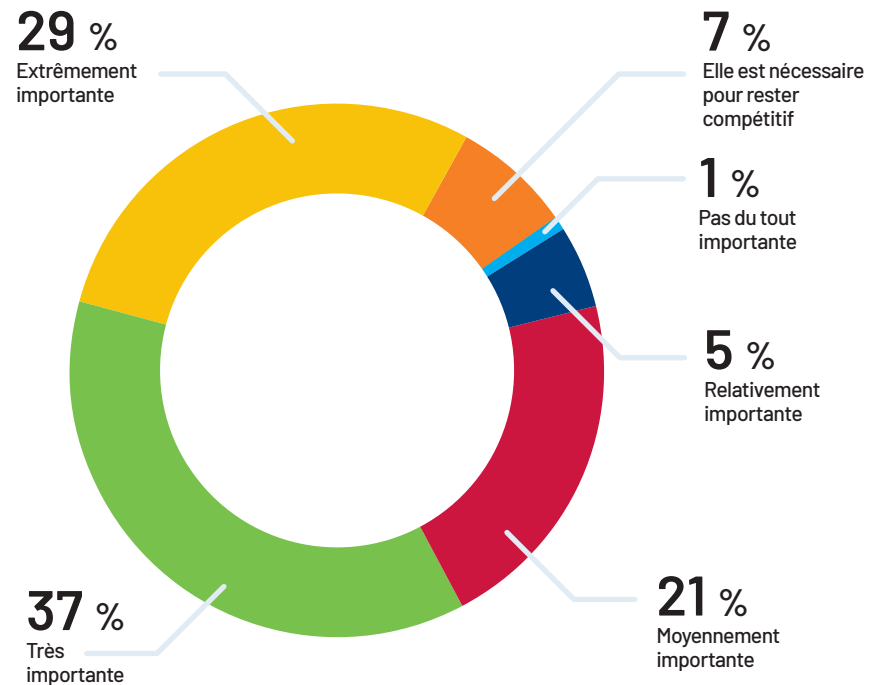
L'AVENIR DE LA FABRICATION INTELLIGENTE

Alors que nous imaginons l'avenir, des tendances clés commencent à se dessiner. Les industriels investissent dans le cloud, les solutions de fabrication intelligente et d'autres technologies **dans l'objectif d'atténuer les risques internes et externes et d'acquérir un avantage concurrentiel.**



LA FABRICATION INTELLIGENTE : LA CLÉ DE LA RÉUSSITE FUTURE

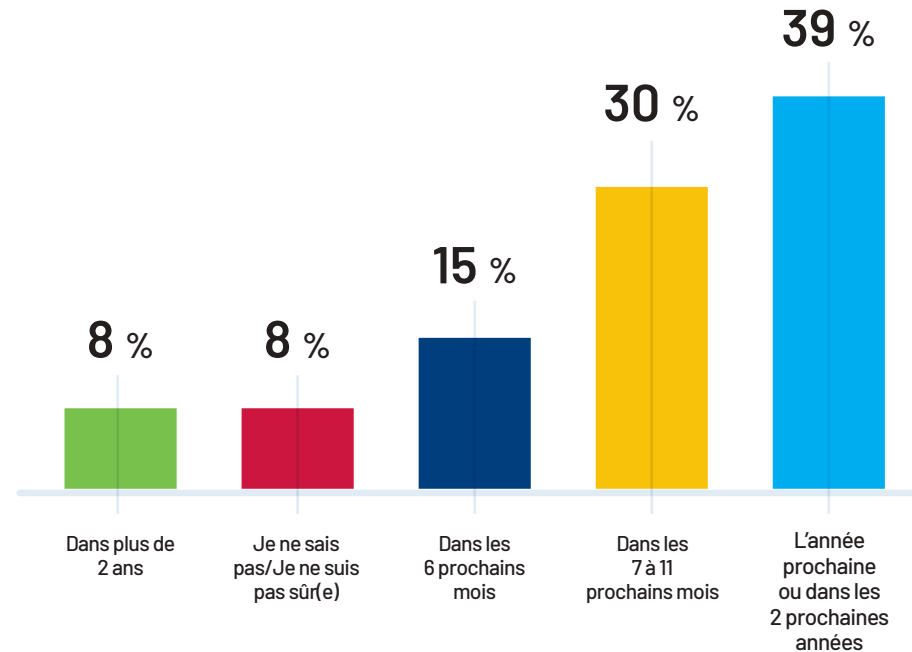
Nous avons vu précédemment dans ce rapport que les taux d'adoption de la fabrication intelligente sont élevés au niveau mondial. Les industriels sont en mesure de constater ses avantages en termes d'efficacité, de retour sur investissement, de gestion de la main-d'œuvre et de durabilité. Ce n'est donc pas une surprise si cette innovation est considérée comme essentielle.



Q. D'une manière générale, dans quelle mesure la fabrication intelligente est-elle importante pour le succès futur de votre entreprise ? Sélectionnez une seule réponse.

Base : 1 353

La reconnaissance de son importance est mise en évidence, dans la mesure où l'on constate que les entreprises ayant déclaré ne pas encore utiliser la fabrication industrielle avaient déjà instauré des calendriers d'adoption de cette dernière. Sur les participants ayant déclaré ne pas encore utiliser la fabrication intelligente, **45 % prévoient en effet d'utiliser ces technologies au cours de l'année à venir** et **39 %** prévoient une utilisation d'ici 1 ou 2 ans.



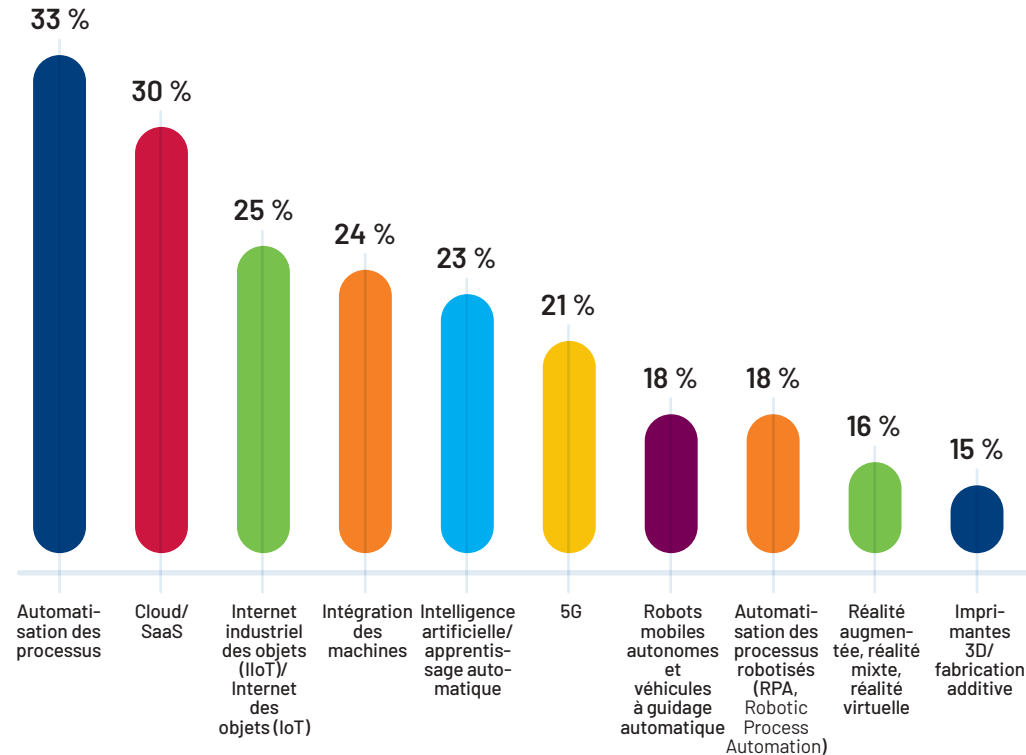
Q. Quand votre entreprise envisage-t-elle d'adopter la fabrication intelligente ? Sélectionnez une seule réponse.

Base : 700

* Note concernant la base : question posée aux personnes n'ayant pas encore adopté la fabrication intelligente ou envisageant de l'adopter.

LES MEILLEURS INVESTISSEMENTS : LE CLOUD/SAAS ET L'AUTOMATISATION DES PROCESSUS

Sur les technologies dans lesquelles ils ont investi au cours de l'année écoulée, **33 %** des répondants ont déclaré que l'automatisation des processus avait généré le meilleur retour sur investissement.

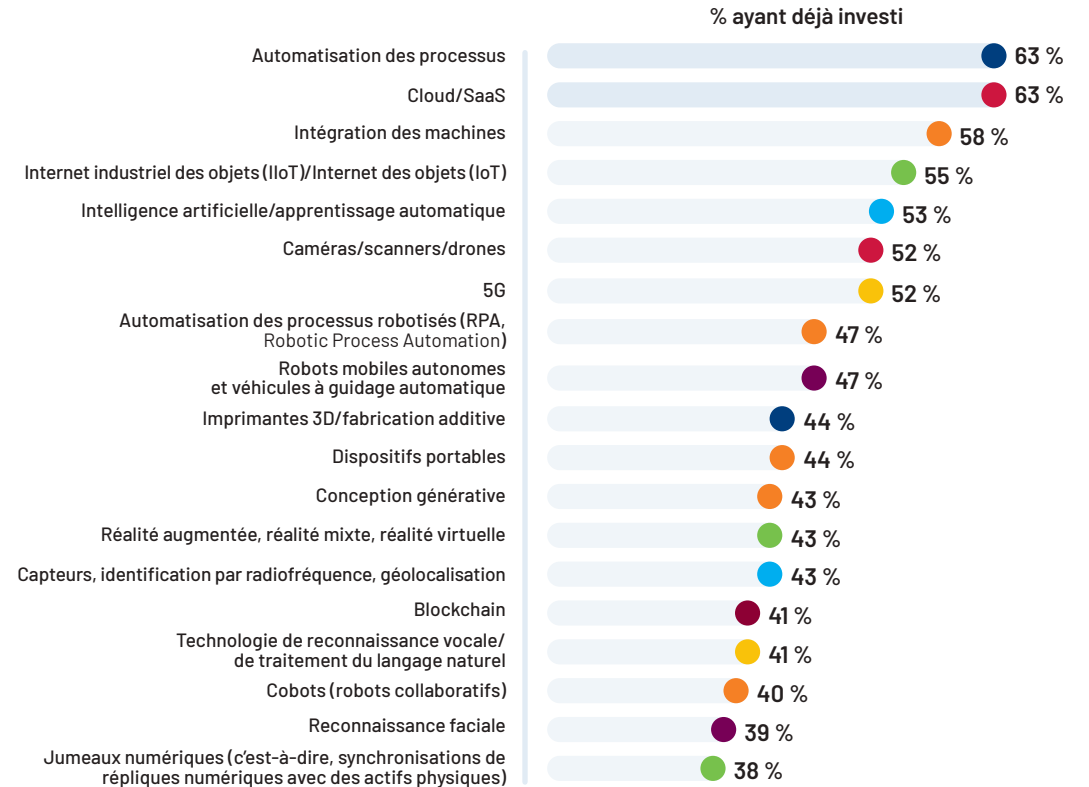


* Note concernant la base : options masquées pour les participants ayant sélectionné « déjà investi » à la Q11.

0. Parmi ces technologies dans lesquelles votre entreprise a investi, lesquelles vous ont rapporté le plus grand retour sur investissement au cours des 12 derniers mois ? Sélectionnez les 5 réponses principales.

Base : 1 295

Notre étude révèle que les deux investissements technologiques les plus populaires, à savoir l'automatisation des processus et le cloud/SaaS, adoptés par **63 %** des participants, génèrent les meilleurs retours sur investissement. L'automatisation des processus a généré le meilleur retour sur investissement, suivi du cloud/SaaS, puis de l'Internet industriel des objets (IIoT).



0. Parmi les technologies suivantes, dans lesquelles votre entreprise a-t-elle investi/prévoit-elle d'investir en (2022/2023)? Sélectionnez une seule réponse par ligne.

Base : 1 353

LA MAIN-D'ŒUVRE DU FUTUR

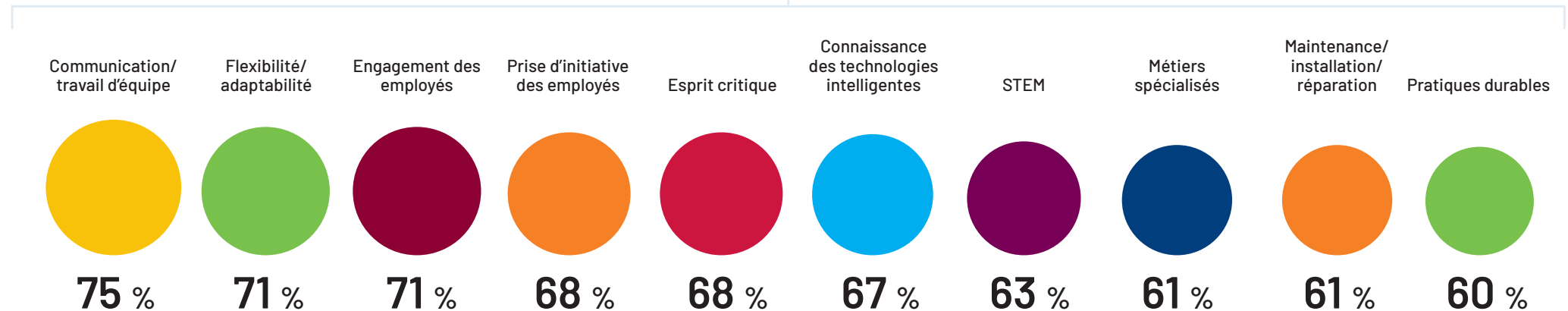
Malgré l'augmentation de l'utilisation de la technologie et de l'automatisation, nous restons constamment en quête, et peut-être même plus qu'avant, de qualités humaines. Les industriels souhaitent des employés en mesure de s'adapter à des exigences changeantes, de travailler en équipe. On constate en effet que la **communication et le travail d'équipe sont en tête des principales capacités attendues pour la prochaine génération d'employés par les industriels.**

Effectivement, la connaissance des technologies intelligentes figure à la 6e place de ce qu'on appelle les compétences générales ou soft skills, avec la flexibilité/l'adaptabilité (2), l'engagement des employés (3), la prise d'initiative des employés (4) et l'esprit critique (5).

« Toutes les entreprises participantes ont mis en évidence l'importance capitale des compétences générales telles que la communication et la collaboration. Si l'automatisation a permis de simplifier et de sécuriser certains aspects de notre travail, elle a aussi augmenté le nombre de travailleurs ou de services amenés à collaborer ou à déléguer, accordant ainsi une plus grande importance aux travailleurs pouvant, p. ex., donner et comprendre des instructions complexes. »

The Manufacturing Institute – PTC & Rockwell Automation, Découverte approfondie des futures compétences dans l'industrie manufacturière.

Les participants ont considéré chacune de ces compétences comme « Au moins très importante »



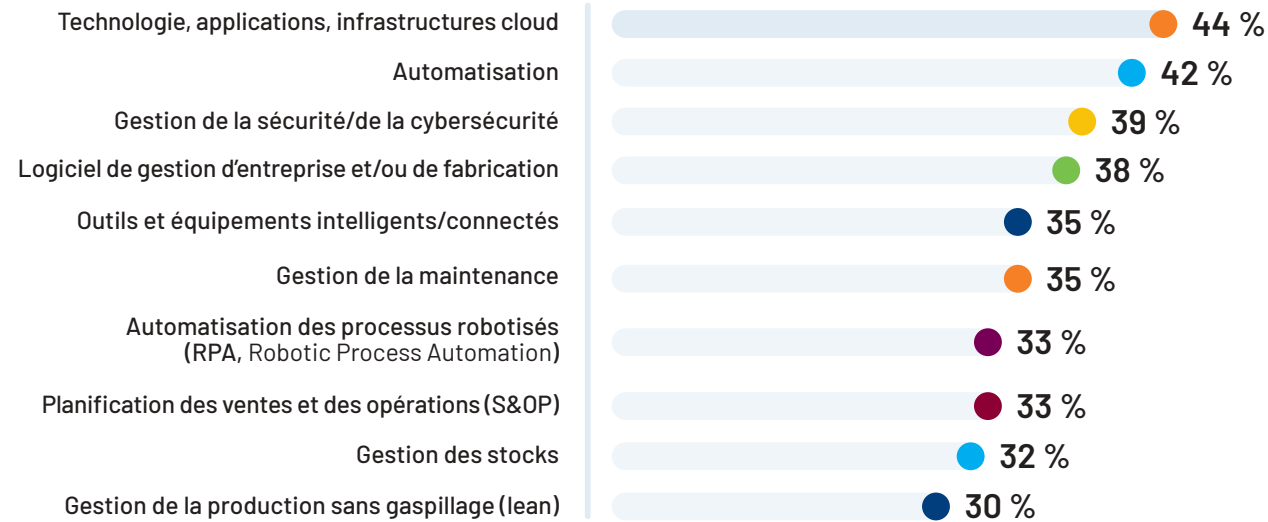
0. À l'avenir, quelle est l'importance des connaissances et/ou des compétences suivantes au fur et à mesure que votre entreprise recrutera sa prochaine génération d'employés ? Sélectionnez une seule réponse par ligne.

Base : 1 353

LE CLOUD POURSUIT SON ASCENSION

La migration vers le cloud se poursuit à mesure que les industriels en récoltent les fruits, à savoir l'adaptabilité, la sécurité, la vitesse de déploiement, le retour sur investissement et le coût. Au cours des 12 prochains mois, **près de la moitié (44 %) des participants prévoit d'accroître les investissements dans la technologie, les applications ou encore les infrastructures basées sur le cloud**. Les autres investissements clés dans la technologie concernent l'automatisation et la gestion de la sécurité/cybersécurité.

Domaines dans lesquels l'on prévoit d'augmenter les investissements



0. Au cours des 12 prochains mois, dans quelles technologies votre entreprise prévoit-elle d'augmenter ses investissements dans les opérations de fabrication ? Veuillez sélectionner toutes les réponses qui s'appliquent.

Base : 1 353

« Nous nous trouvons actuellement dans une phase exaltante de la transformation industrielle. Des technologies autrefois considérées comme inaccessibles sont à présent essentielles. En utilisant des technologies avancées et en exploitant la puissance du cloud, les industriels sont en mesure de constituer rapidement une base numérique solide. Cela leur permet de connecter, simplifier et améliorer facilement leurs activités et d'atteindre des niveaux d'agilité et de visibilité sans précédent, tout particulièrement en période d'incertitude. »

- **Çağlayan Arkan** Vice-président, responsable de la stratégie commerciale internationale chez Microsoft Corporation

LA QUALITÉ COMME MOTEUR DE LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE

45 % des participants estiment que l'amélioration de la qualité crée une nécessité d'accélérer la transformation numérique au sein de leur entreprise.

La qualité est le moteur des pratiques de numérisation de l'avenir. **Cette priorisation générale, dans les réponses fournies par 1 353 industriels à travers le monde, montre comment l'industrie entend s'y prendre pour favoriser la croissance** malgré les perturbations des chaînes d'approvisionnement et les nouvelles réglementations, tout en conservant son agilité et des produits de qualité supérieure.

La qualité s'est hissée en tête de liste dans plusieurs catégories, dont :

1^{er} catalyseur

de la transformation numérique (suivi par la réduction des coûts)

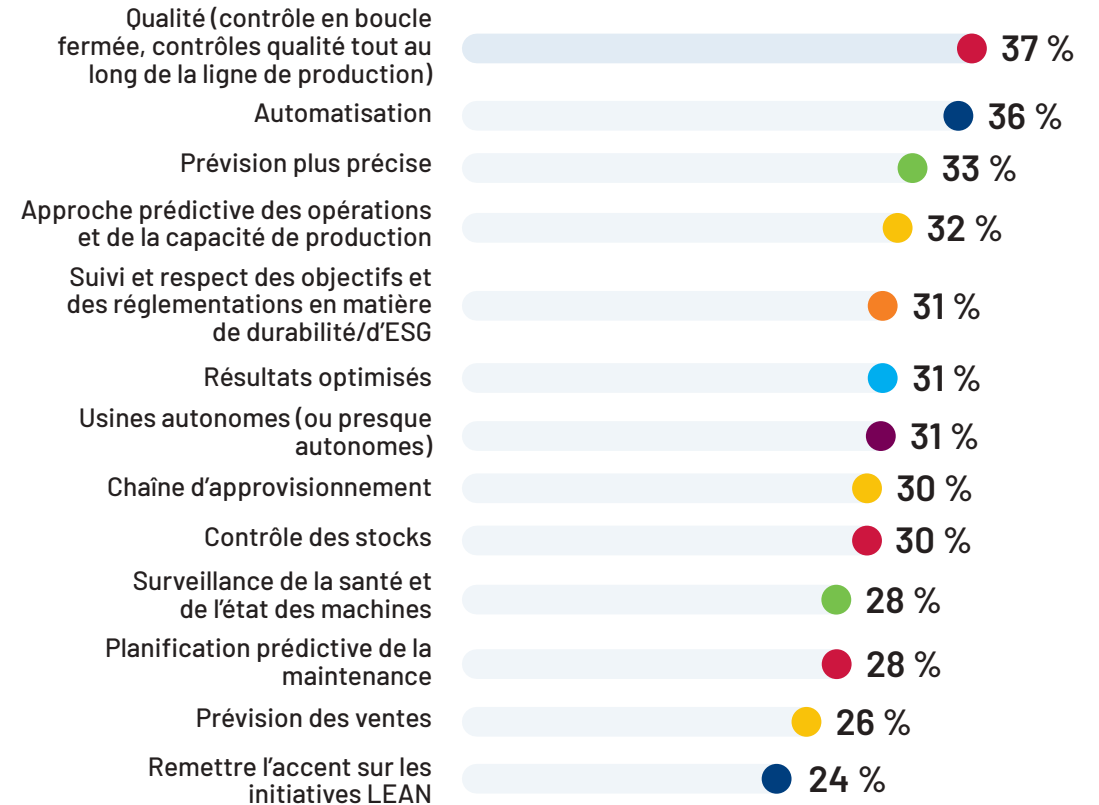
1^{er} domaine impacté

par l'intelligence artificielle (suivi par l'automatisation)

1^{er} résultat

de l'adoption de la fabrication intelligente (suivi de la réduction des coûts)

Principaux domaines impactés par l'intelligence artificielle



Q. Sur quels domaines de l'industrie manufacturière l'intelligence artificielle aura-t-elle le plus d'impact ? Sélectionnez les 5 réponses principales.

Base : 1 353

LA QUALITÉ COMME CRITÈRE LE PLUS IMPORTANT EN MATIÈRE DE DURABILITÉ

Cette volonté de préserver la qualité, observée ailleurs dans le présent rapport, a refait surface lorsque nous avons abordé la durabilité et l'ESG avec les participants. La qualité ou la sécurité du produit constitue l'élément le plus important dans les programmes d'ESG et de durabilité, suivie de la réduction des déchets de fabrication et du recyclage. Toutes les réponses mettaient l'accent sur ce que l'on appelle « **l'économie circulaire** » basée sur l'élimination des déchets et de la pollution en concevant des produits et des processus dans l'objectif de maximiser l'efficacité et de prolonger la durée de vie, avec une attention particulière sur ce qui a trait à la réparation et à la réutilisation.



*Note concernant la base : demandé aux entreprises ayant instauré au moins un programme d'ESG informel.

0. Qu'est-ce qui importe le plus pour le programme ESG/de durabilité de votre entreprise ? Sélectionnez les 5 réponses principales.

Base : 1 279

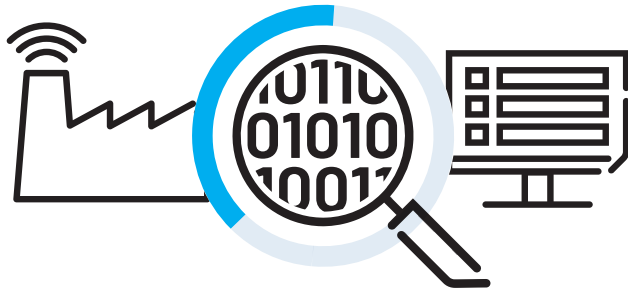
« Une récente étude menée par Gartner, Inc. a démontré que 74 % des leaders de la chaîne d'approvisionnement s'attendent à ce que les bénéfices augmentent d'ici 2025 grâce à l'application des principes de l'économie circulaire. En moyenne, les organisations de la chaîne d'approvisionnement appliquent des principes d'économie circulaire depuis trois ans pour environ 16 % de leur portefeuille de produits. »

Communiqué de presse Gartner - [L'enquête démontre que 74 % des leaders de la chaîne d'approvisionnement s'attendent à ce que les bénéfices augmentent d'ici 2025, 28 septembre 2022.](#)

LES DONNÉES : EXPLOITER UNE OPPORTUNITÉ CONCURRENTIELLE

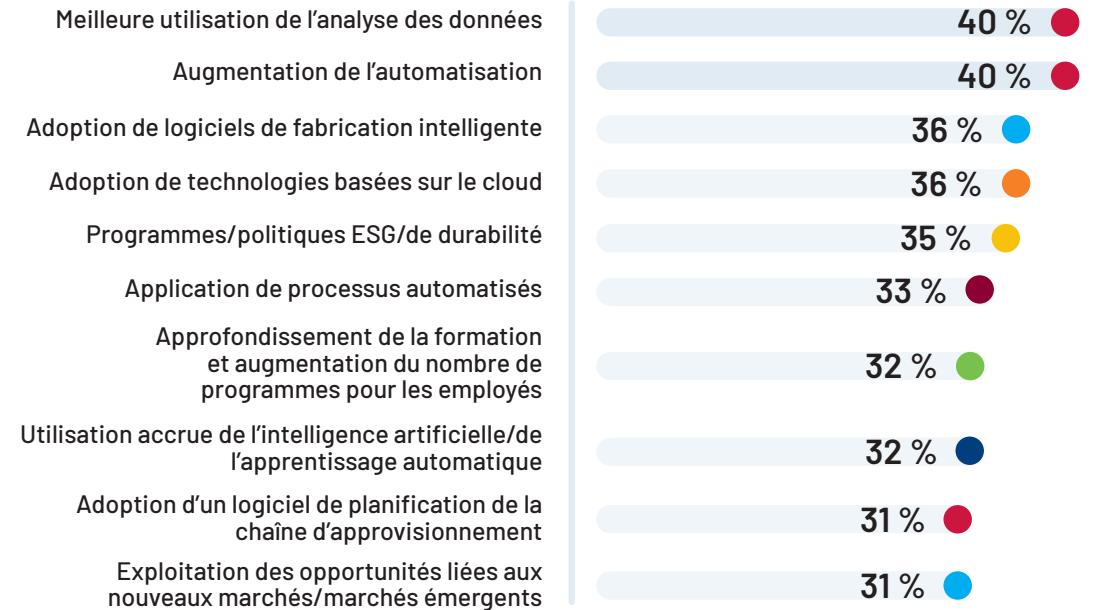
Cette étude révèle qu'un tiers des données demeurent inutilisées. De nombreux industriels constatent que l'augmentation de l'adoption des technologies génère de grandes quantités de données qu'il est possible de collecter et d'analyser dans l'objectif d'améliorer les performances et d'accroître les bénéfices.

Les participants ont déclaré qu'il était nécessaire de mieux utiliser et analyser les données dans l'objectif d'obtenir des résultats commerciaux positifs au cours des cinq prochaines années, et qu'il y avait un important manque à gagner en la matière.



40 % d'industriels en plus ont déclaré ne pas être en mesure d'utiliser les données pour prendre des décisions dans l'objectif de devancer leurs concurrents en 2023, par rapport à l'année précédente.

Facteurs d'amélioration au cours des 5 prochaines années

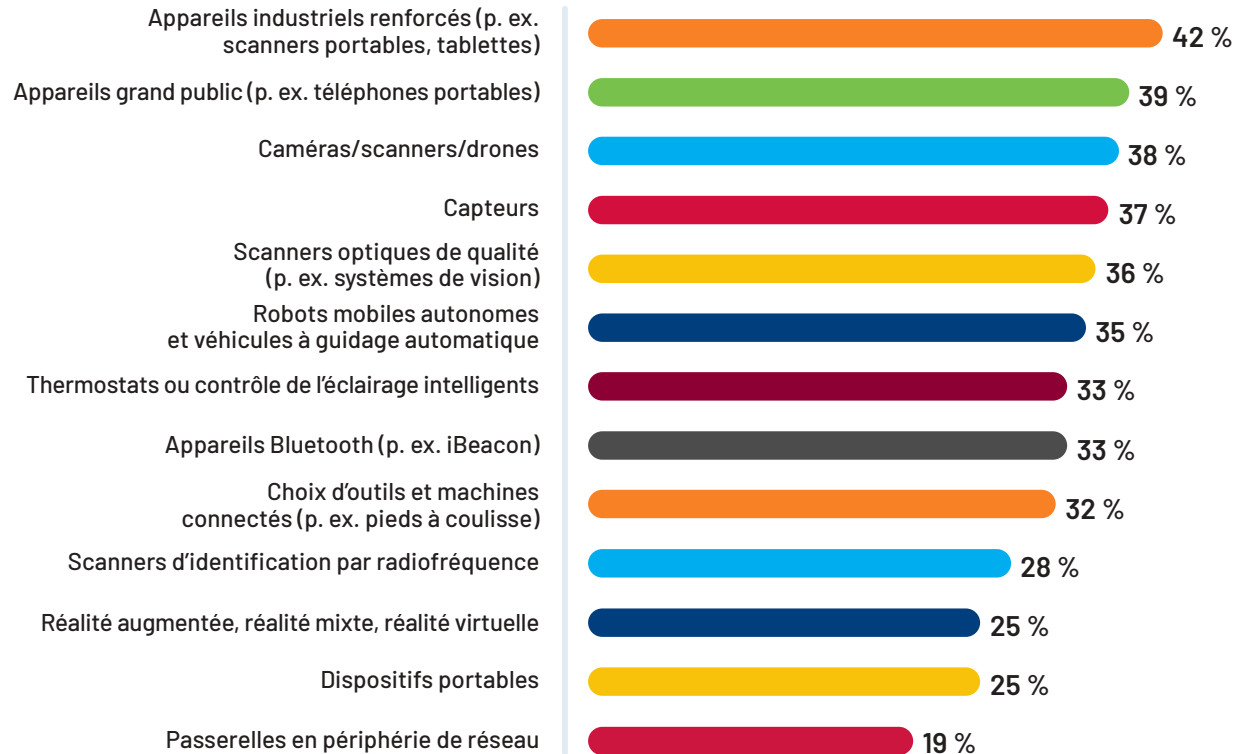


Q. Comment prévoyez-vous d'obtenir des résultats commerciaux positifs au cours des 5 prochaines années ? Sélectionnez les 5 réponses principales.

Base : 1 353

L'AVENIR DES TECHNOLOGIES DE FABRICATION

Ainsi, les industriels poursuivent la dématérialisation de leurs activités, et de plus en plus se tournent vers des appareils connectés pour améliorer les opérations. Voici quelques exemples de technologies autrefois considérées « surcotées » et qui sont actuellement massivement adoptées.



« La progression rapide de la technologie, tout particulièrement en ce qui concerne l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique, est sans nul doute au cœur de toutes les mégatendances. »

[BlackRock - Mégatendances : étude de marché examinant les changements structurels dans l'économie globale et la façon dont ils impactent nos stratégies d'investissement](#)

0. Parmi les appareils connectés suivants, lesquels votre entreprise emploie-t-elle dans ses opérations de fabrication à l'heure actuelle ? Veuillez sélectionner toutes les réponses qui s'appliquent.

Base : 1 353

SECTION 4 :

PRENDRE DES MESURES

La fabrication intelligente et les matériels et logiciels complémentaires mentionnés dans le présent rapport permettent aux industriels de rester compétitifs, d'accroître leur agilité et de débloquent des opportunités à long terme en connectant et automatisant les activités. **Utilisez les informations qu'il contient pour aider votre entreprise et vos employés à concevoir votre feuille de route pour l'adoption des technologies, peu importe le stade auquel vous vous trouvez actuellement dans le processus.**



GUIDE DE DÉMARRAGE ÉTAPE PAR ÉTAPE

IDENTIFIEZ

les principales parties prenantes et décidez ensemble quel est votre plus grand besoin

CRÉEZ

une analyse de rentabilité pour les investissements

RECHERCHEZ

et sélectionnez votre/vos solution(s)

CONCEVEZ

et déployez la/les solution(s)

GÉREZ

le changement et favorisez l'adoption



1.

Identifiez les principales parties prenantes et décidez ensemble quel est votre plus grand besoin

Réunissez les personnes impliquées dans ce changement (décisionnaires et utilisateurs de système). Des points de vue divers permettent de clarifier les solutions nécessaires, qu'il s'agisse de systèmes déconnectés, de personnes, de processus, de chaînes d'approvisionnement, d'interruption imprévue, d'une qualité médiocre, d'un manque de visibilité, de contrôle ou de toute autre chose.

Questions clés :

- À quel(s) niveau(x) rencontrez-vous des lacunes en matière d'information ?
- Avez-vous réuni les principales parties prenantes ?
- Quels problèmes opérationnels tentez-vous de résoudre ?

2.

Créez une analyse de rentabilité pour les investissements

Développez votre analyse de rentabilité en mettant l'accent sur le gain de contrôle, d'efficacité et d'argent. Recueillez les exigences et tenez compte de l'importance de l'adaptabilité, de la sécurité et de l'atténuation des risques.

Questions clés :

- Quel est le retour sur investissement attendu en termes de résultats essentiels pertinents pour les KPI de votre entreprise ?
- Quels sont les risques à prendre en considération et atténuer ?
- Quels cas d'utilisation garantissent le juste équilibre entre création de valeur et retour sur investissement ?

3.

Recherchez et sélectionnez votre/vos solution(s)

Faites ce qu'il faut. Il existe de nombreuses solutions. Il est important que vous preniez le temps de vous renseigner. Identifiez les solutions potentielles et passez en revue les questions suivantes avec les principales parties prenantes.

Questions clés :

- Cette solution satisfait-elle aux exigences et objectifs de votre entreprise ?
- Vous permettra-t-elle de générer le retour sur investissement présenté dans votre analyse de rentabilité ?
- Sera-t-elle en mesure de vous soutenir à l'avenir ?

4.

Concevez et déployez la/les solution(s)

Sélectionnez un partenaire d'exécution et créez une feuille de route qu'il vous faudra suivre pour garantir un processus réussi. Une fois cela créé et convenu avec les parties prenantes clés, commencez le déploiement.

Questions clés :

- Cette conception répond-elle à vos besoins ?
- Le calendrier et le retour sur investissement sont-ils réalisables ?
- Les principales parties prenantes ont-elles pris connaissance du plan ? L'acceptent-elles ?

5.

Gérez les changements, mesurez les résultats et encouragez l'adoption

Afin de pouvoir intégrer efficacement les changements que la fabrication intelligente apportera à votre culture d'entreprise, il vous faudra parrainer, communiquer, évaluer mais aussi responsabiliser.

Questions clés :

- Qui sera chargé de promouvoir l'adoption ?
- Quels indicateurs emploieriez-vous pour évaluer le succès ?
- Comment comptez-vous adapter votre culture par la gestion du changement ?

Pour parvenir à un changement positif et durable, votre approche doit être réfléchie. Définissez et surveillez vos objectifs d'amélioration continue. Décidez comment évaluer au mieux l'adoption et l'impact du changement. Chaque entreprise est différente. Les éléments exposés dans le présent rapport vous amèneront donc à poser les bonnes questions, afin de trouver les réponses qui vous permettront d'orienter votre mission.

DIX ÉTAPES VERS L'ADOPTION DE LA TECHNOLOGIE (CHECK-LIST)

1. **IDENTIFIEZ LES PRINCIPALES PARTIES PRENANTES** et décidez ensemble quel est votre plus grand besoin.
2. **INSTAUREZ UNE GOUVERNANCE EFFICACE** avec les principales parties prenantes.
3. **EFFECTUEZ L'ANALYSE DE RENTABILITÉ POUR LES INVESTISSEMENTS** en alignant la technologie, la stratégie et les indicateurs/KPI.
4. **CRÉEZ UN PLAN DE COMMUNICATION** qui permettra de soutenir la vision des futurs résultats souhaités.
5. **ÉVALUEZ VOS CAPACITÉS**, risques et opportunités actuels ; comparez-vous à vos concurrents.
6. **RECHERCHEZ** et sélectionnez votre/vos solution(s). N'oubliez pas que le fournisseur de solution est tout aussi important que la solution en elle-même. Avez-vous un partenaire solide sur lequel vous pouvez compter ?
7. **CONCEVEZ** et déployez la/les solution(s).
8. **DONNEZ LA PRIORITÉ AUX CHANGEMENTS RÉPONDANT AU(X) PROBLÈME(S)** que vous cherchez à résoudre, qui assurent le meilleur retour sur investissement et/ou éliminent le plus de risques.
9. **ÉLABOREZ ET METTEZ EN ŒUVRE UN PROGRAMME** de gestion organisationnelle du changement et favorisez l'adoption.
10. **ÉVOLUEZ DANS UNE OPTIQUE D'AMÉLIORATION CONTINUE**, définissez des indicateurs de mesure du succès à évaluer constamment et communiquez sur ce que vous avez appris, ce qui pourrait être plus efficace, mais aussi la manière dont les gens peuvent faire changer les choses.

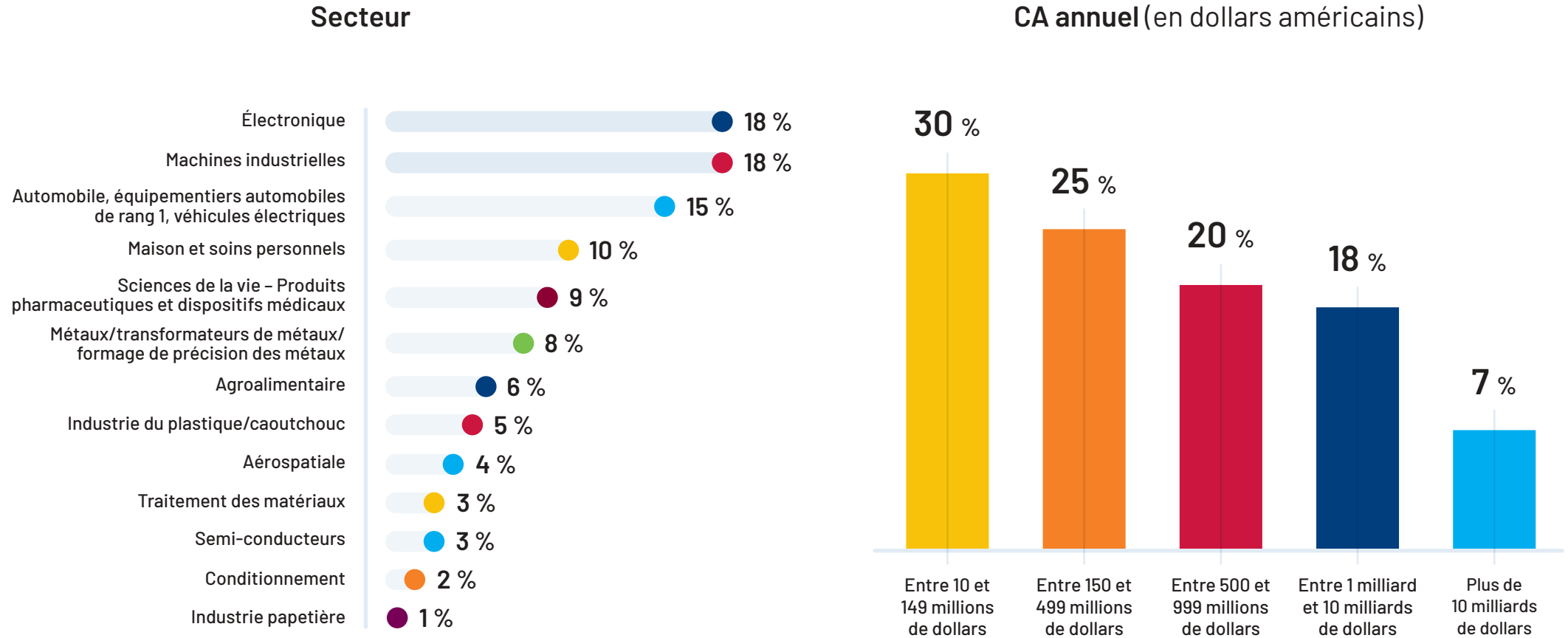


SECTION 5 :

DONNÉES DÉMOGRAPHIQUES/ FIRMOGRAPHIQUES



DONNÉES DÉMOGRAPHIQUES ET FIRMOGRAPHIQUES



0. Dans quel secteur travaillez-vous ? Sélectionnez une seule réponse.

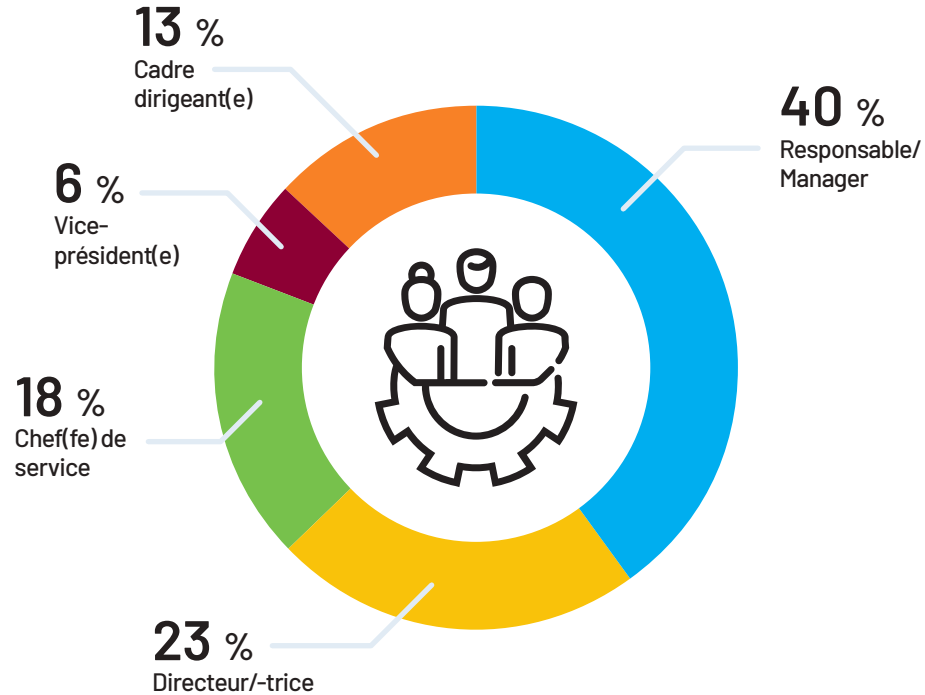
Base : 1 353

0. Quel est le chiffre d'affaires annuel de votre entreprise ? (en dollars américains) Sélectionnez une seule réponse

Base : 1 353

DONNÉES DÉMOGRAPHIQUES ET FIRMOGRAPHIQUES

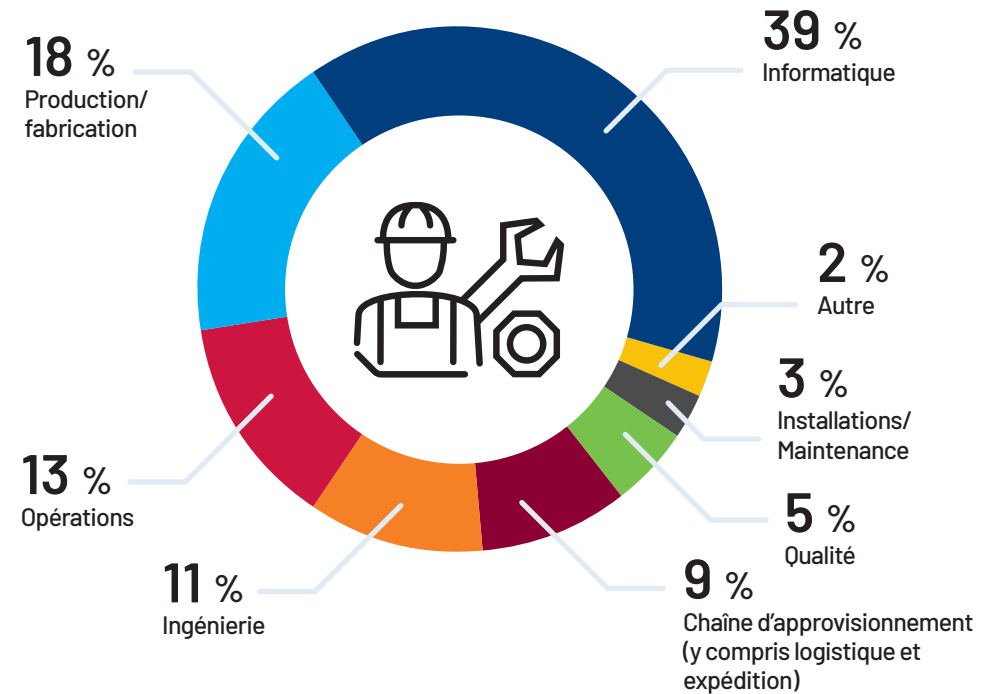
Ancienneté/Position hiérarchique



0. Laquelle des propositions suivantes décrit le mieux votre position/niveau hiérarchique ? Sélectionnez une seule réponse.

Base : 1353

Service/Fonction



0. Dans quel service travaillez-vous/quelle fonction occupez-vous ? Sélectionnez une seule réponse.

Base : 1353

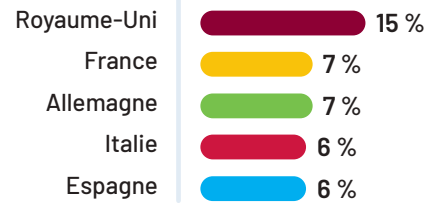
DONNÉES DÉMOGRAPHIQUES ET FIRMOGRAPHIQUES

Notre présence à l'international

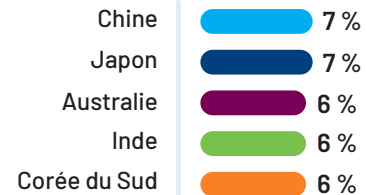
AMÉRIQUES



EUROPE



ASIE-PACIFIQUE



AMÉRIQUES
28 %

EUROPE
41 %

ASIE-PACIFIQUE
31 %



0. Dans quel pays travaillez-vous actuellement ? Sélectionnez une seule réponse.

Base : 1 353



Connect with us.    

rockwellautomation.com — expanding **human possibility**[®]

AMERICAS: Rockwell Automation, 1201 South Second Street, Milwaukee, WI 53204-2496 USA, Tel: (1) 414.382.2000, Fax: (1) 414.382.4444

EUROPE/MIDDLE EAST/AFRICA: Rockwell Automation NV, Pegasus Park, De Kleetlaan 12a, 1831 Diegem, Belgium, Tel: (32) 2663 0600, Fax: (32) 2 663 0640

ASIA PACIFIC: Rockwell Automation, No. 2 Corporation Road, Singapore, 618494, Singapore, Tel: (65) 6302 8686, Fax: (65) 6302 8787

UNITED KINGDOM: Rockwell Automation Ltd., Pitfield, Kiln Farm, Milton Keynes, MK11 3DR, United Kingdom, Tel: (44)(1908) 838-800, Fax: (44)(1908) 261-917

Allen-Bradley and expanding human possibility are trademarks of Rockwell Automation, Inc.
Trademarks not belonging to Rockwell Automation are property of their respective companies.

Publication INFO-BR027A-FR-P March 2023

Copyright © 2023 Rockwell Automation, Inc. All Rights Reserved. Printed in USA.



GOUVERNEMENT

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Contacts

Ludovic ROUALLE

Responsable Filière Industrie – Grands Projets

CCI Ouest Normandie

Hôtel Atlantique – Bd Félix Amiot – BP 839

50 108 CHERBOURG-EN-COTENTIN

ludovic.roualle@normandie.cci.fr

Tél : 06 37 49 08 15