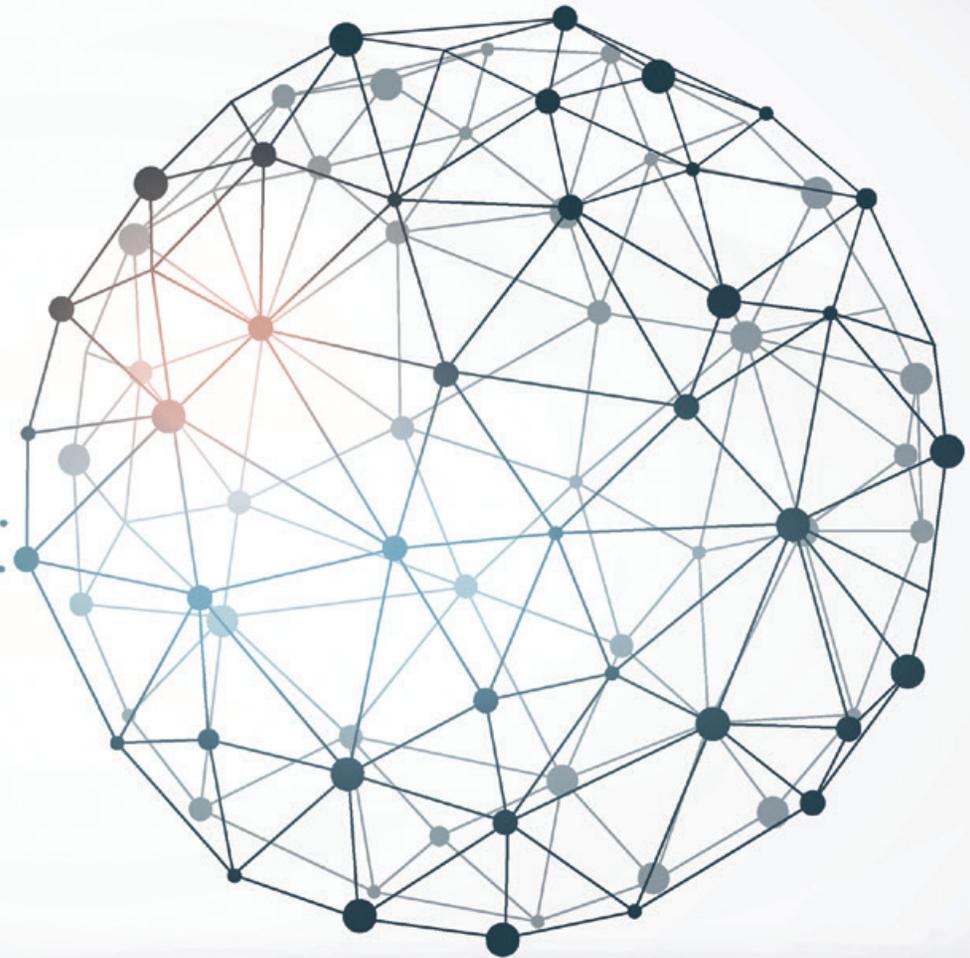


Livre blanc sur LA FABRICATION ADDITIVE AU QUÉBEC



Mars 2020

CONTRIBUTIONS

❖ Gestion de projet :

Marie-Pierre Ippersiel,
présidente et directrice générale,
Pôle de recherche et d'innovation en
matériaux avancés (PRIMA Québec)

René Poirier,
économiste et analyste principal,
Stratégie et politique d'innovation,
Région du Québec, Innovation,
Sciences et Développement économique
Canada (ISDE)

Denis Akzam,
directeur exécutif, Systèmes P4BUS inc.

❖ Recherche, analyse et rédaction :

René Poirier (ISDE) et **Marie-Pierre Ippersiel**, (PRIMA Québec) :
Tendances et opportunités industrielles
en FA, Écosystème de la FA au Québec,
La R-D en FA au Québec.

René Poirier (ISDE), **Denis Akzam**
(Systèmes P4BUS inc.), **Rémy Gauthier** et
Sébastien Lévesque (GLS Réseaux inc.) :
Expériences étrangères et canadiennes
en FA.

❖ Sessions de travail :

Estelle Metayer : animation

Capucine le Marcis : rédaction
des comptes rendus

❖ Conception graphique :

Artégraphe

Les images ou photos du présent document
ont été obtenues auprès d'iStock et
Shutterstock.

❖ Partenariat financier :



Innovation, Sciences et
Développement économique Canada

Innovation, Science and
Economic Development Canada



MEDTEQ
L'INNOVATION POUR LA SANTÉ
INNOVATION FOR HEALTH



* Les recommandations du Livre n'engagent pas les ministères et organismes gouvernementaux qui ont participé et appuyé la démarche.

TABLE DES MATIÈRES

04 ✎ Sommaire

05 ✎ Introduction

06 ✎ Méthodologie

07 ✎ Participants

08 ✎ Partie 1

Qu'est-ce que la fabrication additive ?

- 09 1. Définition
- 10 2. Les avantages de la FA
- 11 3. Panorama des procédés et technologies
- 13 4. Besoins variant selon les secteurs clés
- 14 5. Le degré de maturité de la technologie
- 16 6. Estimation du niveau de maturité atteint

17 ✎ Partie 2

Les perspectives de marché

- 18 1. Un marché en forte expansion
- 19 2. Les segments de marché de l'industrie de la FA
- 20 3. Les secteurs d'applications industrielles
- 21 4. Le potentiel des marchés internationaux

22 ✎ Partie 3

L'écosystème de la FA au Québec

- 23 1. Une offre en plein essor
- 25 2. Une demande qui explore activement
- 26 3. Une communauté de la R-D engagée
- 27 4. Les atouts du Québec

28 ✎ Partie 4

Les défis pour le Québec

- 29 1. Les cinq grands défis de la R-D
- 30 2. Écarts entre les spécialisations de l'offre industrielle et de la communauté de la R-D
- 31 3. Les cinq grands défis de l'adoption
- 32 4. Les cinq grands défis des compétences
- 33 5. Des concurrents étrangers déjà très mobilisés – meilleures pratiques en vigueur
- 35 6. Les défis – en résumé

36 ✎ Partie 5

Vision et orientations stratégiques

- 37 1. Vision
- 38 2. Grandes orientations stratégiques
- 39 3. Sommaire des domaines d'application à privilégier
- 40 4. Principaux impacts visés

41 ✎ Partie 6

14 Mesures structurantes

- 42 Sept piliers pour répondre aux défis de la FA au Québec
- 43 1. Encourager les projets d'innovation et la protection par brevets
- 44 2. Lancer des appels à projets concertés de R-D collaborative
- 45 3. Implanter des bacs à sable hors-réglementation
- 46 4. Assurer la disponibilité du capital de risque
- 47 5. Lancer des défis de R-D impliquant utilisateur et PME développeur
- 48 6. Utiliser les marchés publics
- 49 7. Sensibiliser les entreprises en région du Québec
- 50 8. Créer un réseau de centres d'adoption ou de démonstration
- 51 9. Accompagner des cohortes d'entreprises sectorielles
- 52 10. Faciliter l'acquisition d'équipements et de logiciels en FA
- 53 11. Rédiger des études de cas pour des applications ciblées
- 54 12. Développer et certifier les compétences
- 55 13. Animer un carrefour québécois de la FA
- 56 14. Mettre en place une zone d'innovation

SOMMAIRE

La fabrication additive (FA) est au cœur des technologies de rupture de la 4^e révolution industrielle qui sous-tendent la transformation numérique de la production industrielle. Son immense potentiel technologique permet de concevoir des produits uniques et réduire les délais de commercialisation, tout en rehaussant la qualité des pièces et en misant sur des méthodes de fabrication agiles, adaptatives et économiques. La FA contribue également à mieux gérer la transition énergétique et les pressions exercées sur les ressources dans une perspective économique durable. En outre, elle encourage une médecine personnalisée dans un contexte de vieillissement de la population.

Au Québec, l'écosystème de la FA est en pleine émergence. L'offre industrielle est bien réelle dans divers segments de la chaîne de valeur : des firmes souvent de taille modeste exportent massivement à l'étranger et anticipent investir davantage pour desservir une clientèle diversifiée. Des secteurs clés de l'économie québécoise - matériel de transport terrestre, aérospatiale, énergie, santé, équipements et outillages industriels - l'explorent et l'utilisent. L'engagement de la communauté de la R-D ne se dément pas comme en témoignent les collaborations toujours plus nombreuses et étendues. En outre, la province bénéficie

d'un avantage compétitif dans le domaine des matériaux avancés, ainsi que de la présence sur son territoire de deux des plus grands producteurs mondiaux de poudres métalliques en FA. Enfin, l'abondance d'énergies propres à prix concurrentiels lui offre un atout avéré.

Malgré des perspectives de marché très favorables pour la FA, les secteurs clés de l'économie québécoise affichent un retard certain à renouveler leur capacité à innover et restructurer leurs chaînes d'approvisionnement. Et depuis 2012, les principaux concurrents commerciaux du Québec et du Canada ont établi des stratégies ciblant la FA et les ont mises en œuvre en partenariat avec l'industrie et la communauté de la R-D.

Le présent Livre blanc définit de grandes orientations stratégiques à privilégier au cours des cinq prochaines années, dans les domaines de la R-D, de l'adoption technologique et des compétences. Il présente aussi des recommandations concrètes sous la forme de 14 mesures structurantes afin d'accroître la compétitivité économique du Québec et lui permettre de devenir un leader technologique à l'échelle mondiale, grâce à la FA.



INTRODUCTION

La fabrication additive (FA) est une technologie de rupture appelée à révolutionner les façons de produire, les compétences requises et les chaînes d'approvisionnements dans de multiples secteurs de notre économie. Ces opportunités sont autant de défis pour le Québec s'il souhaite se positionner comme un acteur incontournable sur la scène internationale.

Le Livre blanc a fait appel aux expertises des diverses composantes de cet écosystème, en mettant l'accent sur les besoins et préoccupations exprimés par des entreprises appartenant à l'offre et à la demande en FA. Des chercheurs et experts académiques, des organismes favorisant la R-D collaborative et le transfert technologique, ainsi que les gouvernements provinciaux et fédéraux ont également participé aux sessions de travail et aux sondages.

Le Livre blanc sur la FA s'inscrit dans une démarche stratégique, structurante et mobilisatrice. Il visait trois objectifs principaux : stimuler l'essor d'une industrie québécoise de la FA innovante en termes de matériaux, d'équipements, de logiciels et de services; accélérer l'adoption de cette technologie de rupture pour améliorer la compétitivité des secteurs clés de l'économie québécoise; et contribuer au développement d'entrepreneurs, de gestionnaires et d'une main-d'œuvre spécialisée capable d'exploiter pleinement ce potentiel créatif, technologique, industriel et commercial.

Le Livre blanc présente, tout d'abord, un état des lieux de la FA au Québec. Il propose ensuite des orientations stratégiques de développement à prioriser avant de recommander une série de mesures structurantes et d'initiatives à mettre en œuvre.

Toutes les citations sont extraites des propos recueillis lors des ateliers de travail.

Les objectifs

1

Stimuler l'essor d'une industrie québécoise de la fabrication additive **qui innove** dans ses matériaux, équipements, logiciels et services;

2

Accélérer l'adoption de cette technologie de rupture, afin d'améliorer la compétitivité des secteurs clés de l'économie québécoise;

3

Contribuer au développement d'une main-d'œuvre spécialisée capable d'exploiter pleinement ce potentiel créatif, technologique, industriel et commercial.

MÉTHODOLOGIE



Atelier 1

Tendances de marché, état des lieux de la FA au Québec, besoins des entreprises, meilleures pratiques étrangères, objectifs et ambitions

Atelier 2

R-D et adoption technologique : orientations stratégiques et mesures structurantes

Trois ateliers pour proposer des recommandations ont été tenus entre septembre et décembre 2019



Atelier 3

Compétences et écosystème : orientations stratégiques et mesures structurantes

PARTICIPANTS

Un comité de pilotage

Offre en FA

- Alain Dupont, AP&C (GE Additive)
- Richard Dolbec, Tekna
- Gilles Desharnais, Axis Prototypes
- Luc Pouliot, Polycontrols
- Denis Akzam, Systèmes P4BUS*

Demande en FA (Secteurs clés)

- Denis Pelletier, Hydro-Québec
- Mathieu Fagnan, Pratt & Whitney
- Stéphane Goulet, Bombardier Transport
- François Tremblay, Exacad
- Charles Deguire, Kinova
- Jacinte Bleau, Medicus

Communauté de la R-D

- Marie-Pierre Ippersiel, PRIMA Québec*
- Gilles Déry, Sofiene Amira, CQRDA*
- Diane Côté, MEDTEQ*
- Éric Baril, CNRC – Transport et fabrication
- Lyne Dubois, Geneviève Lefebvre et Olivier Marcotte, CRIQ

Gouvernements

- Linda Tremblay, MEI*
- René Poirier, ISDE*

Des experts invités

- Nicolas Sauriol, Industries Sautech
- Priti Wanjara, CNRC- Aérospatial
- Daniel Therriault, Polytechnique Montréal
- Mathieu Brochu, Université McGill
- Vladimir Brailovski, École de technologie supérieure
- Guillaume Blum et Colin Côté, École de design, Université Laval
- Alexandre Bois-Brochu, Centre de métallurgie du Québec (CMQ)
- Andro Vachon, Centre de technologie minérale et de plasturgie (CTMP)
- Daniel Poirier, Centre de développement des composites du Québec (CDCQ)
- Katia Bilodeau, Institut national d'optique (INO)
- Alexandre R. C. Nascimento, IREQ
- Geoffroi Garon-Épaulé, Pygmalion numérique

Des sondages

2 sondages menés auprès de l'offre en FA et de la communauté de la R-D sur la R-D en FA au Québec et sur les priorités à promouvoir pour les 5 prochaines années – taux de participation de 44 % et 46 %.

1 questionnaire sur les obstacles à l'adoption et les moyens pour les contourner, complété par une dizaine de firmes des secteurs clés utilisant la FA ou la sous-traitant.



* Membres du comité de gestion du Livre blanc (initiateurs et partenaires financiers de la démarche).

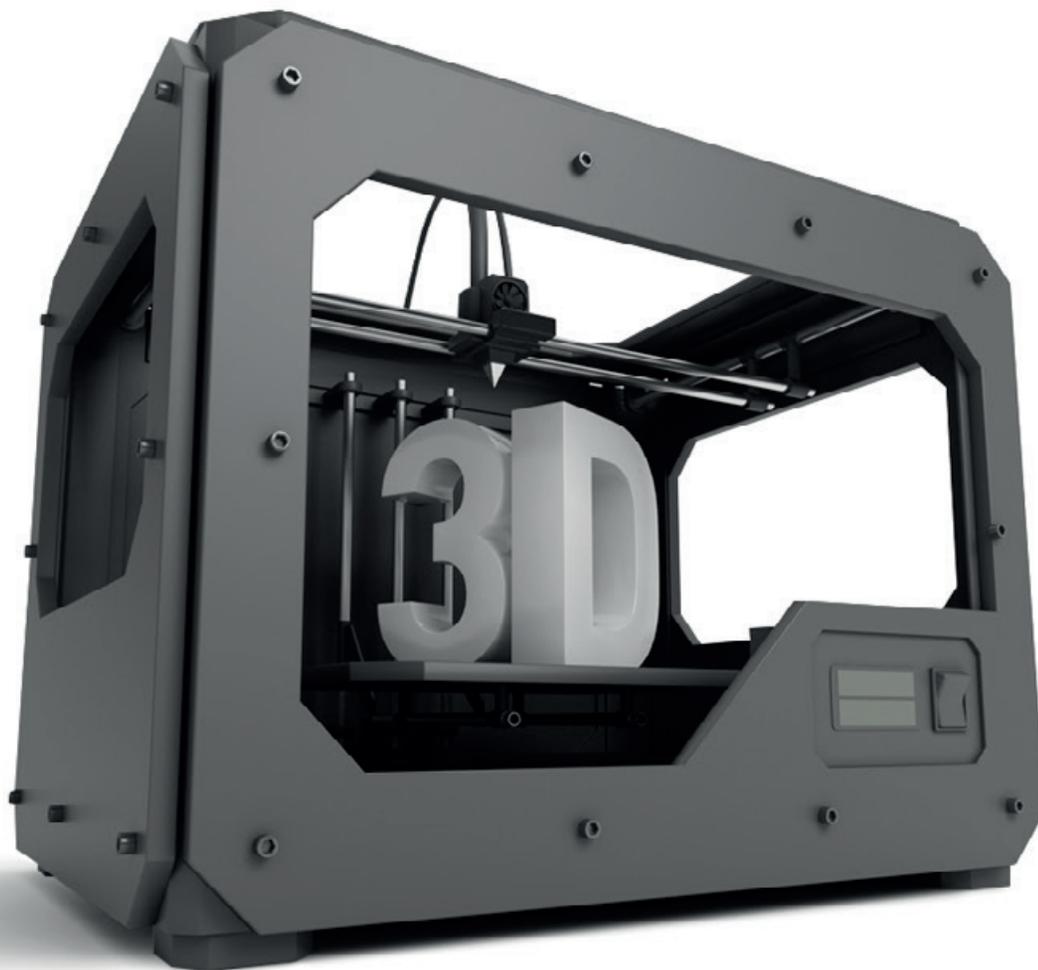
1

Qu'est-ce que
la fabrication additive ?

1. DÉFINITION

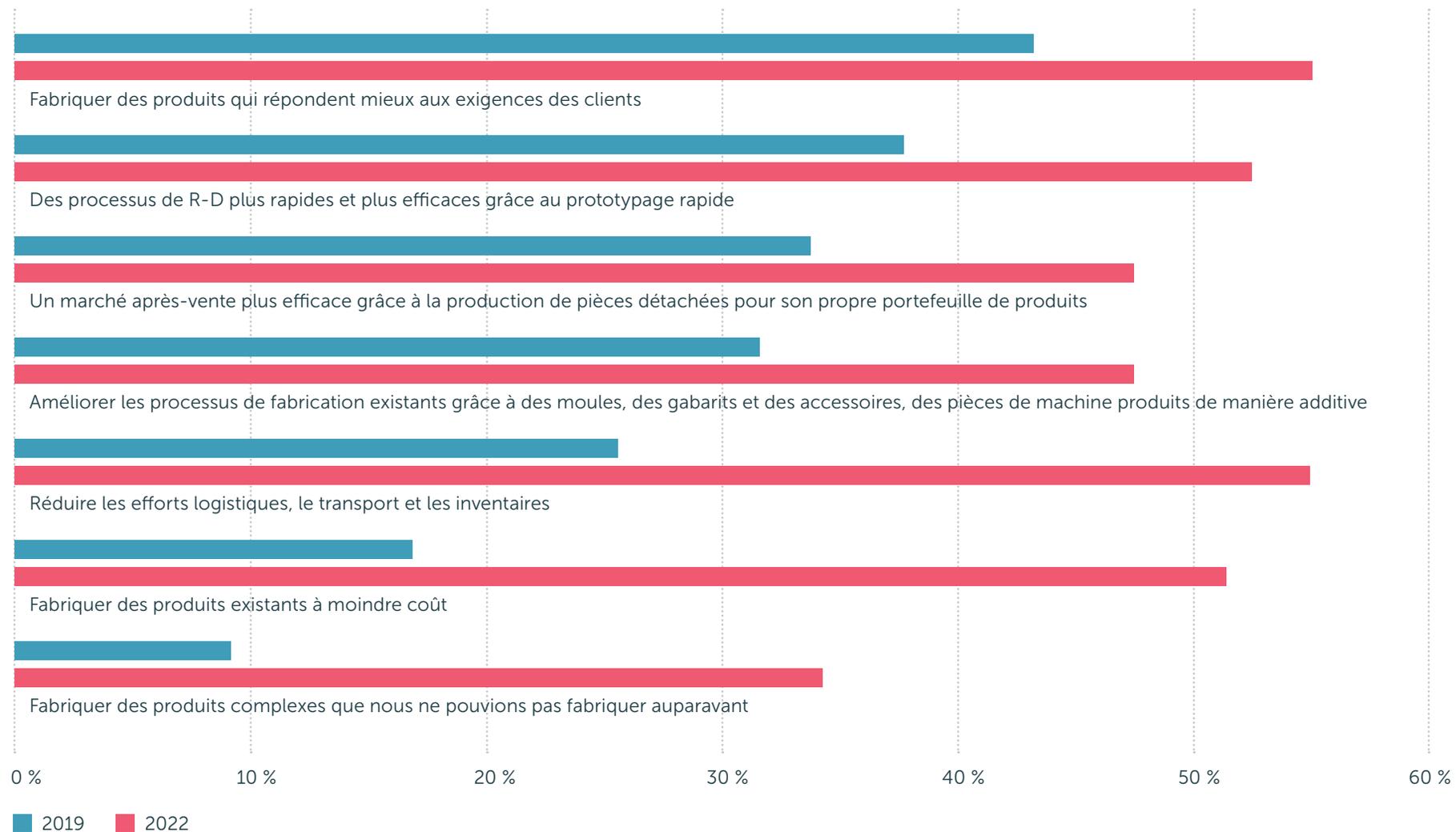
La fabrication additive, communément appelée impression 3D ou 4D, est une méthode de conception et de fabrication assistée par ordinateur portant sur la mise en forme d'une pièce fonctionnelle par apport successif¹ de matière et d'énergie, contrairement à la fabrication traditionnelle soustractive, qui agit par enlèvement de matière (découpage ou fraisage).

Elle permet de fabriquer des pièces en polymère, en métal (aciers, aluminium, cobalt-chrome, nickel, titane...), en céramique, en composite ou en matière organique (bois, cires, matières alimentaires, tissus biologiques), de complexité élevée et beaucoup plus légères qu'avec les procédés d'usinage ou de moulage conventionnels.



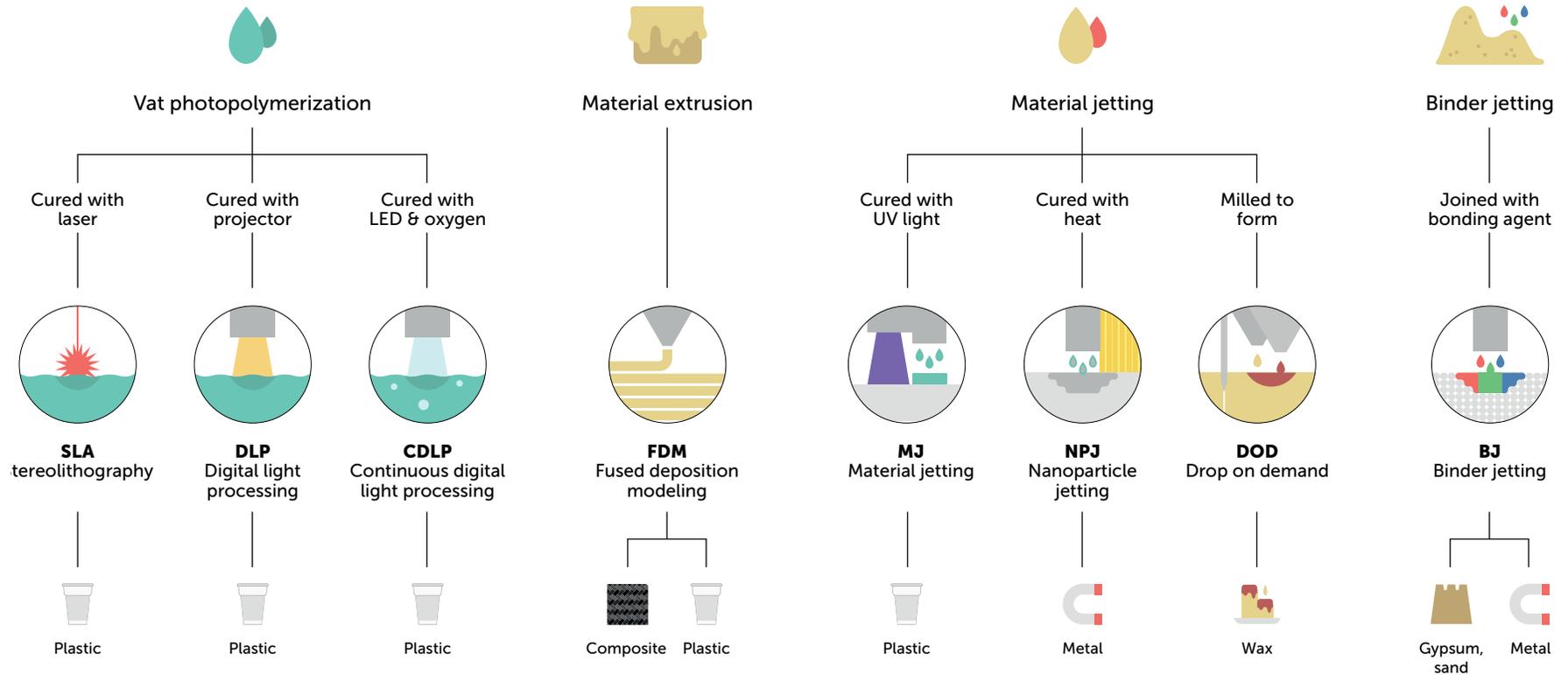
¹ Couche par couche, point par point ou par solidification.

2. LES AVANTAGES DE LA FA



Source : EY Global 3DP Survey, Avril 2019.

3. PANORAMA DES PROCÉDÉS ET TECHNOLOGIES (SUITE PAGE SUIVANTE)



➤ **Une foule de procédés**
(powder bed fusion, directed energy deposition, material jetting, binder jetting, material extrusion, VAT photopolymerisation, sheet lamination, etc.)

➤ **De nombreux matériaux** (polymères, métaux, céramiques, composites, organiques)

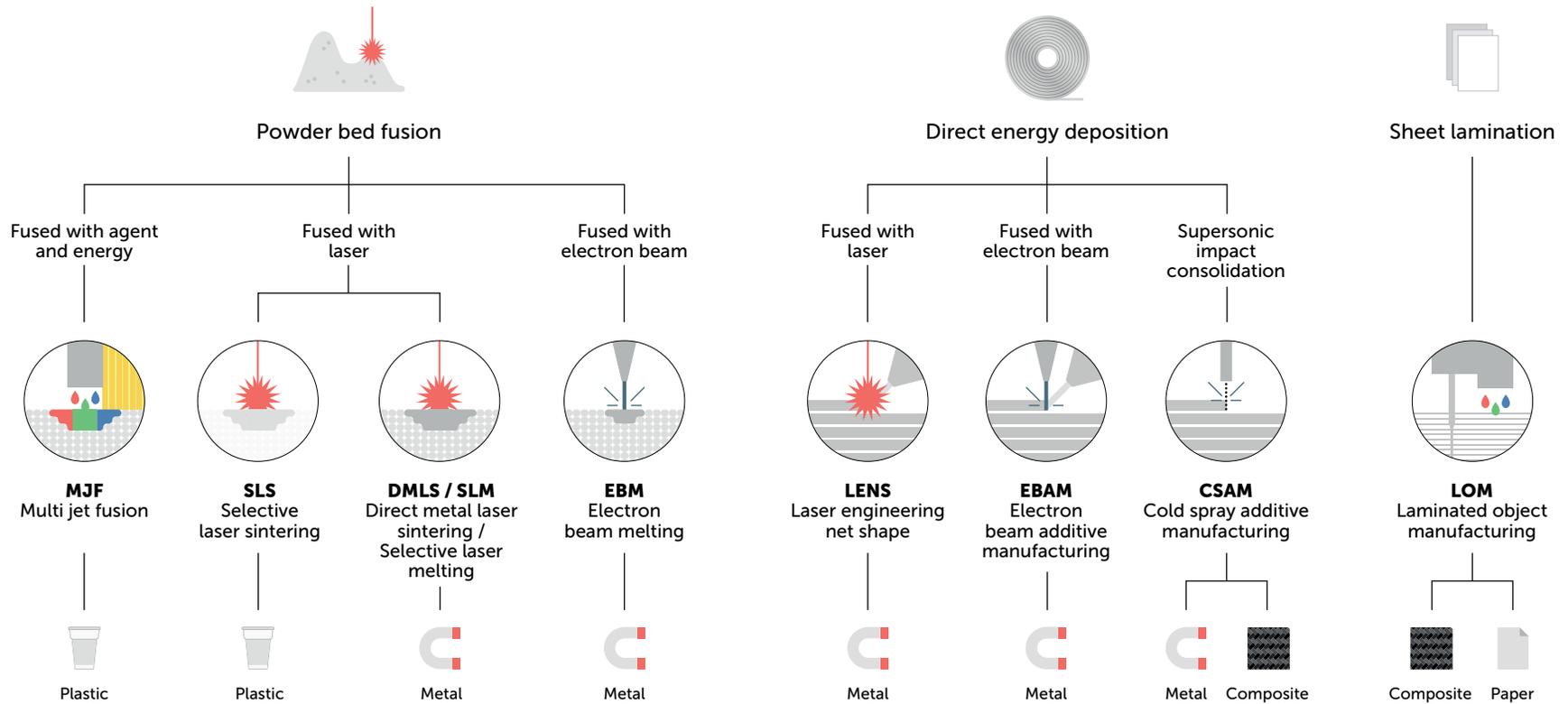
➤ **Sous différentes formes**
(poudres, granulés, filaments, feuilles, etc.)

➤ **Avec des performances variant d'un procédé à l'autre**

➤ **Rendus à des niveaux de maturité technologique divers**

Source ; 3D Hubs. Additive Manufacturing Poster.

PANORAMA DES PROCÉDÉS ET TECHNOLOGIES (SUITE)

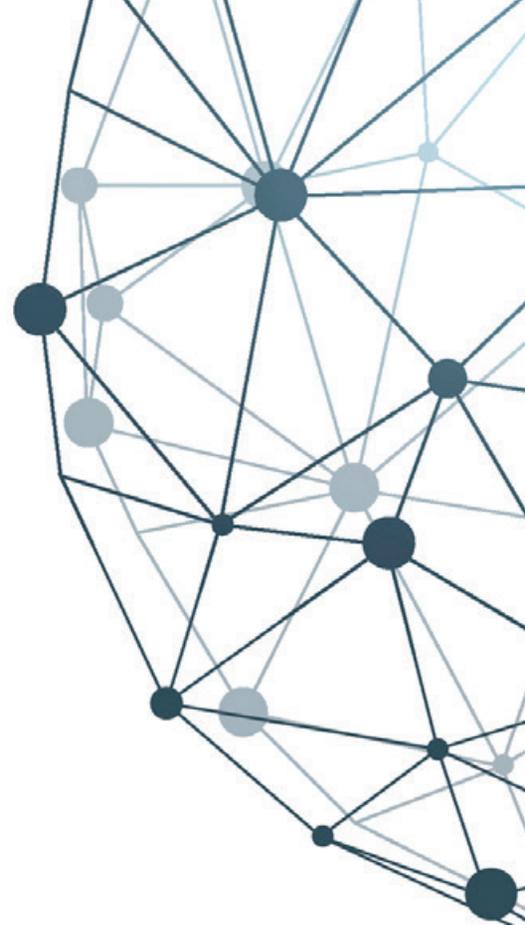
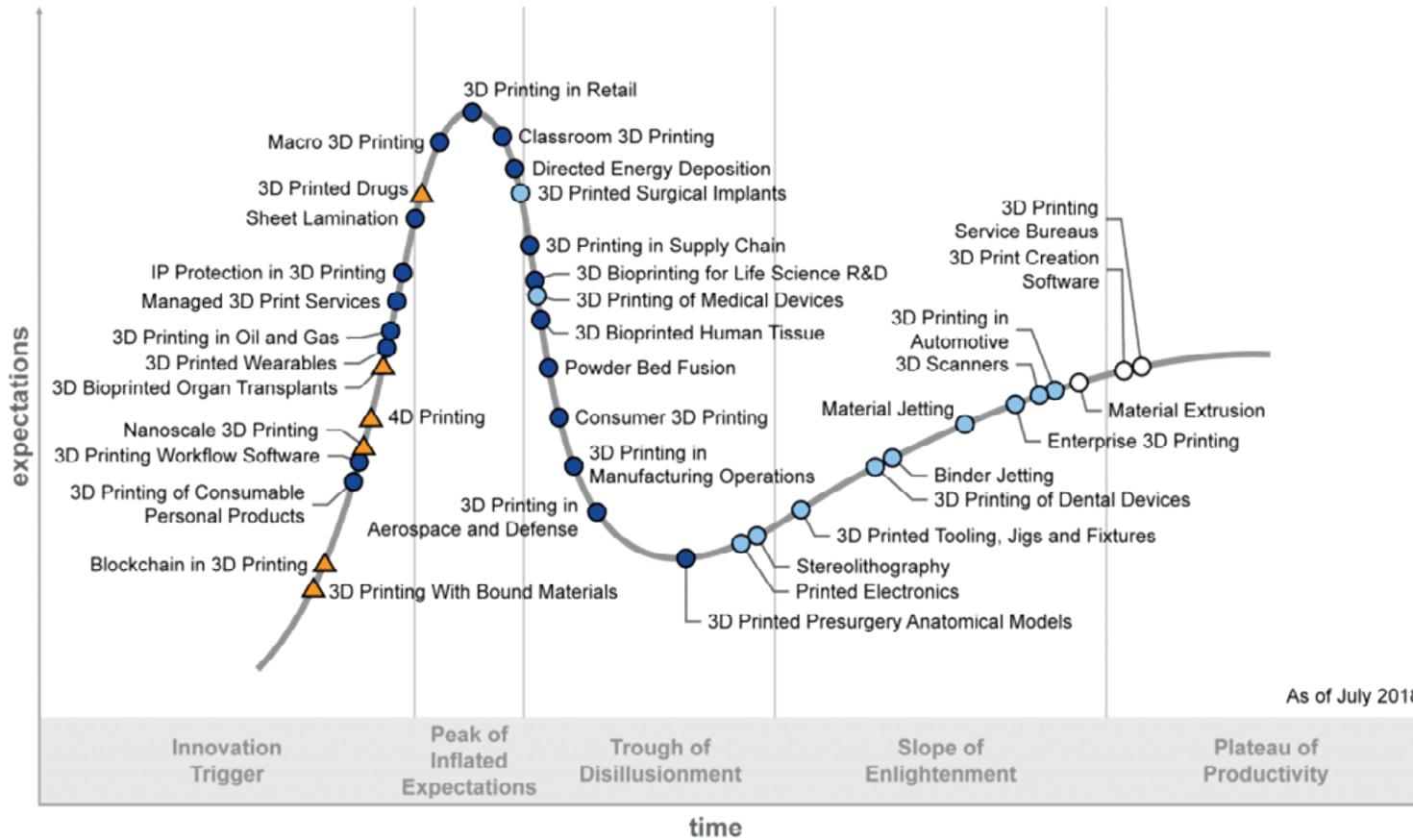


Source ; 3D Hubs. Additive Manufacturing Poster.

4. BESOINS VARIANT SELON LES SECTEURS CLÉS

	Aérospatiale	Énergie	Équipements et outillages industriels	Matériel de transport terrestre	Santé
Matériaux ciblés	<ul style="list-style-type: none"> • Métal et polymères. 	<ul style="list-style-type: none"> • Poudres métalliques. 	<ul style="list-style-type: none"> • Polymères et métalliques. 	<ul style="list-style-type: none"> • Polymères, pour la fabrication d'outils seulement; métaux pour les autres applications. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alliage de matériaux multiples (polymères, composites, métalliques, céramiques).
Applications industrielles et procédés privilégiés	<ul style="list-style-type: none"> • Outillage, pièces de banc d'essai, pièces moteur en prototypage rapide, pièces de production et peu de réparation (car caractérisation se fait à la pièce ce qui exige solide business case). 	<ul style="list-style-type: none"> • Réparer les cavités au moyen de soudures; • MRO; • Projection thermique. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pièces incorporant des canaux de refroidissement. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pièces de rechange, surtout en raison de la longévité des trains en service et des importants inventaires de pièces requises; • MRO. 	<ul style="list-style-type: none"> • Orthèses/prothèses.
Principaux impacts recherchés (réduction du poids de pièces, personnalisation, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> • Géométrie complexe (pièces de banc d'essai ou mécaniques non reliées au moteur); • Rapidité de production (pièces de banc d'essai ou mécaniques non reliées au moteur); • Réduction de lead time sans réduction de coûts (pièces moteur en prototypage rapide); • Réduction de coûts pour les pièces au design simple et de taille moyenne. La FA n'est pas assez concurrentielle vs fabrication traditionnelle. 	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilité de coller sur le métal; • Réduire les coût de resurfaçage; • Possibilité de produire des pièces de rechange et faire des réparations en régions éloignées. 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction de la chaleur pour la 4^e génération de robots; • Possibilité de fabriquer à moindre coût; • Assurer des délais plus rapides; • Produire en longue série; • Production en FA de plus grandes pièces à coûts moindre est désirée; • Niveau de qualité standardisé. 	<ul style="list-style-type: none"> • Production de pièces de rechange et réparations grâce à la FA permettraient de dégager une marge bénéficiaire; • Les inventaires de pièces de rechange pourraient être réduits de 40 % et le poids des composants baisser de façon drastique. 	<ul style="list-style-type: none"> • Personnalisation grâce à un savant mélange de matériaux et de design; • Structures de géométrie plus précises et complexes; • Légèreté, flexibilité des matériaux et produits finis; • Capacité de permettre au corps de respirer; • Baisse de coûts de fabrication pas priorisée a priori.
Segments importants de la chaîne de valeur de la FA	<ul style="list-style-type: none"> • Certification des matériaux des pièces de production requiert 2 ans et 2 M\$, fait à l'interne); • Une base de données de cas le design de pièces; • Enjeu de capacités et de compétences de la chaîne d'approvisionnement : Seules 5 entreprises se partagent le marché du métal (toutes de tailles très petites à l'exception d'une de taille moyenne fortement capitalisée à risque). 	<ul style="list-style-type: none"> • Efficacité énergétique. 	<ul style="list-style-type: none"> • Enjeu de capacité et de structurer une chaîne d'approvisionnement (offre en FA); • « Défi d'exécution, de livraison de tonnes de composantes par année à un niveau de qualité standardisé »; • Plus grande qualité de finition de surface et finesse de détails requises pour le médical (microfluidique, laboratoire sur puce). 	<ul style="list-style-type: none"> • L'accès aux matériaux dont les propriétés mécaniques sont connues et certifiées est essentiel. 	<ul style="list-style-type: none"> • Le champ de recherche et d'expertises recherchées est vaste : biomécanique, biotechnique, biomédical, FA, etc.
Autres considérations	<ul style="list-style-type: none"> • Un des grands challenges structurels de cette industrie est de parvenir à évaluer le coût réel d'une pièce (versus le factory standard cost) surtout pour les pièces de production, sur les moteurs commerciaux. 		<ul style="list-style-type: none"> • Défi relatif à la capacité externe de satisfaction des clients : « défi d'exécution, de livraison de tonnes de composantes par année à un niveau de qualité standardisé ». 	<ul style="list-style-type: none"> • Chiffrer le vrai changement, le prix du processus complet, pas nécessairement le prix de la pièce; • Modèles de coûts des pièces existent, mais pas de coûts du processus. 	

5. LE DEGRÉ DE MATURITÉ DE LA TECHNOLOGIE



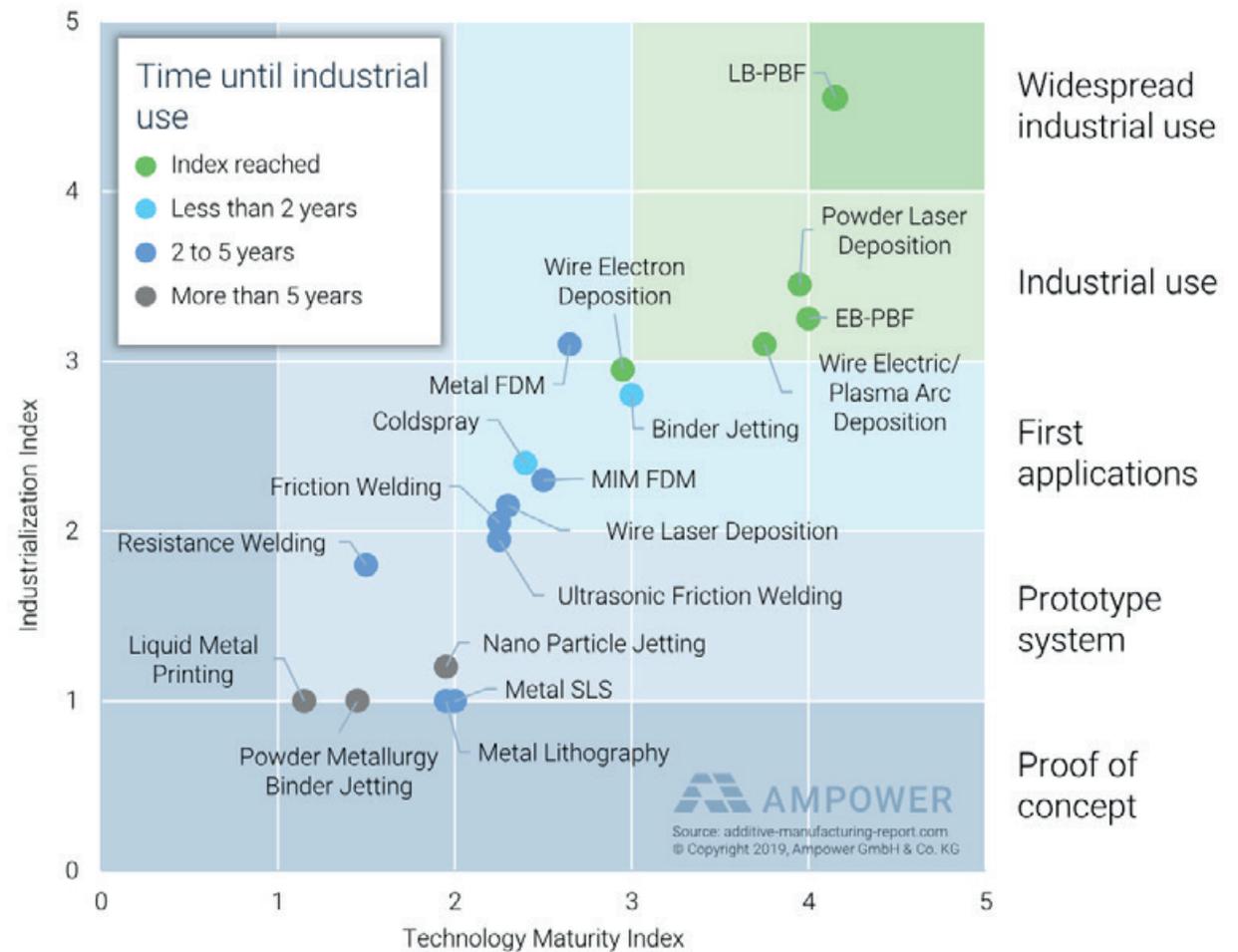
Plateau will be reached:
 ○ less than 2 years ● 2 to 5 years ● 5 to 10 years ▲ more than 10 years ✗ obsolete before plateau

Source : Gartner 2019.



AM Maturity Index 2019

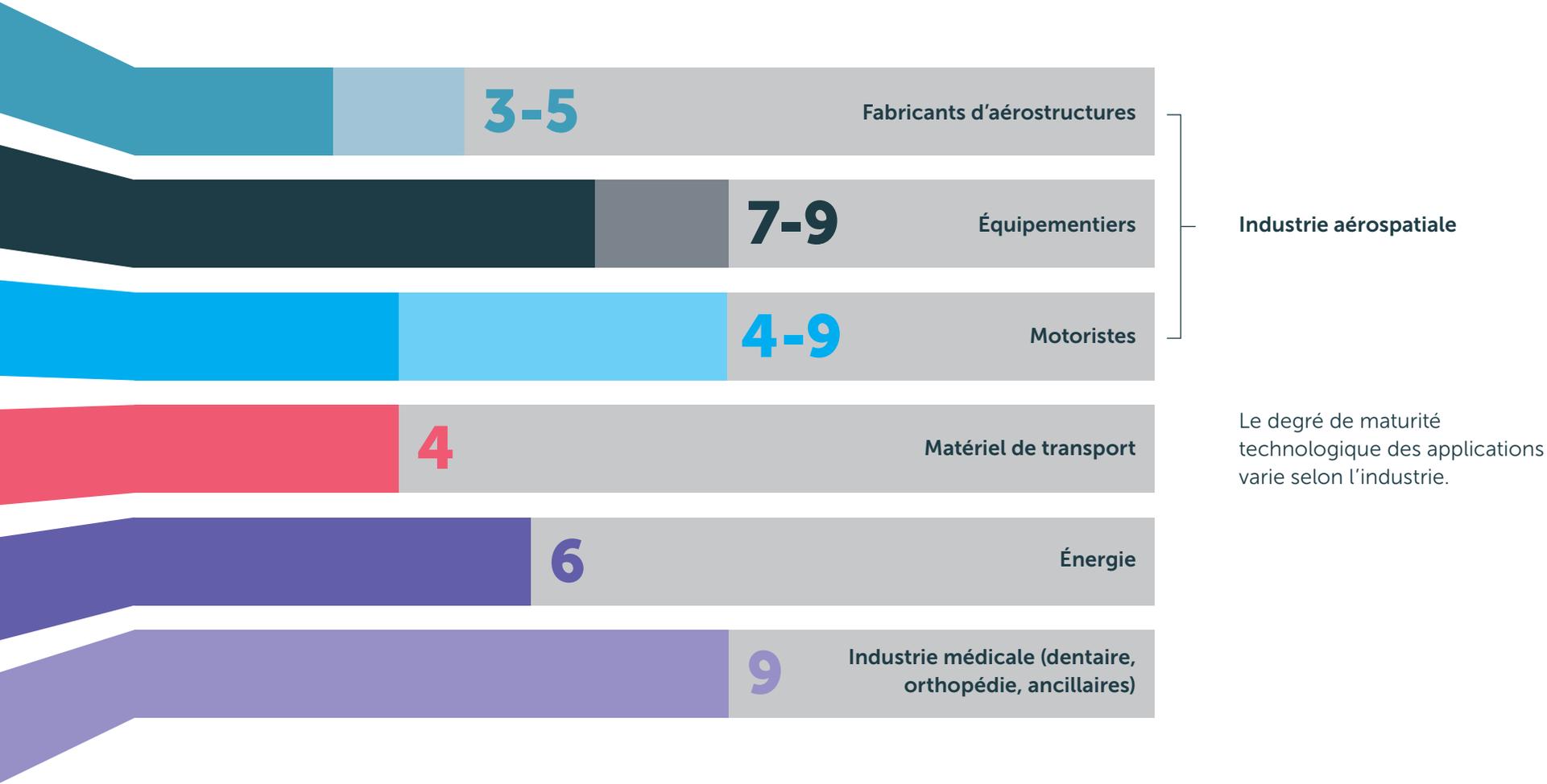
Certains procédés de la FA donnent lieu à des applications concrètes et commerciales, notamment en sciences de la vie. D'autres progressent rapidement, tels que le « cold spray » et le « binder jetting ».



Source : AM Power. Metal Additive Manufacturing Report 2019.

6. ESTIMATION DU NIVEAU DE MATURITÉ ATTEINT

1 = faible 10 = fort



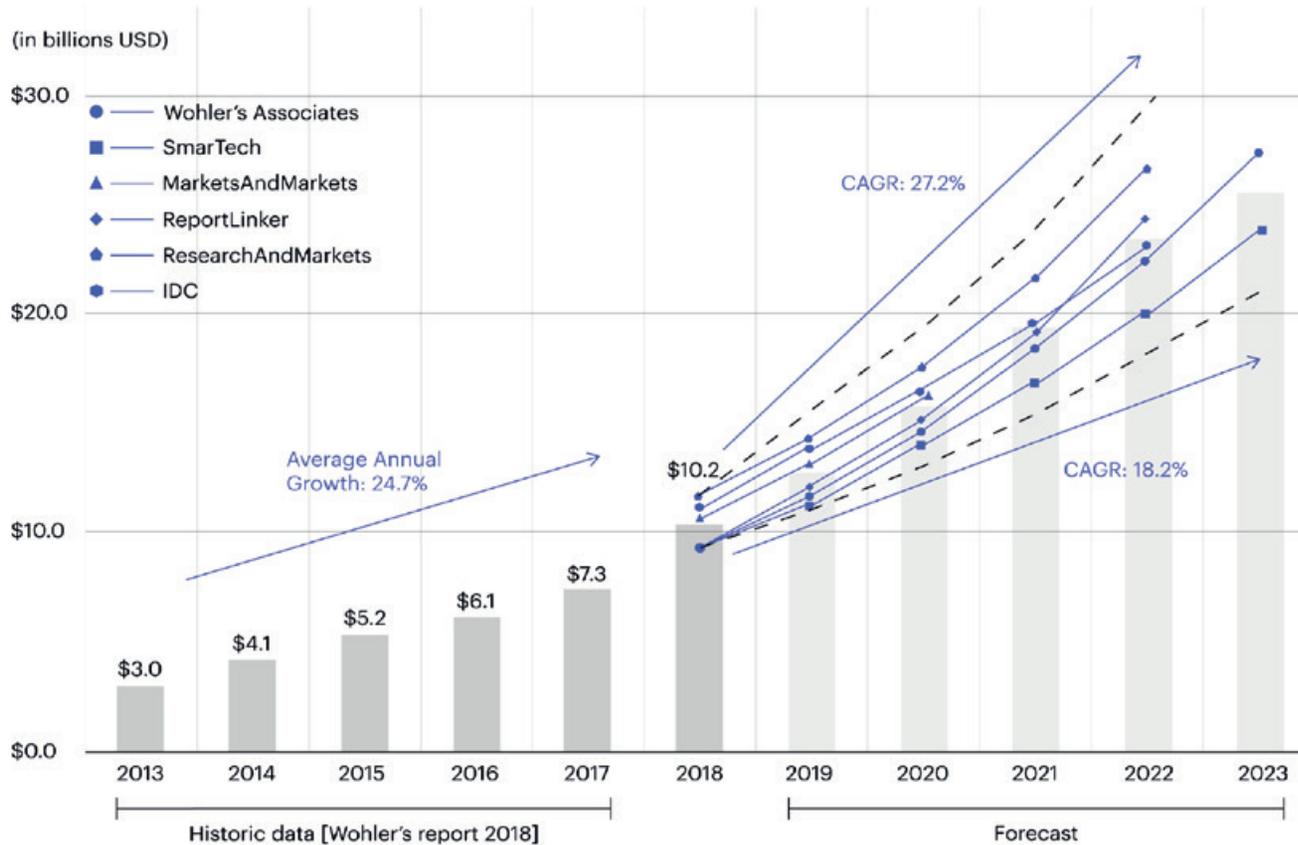
Source : France. PIPAME. Prospective. Futur de la fabrication additive. Focus sur les alliages métalliques hors aluminium, 2017, pp. 36.

2

Les perspectives de marché

1. UN MARCHÉ EN FORTE EXPANSION

3D Printing Market Size & Forecast



Un marché qui croît à plus de 27 % par an

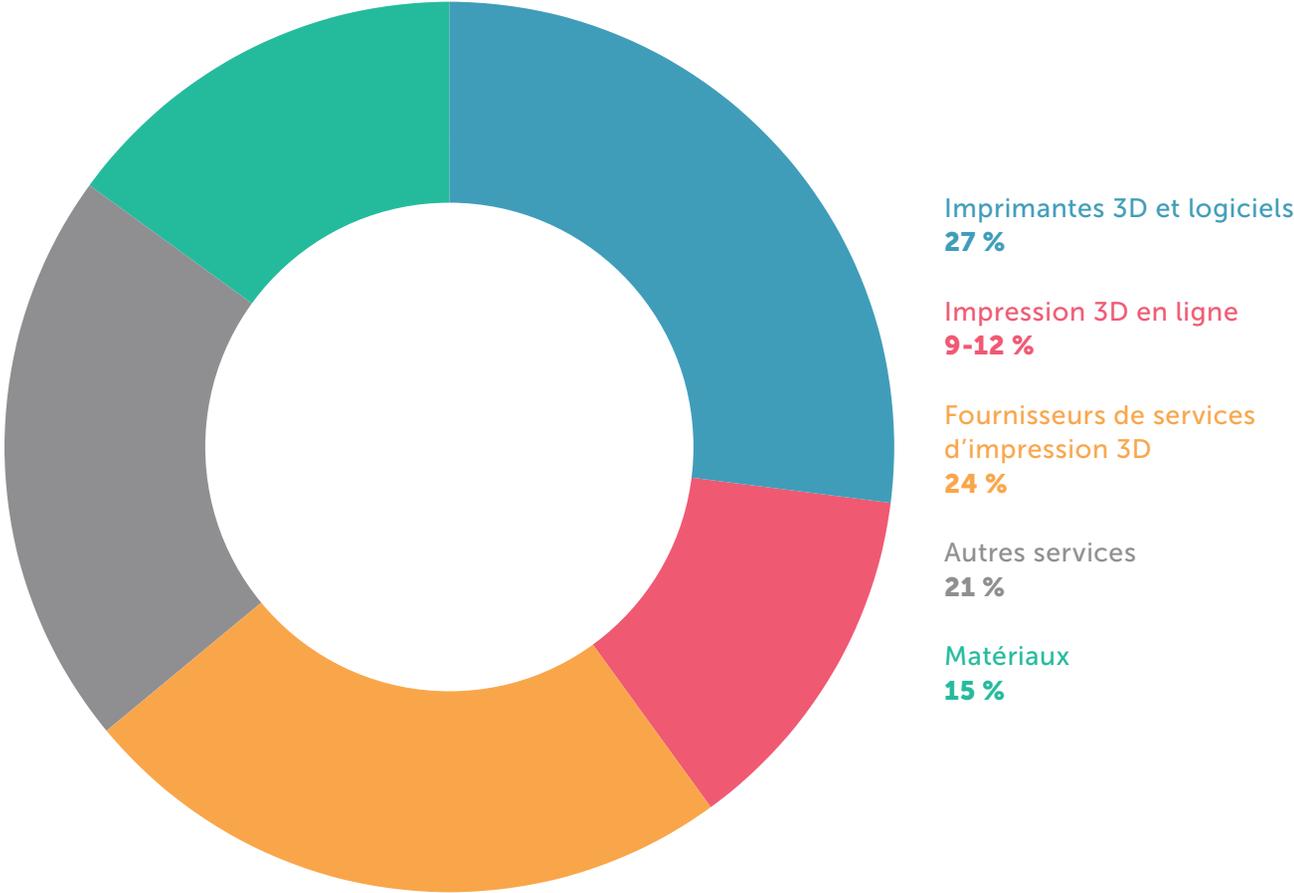
De 2010 à 2019, le marché mondial est passé de 1 G\$ US à **9,98 G\$ US**.

Wohlers et al. (2019) prévoit que ce chiffre pourrait être multiplié par 3,6 pour atteindre **35,6 G\$ US en 2024**.

Source : 3D Hubs, 3D Printing Trends Q1 2019.

2. LES SEGMENTS DE MARCHÉ DE L'INDUSTRIE DE LA FA

Répartition
des segments
de marché de la
fabrication additive



Source : 3D Hubs, 3D Printing Trends Q1 2019.

3. LES SECTEURS D'APPLICATIONS INDUSTRIELLES

4 industries comptent pour plus de 70 % du marché

- Véhicules à moteur **20 %**
- Manufacturier **20 %**
- Aérospatiale **18 %**
- Produits de consommation **14 %**



- Médical dentaire **11 %**
- Universités **5 %**
- Militaire **5 %**
- Architecture **3 %**
- Autres **5 %**

Source : Wohlers Report 2019. 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry, p. 25.

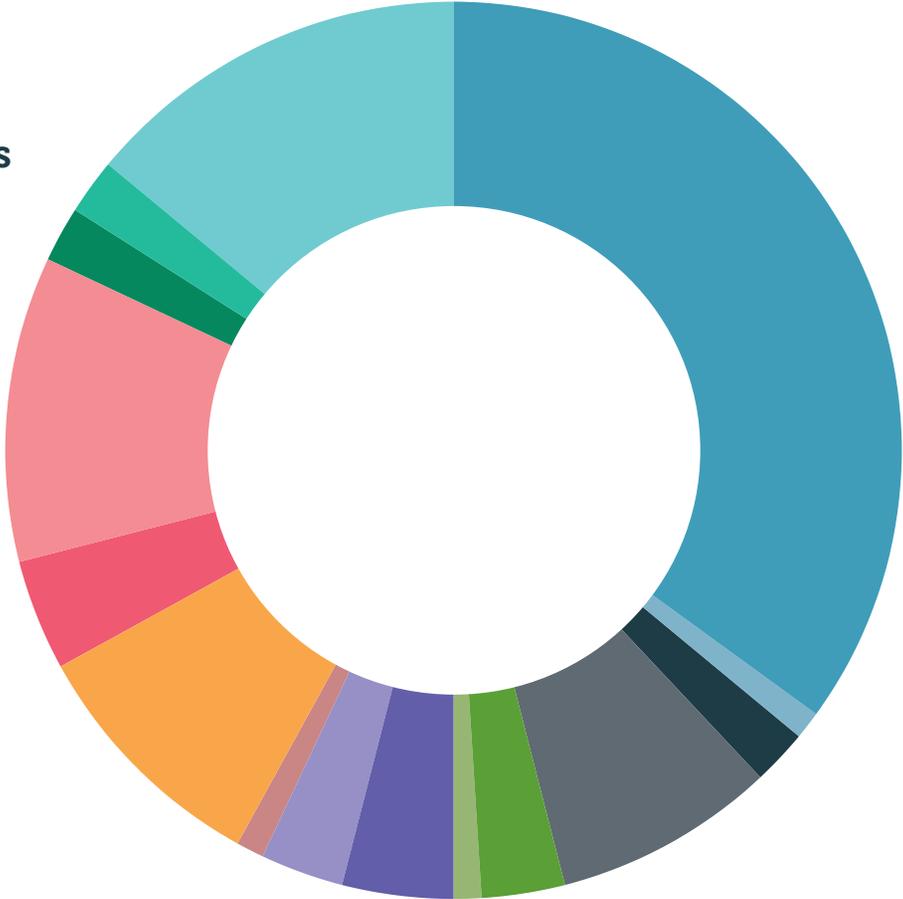
4. LE POTENTIEL DES MARCHÉS INTERNATIONAUX

Ventes mondiales de systèmes industriels de FA par pays

Le marché de la FA se partage équitablement entre les trois grandes zones économiques mondiales : 37 % pour l'Amérique du Nord, 28 % pour l'Europe et 30 % pour l'Asie-Pacifique

Les États-Unis sont le principal marché pour la fabrication additive et représentent 35 % du marché global.

Le Canada n'occupe encore qu'une place mineure dans le marché.



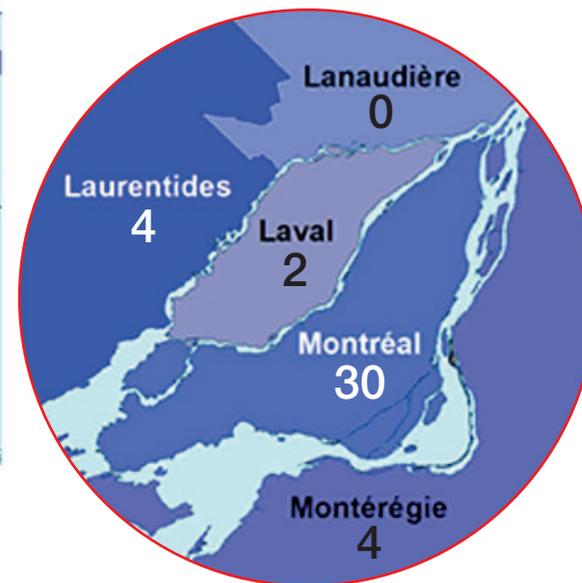
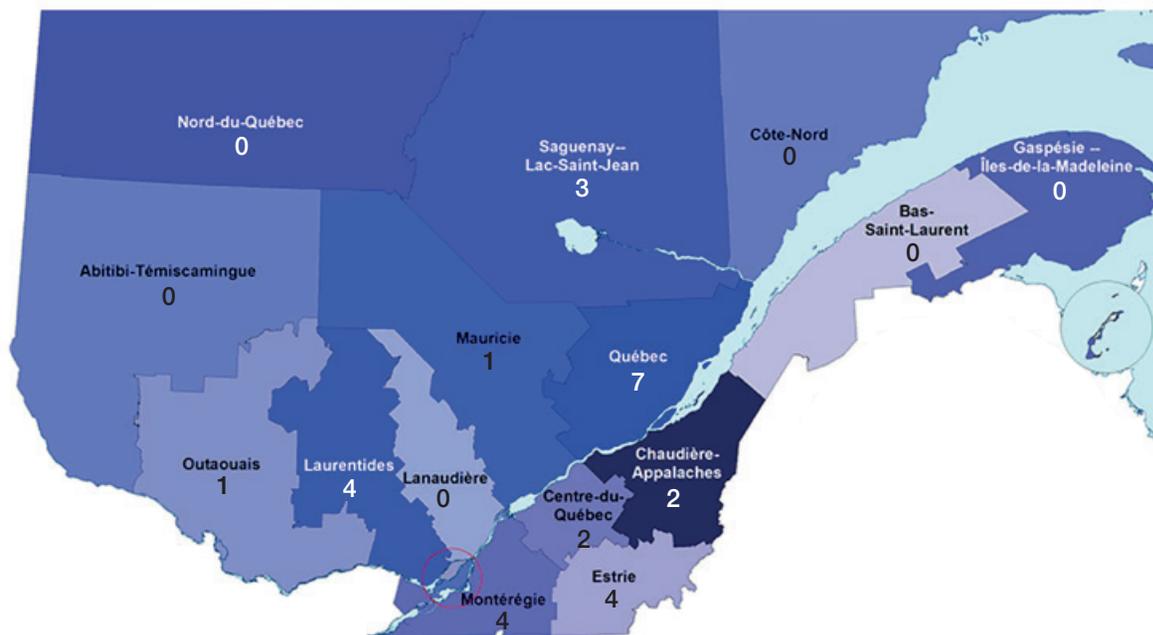
- 35 % US
- 1 % Turquie
- 2 % Canada
- 8 % Allemagne
- 3 % France
- 1 % Suède
- 4 % Royaume-Uni
- 3 % Italie
- 1 % Espagne
- 9 % Japon
- 4 % Corée
- 11 % Chine
- 2 % Taiwan
- 2 % Russie
- 14 % Autres

Source : Wohlers Report 2019. 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry, p. 34.

3

L'écosystème de la FA au Québec

1. UNE OFFRE EN PLEIN ESSOR



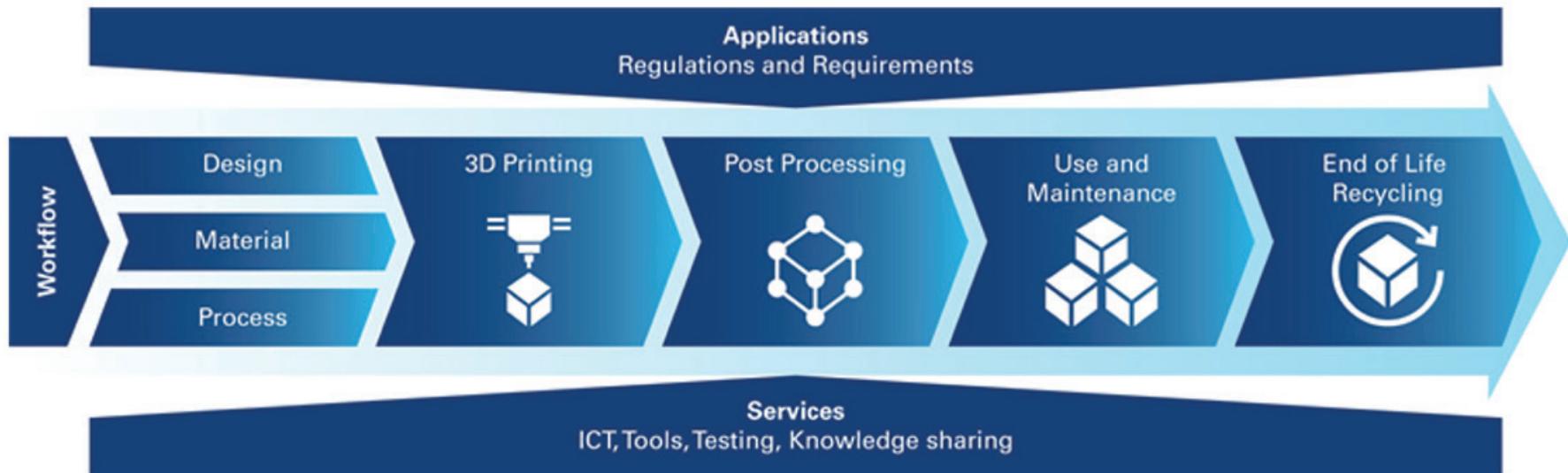
- **Plus d'une soixantaine d'entreprises** produisent commercialement des matériaux, équipements, logiciels ou services liés aux divers segments de la chaîne de valeur de la FA au Québec*.
- **75 % des firmes ont moins de 100 employés.** Plus de la moitié ont moins de 5 ans d'existence et 21 % plus de 20 ans.

- **Plus de 80 % des entreprises de l'offre en FA sont situées dans 5 régions :** Montréal, Québec, Montérégie, Laurentides et Estrie.
- **Leurs projets de R-D** ciblent surtout des applications pour l'aérospatiale, l'équipement et l'outillage industriels, la santé, le matériel de transport terrestre et les produits de consommation.

* Ce sont des firmes pour lesquelles la FA représentent une large part de leurs activités. Sont exclus de ce nombre une vingtaine de fabricants et de distributeurs vendant uniquement des équipements ou logiciels étrangers.

Source : ISDE, PRIMA Québec et Systèmes P4BUS. Base de données sur la FA (16 août 2019) et Sondage sur la R-D, mené auprès de l'offre québécoise en FA et de la communauté de la R-D, du 5 août au 6 septembre 2019. Taux de réponse respectivement de 46 % et de 44 %.

3D Printing Value Chain



➤ **Matériaux** : 2 des plus grands fabricants mondiaux de poudres métalliques pour la FA sont actifs au Québec : AP&C, Tekna.

➤ **Conception et prototypage** : Plus de 60 % des firmes au Québec offrent ce type de services, dont Axis Prototype, Solaxis, Altair.

➤ **Optimisation de procédés** : 50 % des firmes offrent ce service.

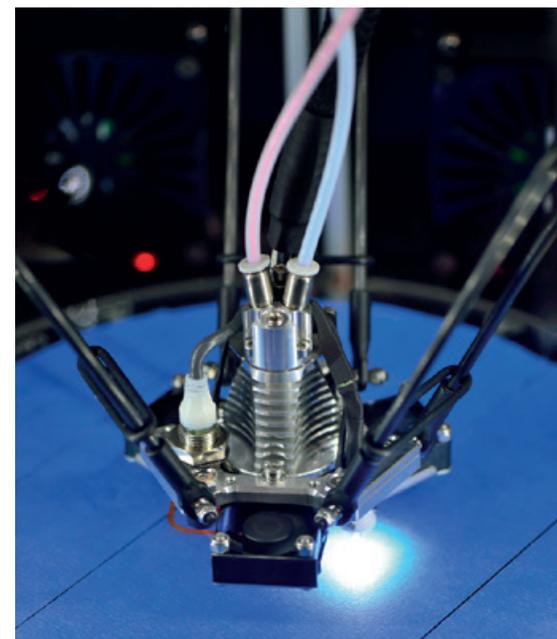
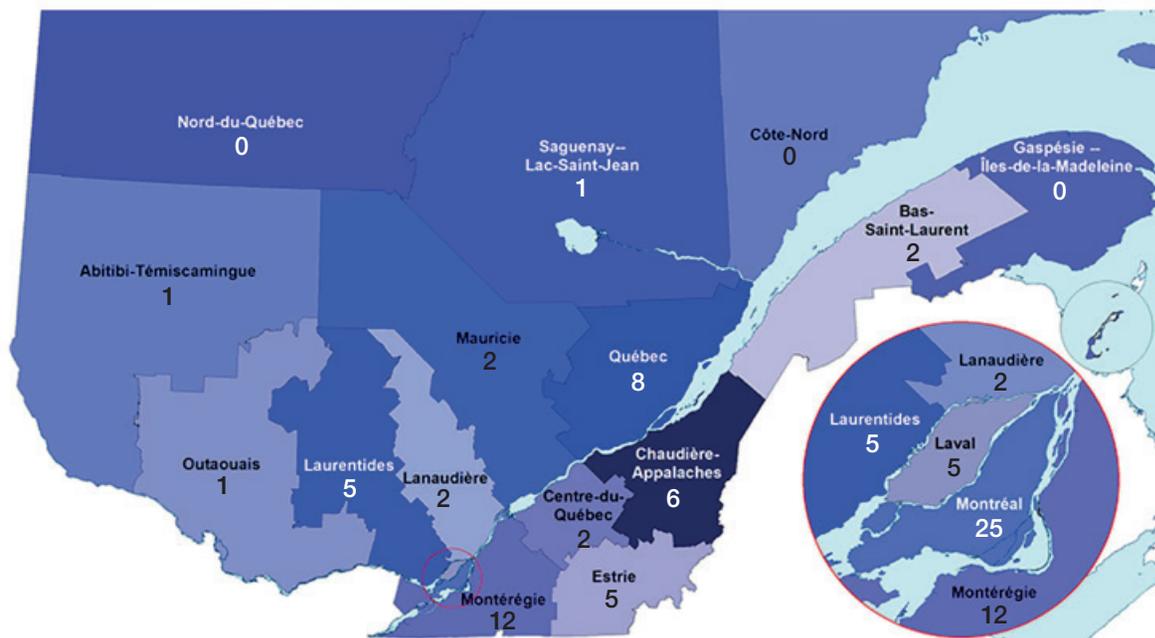
➤ **Services d'impression** : Plus du quart des firmes offrent ces services.

➤ **Imprimantes 3D et pièces** : Peu d'entreprises québécoises présentes dans ce segment de la chaîne de valeur dominé par les importations, hormis AON 3D, Dyze Design, Nanogrande, Industries Sautech.

➤ **Offre intégrée** : Quelques firmes étrangères offrent ce service au Québec, telles que FusiA, Siemens et Poly-Shape.

Source : <https://www.berenschot.nl/IntranetApi/Api/Blog/5b30af42f32cb717f03ee6bc/File/3D%20Printing%20from%20Lab%20to%20Fab.pdf>

2. UNE DEMANDE QUI EXPLORÉ ACTIVEMENT



➤ **Plus de 80 entreprises de secteurs clés du Québec** ont fait l'apprentissage de la FA depuis 2015 dans le cadre de projets pilote ou de recherche, menés en collaboration avec la communauté de la R-D et/ou avec des entreprises de l'offre.

➤ **On les retrouve surtout dans les industries suivantes** : l'aérospatiale, la fabrication de produits métalliques, l'équipement et l'outillage industriels, les fournitures et le matériel médical et dentaire, le matériel de transport terrestre, les services professionnels, scientifiques et techniques.

➤ **85 % d'entre elles sont situées dans 7 régions** : Montréal, Monrégie, Québec, Chaudière-Appalaches, Estrie, Laval et Laurentides.

Source : ISDE, PRIMA Québec et Systèmes P4BUS. Base de données sur la FA (16 août 2019).

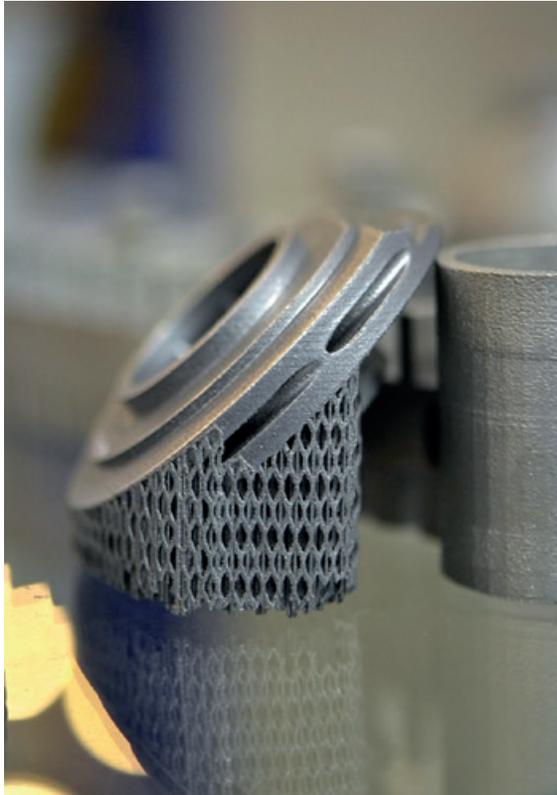
3. UNE COMMUNAUTÉ DE LA R-D ENGAGÉE



- **Au moins 44 organisations** appuient la FA au niveau de la R-D, de l'adoption technologique et du développement de compétences.
- **La communauté de la R-D collabore surtout avec les petites entreprises (31 %), suivies de près par des moyennes (29 %) et de grandes entreprises (26 %).** Les entreprises de moins de 10 employés (TPE) représentent 14 % des projets.
- **Près de 90 % de la communauté de la R-D est située à Montréal, Québec ou en Montérégie.**

Sources : ISDE, PRIMA Québec et Systèmes P4BUS. Base de données sur la FA (16 août 2019) et sondage sur la R-D, mené auprès de l'offre québécoise en FA et de la communauté de la R-D, du 5 août au 6 septembre 2019. Taux de réponse respectivement de 46 % et 44 %.

4. LES ATOUTS DU QUÉBEC



- 1** Présence au Québec de 2 des plus grands fabricants mondiaux de **poudres métalliques en FA**
- 2** **Énergie renouvelable disponible en grande quantité et à prix concurrentiels**
- 3** Présence d'**un noyau d'entreprises spécialisées** en conception et prototypage, optimisation de procédés et services d'impression
- 4** **Plusieurs grandes entreprises des secteurs clés du Québec sont engagées dans la voie de la R-D et de l'appropriation de la FA** : Bombardier, Pratt & Whitney, Kinova, CAMSO, Médicus, etc.
- 5** **Expertises académiques et gouvernementales reconnues** en recherche sur les matériaux et en intelligence artificielle
- 6** **Collaboration efficace entre l'industrie, le milieu académique et les centres de recherche gouvernementaux** pour favoriser des percées en R-D : CRNC, CRSNG, RSRI, CCTT, CRIQ, Mitacs
- 7** **Disponibilité de certaines aides gouvernementales** (fédérales et provinciales) pour la R-D et pour l'acquisition d'équipements de fabrication de pointe
- 8** Pouvoir d'attraction de la **main-d'œuvre étrangère**

*« Au Québec, on a tout les atouts.
Il s'agit de faire levier. »*

4

Les défis pour le Québec

1. LES CINQ GRANDS DÉFIS DE LA R-D

« Il est nécessaire d'arrimer la stratégie aux besoins émergents les plus importants. Il est vain d'investir dans la recherche s'il n'y a pas d'applications. »



« Il faut renforcer tous les drivers qui mènent au développement d'applications utilisant la FA (développement de nouveaux logiciels, IA, etc.). »

1

Matériaux et procédés

Développer de nouveaux matériaux/procédés durables innovants et des matériaux avancés offrant une qualité et une fiabilité à un prix abordable.

« Il est primordial de ne pas se limiter aux senseurs actuels : la nouvelle génération de capteurs optiques offre des synergies extraordinaires non explorées. »

2

Conception et prototypage

Élaborer des procédés de fabrication plus rapides, plus écologiques et plus économiques, ainsi que la conception, la modélisation et les simulations avancées.

Il est donc nécessaire d'assigner des budgets spéciaux au développement de preuves de concept, c'est-à-dire d'investir pour économiser plus tard. Mais « de nos jours, tous les joueurs dans la chaîne d'approvisionnement sont plus serrés qu'il y a 20 ans pour investir en R&D ».

3

Certification, qualité et normalisation

Il existe différentes techniques, dont certaines sont plus avancées que d'autres. L'utilisation du DED (Dépôt Énergétique Direct), ouvrirait le vaste marché de la MRO à la FA.

« L'accès aux matériaux dont les propriétés mécaniques sont connues et certifiées est essentiel. »

4

Propriété intellectuelle

Les accords de PI sont difficiles avec les universités.

Les modèles de transfert de technologie sont obsolètes.

La PI demeure un frein pour la collaboration entre entreprises qui veulent maintenir leur avantage compétitif.

5

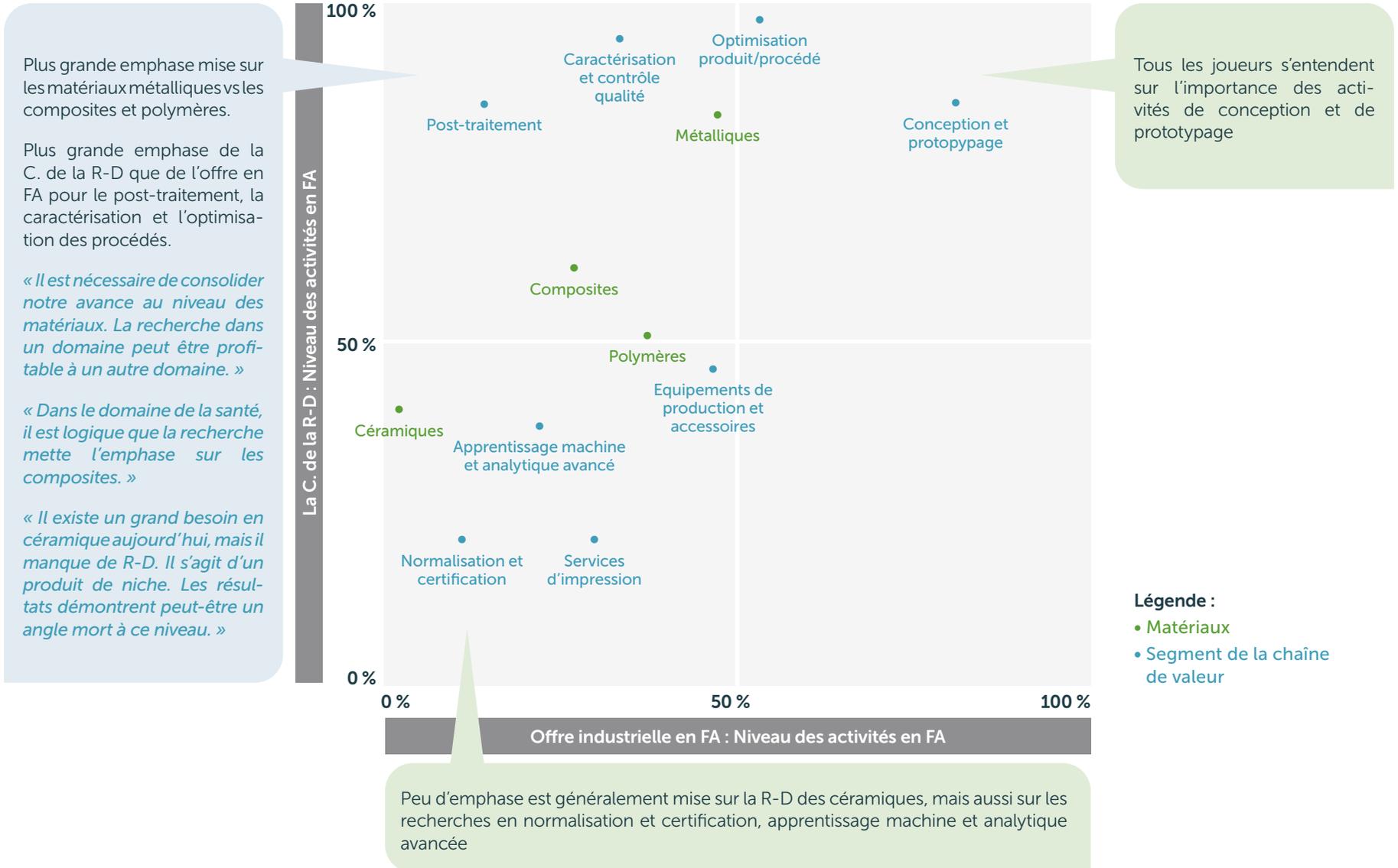
Apprentissage machine, analytique avancée

« Un des grands défis structurels de cette industrie est de parvenir à évaluer le coût réel d'une pièce (versus le factory standard cost). À l'heure actuelle, il n'existe aucun moyen de le calculer. »

« Il y a très peu de liens avec les avancées en intelligence artificielle au Québec et ces compétences ne sont pas dans les PME. »

Dans le domaine des orthèses/prothèses, par exemple, les forces appliquées sont encore mal connues et le champ de recherche est très vaste (incluant la biomécanique, la biotechnique, le biomédical).

2. ÉCARTS ENTRE LES SPÉCIALISATIONS DE L'OFFRE INDUSTRIELLE ET DE LA COMMUNAUTÉ DE LA R-D



3. LES CINQ GRANDS DÉFIS DE L'ADOPTION



« La présentation des obstacles techniques est assez juste, mais il existe également des obstacles culturels. L'industrie québécoise est peu flexible à l'évolution de certaines façons de travailler, notamment dans le design. »

1

**Matériaux/
Procédés**

Le manque de maturité des matériaux/procédés existants (caractérisation et contrôle de la qualité).

Le nombre limité de matériaux/alliages disponibles.

2

Volume

Les limitations liées au volume des pièces produites.

Les coûts actuels étant une limitation à la production de grande série ou de pièces, même au design relativement simple, mais de taille moyenne ou grosse.

3

**Accès aux
équipements**

Le coût élevé et/ou le risque d'obsolescence rapide des équipements.

L'infrastructure de soutien à l'adoption est surtout concentrée dans quelques régions du Québec alors que les besoins sont partout sur le territoire québécois.

4

Qualité

Les opérations de contrôle qualité post-production sont longues et dispendieuses.

5

**Complexité et
appropriation dans
le monde du travail**

La vitesse de fabrication est trop lente, la gestion des paramètres trop complexe.

Nécessité de nouvelles connaissances spécialisées dans un contexte de rareté de la main-d'œuvre hautement qualifiée.

4. LES CINQ GRANDS DÉFIS DES COMPÉTENCES



« Il faudrait partir des opportunités de formation actuelles, aux niveaux secondaire, collégial et universitaire, et faire une codification plus commune pour le Québec. »

1

Référentiel de compétences

Manque de base de données des compétences.

Manque de financement pour élaborer des contenus de cours.

2

Cursus académique

Pas de programme québécois en FA, collaboratif entre universités.

La formation appliquée mérite une attention particulière en vue de répondre aux potentialités de la FA.

Problème de budgets pour rédiger des contenus de haute qualité et pour déployer les formations à distance.

Il manque parfois une adéquation géographique entre certaines formations offertes et les besoins réels de l'industrie.

3

Certification

Il existe un besoin réel de main-d'œuvre spécialisée en FA, apte à appuyer l'essor de l'industrie québécoise.

Des efforts pour offrir des programmes structurés entièrement dédiés à la FA commencent à voir le jour au Québec pour les futurs techniciens en génie. D'autres initiatives sont à encourager aussi au niveau des ingénieurs et designers.

Nécessité d'enseignement hybride, formules travail-études, écoles d'été.

4

Perfectionnement professionnel

Nécessité de suivre le rythme d'intégration des technologies de rupture nécessitant des investissements importants et de nouvelles connaissances spécialisées.

5

Sensibilisation

La mutualisation des connaissances dans un marché émergent et encore fragmenté fait défaut.

5. DES CONCURRENTS ÉTRANGERS DÉJÀ TRÈS MOBILISÉS – MEILLEURES PRATIQUES EN VIGUEUR



R-D et commercialisation

Programmes stratégiques de R-D collaborative.

Plateformes de recherche ou à vocation technologique.

Centres de R-D entièrement dédiés à la FA.

Réseaux de centres de R-D entièrement dédiés à la FA.

Bacs à sable pour projets de R-D et réglementation adaptative.

Communautés de pratique en normalisation et certification.

Incubateurs et accélérateurs.



Adoption technologique

Programmes encourageant l'adoption. Les études de faisabilité, les démonstrations.

Centres d'adoption et vitrines technologiques.

Cercles ou communautés d'utilisateurs.

Accompagnement de cohortes d'entreprises.

Programmes pour études de cas en conception/design d'applications industrielles, implantation en entreprise et d'organisation du travail/des tâches, impact sur la chaîne d'approvisionnement ou le modèle d'affaires.

Mesures pour financer l'acquisition d'équipements, logiciels et services.



Développement des compétences

Plateforme de mutualisation de ressources et d'expertises reliées aux compétences.

Cartographie de compétences et de cours.

Référentiel national de compétences.

Lignes directrices pour curriculum relié.

Labellisation/certification de formations.

Formation en milieu de travail ou en institutions académiques.



L'écosystème dans son ensemble

Stratégies, feuilles de route.

Cartographie des acteurs et compétences.

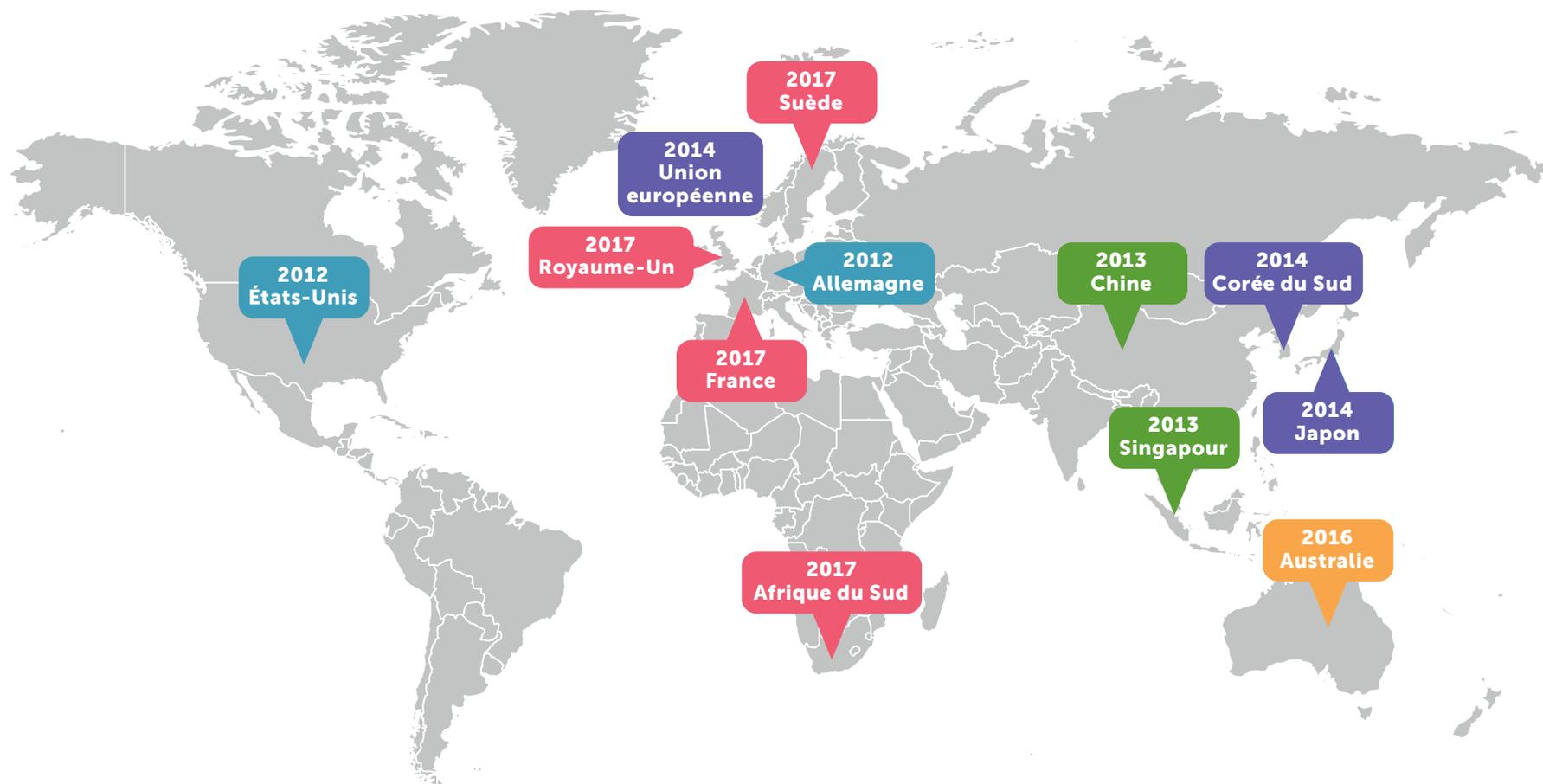
Réseaux, communautés de pratique et plateformes de mutualisation.

Organisations couvrant tous les volets de la FA, de la R-D à l'adoption, des compétences à la normalisation.

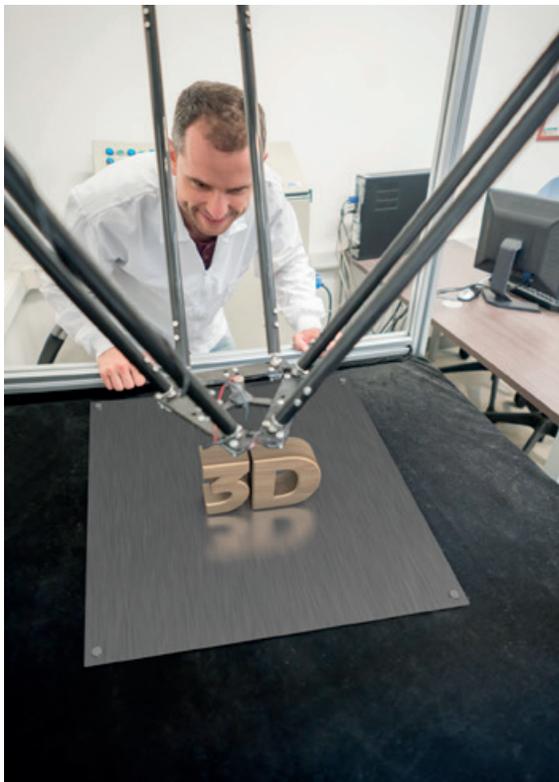
Monitoring : évolution de l'écosystème et de la FA, impact des stratégies et initiatives.

Quelques exemples de pays engagés en FA

Depuis 2012, les secteurs clés des pays industrialisés restructurent les fondations sur lesquelles repose leur capacité à innover (« *industrial commons* ») afin de demeurer compétitifs. La FA fait partie de leur stratégie.



6. LES DÉFIS – EN RÉSUMÉ



- 1** **Retard des secteurs clés à s'appropriier la FA**, ce qui explique que la presque totalité de la production des fabricants de poudres métalliques est exportée
- 2** **Peu d'investissements dans la production de poudres d'aluminium pour la FA**, malgré la présence au Québec de 2 des 8 plus grands producteurs d'aluminium primaire au monde : Rio Tinto et Alcoa
- 3** **Efforts de R-D requis** pour accélérer le développement de matériaux, procédés, équipements, services et applications commercialisables et exportables
- 4** **Capacité limitée de production de l'offre** en FA pour appuyer les secteurs clés
- 5** Le **financement** demeure un obstacle majeur au démarrage et à la croissance des entreprises de l'offre en FA
- 6** Besoin de **gestionnaires et de professionnels** formés aux potentialités de la FA
- 7** Répartition **géographique** inégale de certains services offerts à l'industrie en lien avec la FA

« La future stratégie du Québec doit tenir compte du fait que la province est une économie de succursales, et pallier le manque de siège social décideur. Sinon le Québec restera toujours un follower et non un leader. »

5

Vision et orientations stratégiques

1. VISION

Une vision ambitieuse

Positionner le Québec comme un des leaders mondiaux en FA grâce à une stratégie manufacturière innovante. Ceci sera réalisé en s'attaquant aux défis auxquels fait face la FA, qu'ils soient d'ordres commerciaux ou technologiques.

1

Soutenir la recherche et développement

Donner aux entreprises les moyens d'innover et les soutenir dans la protection de leur propriété intellectuelle.

2

Donner accès aux machines

Proposer une infrastructure de qualité et accessible pour expérimenter.

3

Encourager l'adoption

Rapprocher l'offre de la demande et augmenter la visibilité de la FA partout au Québec.

4

Soutenir le développement de compétences

Codifier, concevoir et offrir des programmes de formation pour une main d'oeuvre qualifiée pour le futur.

5

Créer un écosystème dynamique

Regrouper dans des lieux d'innovation les joueurs de l'écosystème afin de renforcer le partage de connaissances.

6

Mettre en place une vigie

Soutenir l'industrie avec un suivi du marché, des joueurs et des technologies.

2. GRANDES ORIENTATIONS STRATÉGIQUES

Recherche et développement	Niches sectorielles	Adopter une stratégie de niche avec des secteurs privilégiés : aéronautique, matériel de transport terrestre, équipement et outillage industriels, santé et énergie.
	Choix des matériaux	Donner une prépondérance aux matériaux métalliques, sans négliger pour autant les polymères, céramiques et composites.
	Optimisation	Améliorer l'optimisation des procédés, la caractérisation et le contrôle de la qualité.
	Équipements	Développer la capacité à innover de l'offre québécoise, notamment au niveau des équipementiers.
Adoption	Partage	Organiser le partage d'expérience (des guides et études de cas...).
	Accès	Faciliter l'accès à l'équipement et aux logiciels par des mesures financières et de mutualisation.
	Lieux	Créer des lieux pour tester et expérimenter les procédés ou réaliser des projets pilotes et obtenir un effet d'échelle.
Compétences	Référentiel	Développer une base commune sur les compétences à acquérir ainsi qu'une accréditation reconnue des formations.
	Formations	Développer un cursus de première formation, mais aussi de formation professionnelle.

3. SOMMAIRE DES DOMAINES D'APPLICATION À PRIVILÉGIER

Priorités fortes

Plus de 40 % des répondants (offre et C. de R-D) indiquent une priorité

Aérospatiale : Pièces de rechange et réparation

Aérospatiale : Conception, prototypage et moulage

Aérospatiale : Turbines et moteurs

Équipement et outillage industriels : Moulage

Matériel de transport terrestre : Conception, prototypage et moulage avancé

Santé : Implants médicaux et dentaires

Santé : Appareils d'assistance et prothèses

Santé : Guides, outils et modèles médicaux

Priorités moyennes

Entre 25 % et 40 % des répondants indiquent une priorité

Aérospatiale : Cabine et cockpit

Sécurité, défense, militaire

Énergie et environnement : Turbines

Énergie et environnement : Énergie renouvelable, équipement et pièces

Énergie et environnement : Pièces de rechange et réparation

Équipement et outillage industriel : Outillage et guides

Équipement et outillage industriel : Pièces de rechange et réparation

Équipement et outillage industriel : Matériaux de haute performance

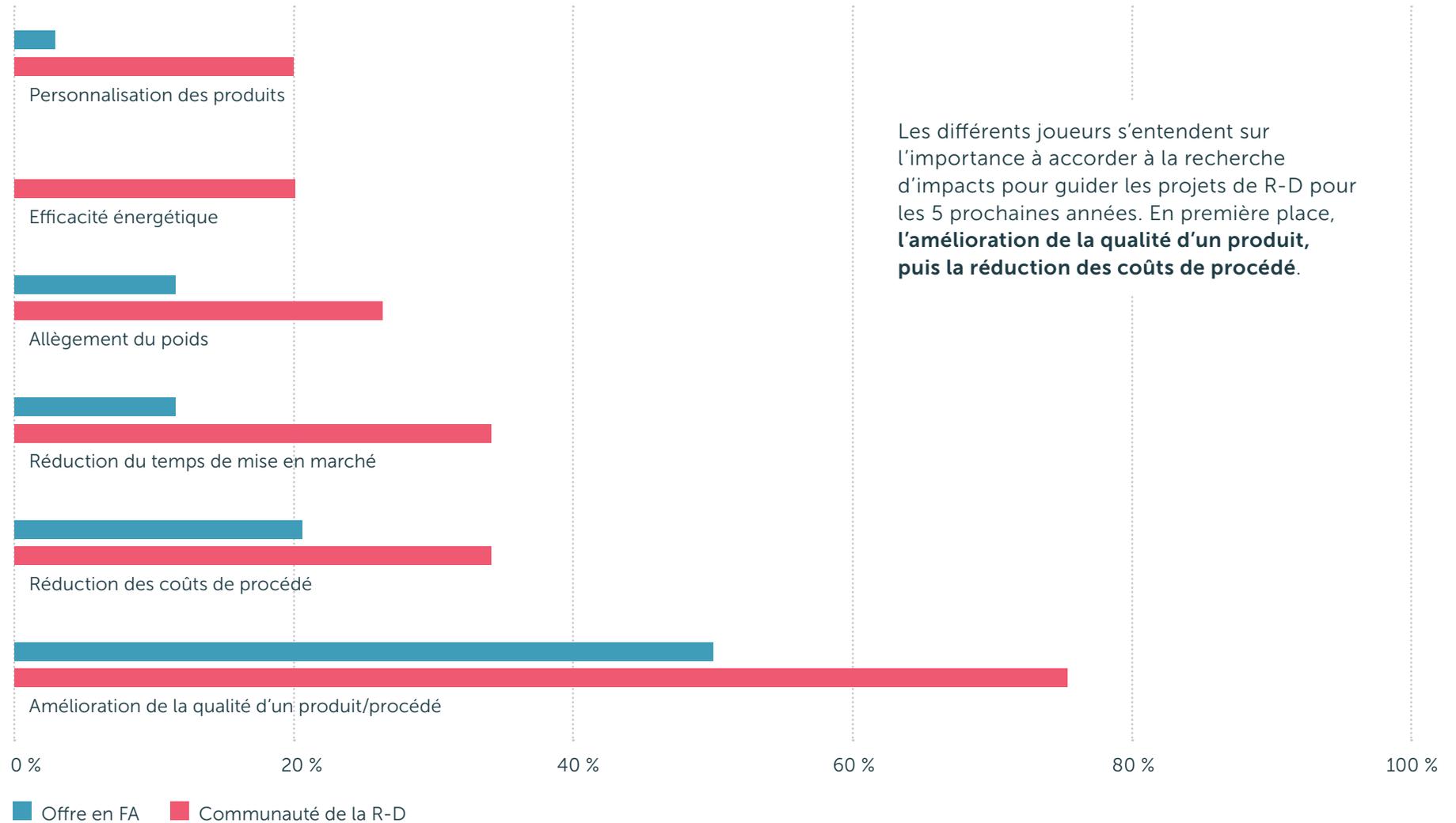
Matériel de transport terrestre : Pièces de rechange et réparation

Matériel de transport terrestre : Outillage pour test et assemblage

« Les écarts de résultats entre l'offre industrielle et la communauté de la R-D sont en corrélation avec le niveau de maturité technologique des différents secteurs. »

Source : Sondage sur la R-D, mené auprès de l'offre québécoise en FA et de la communauté de la R-D, du 5 août au 6 septembre 2019. Taux de réponse de 46 % des premiers et de 44 % des seconds.

4. PRINCIPAUX IMPACTS VISÉS



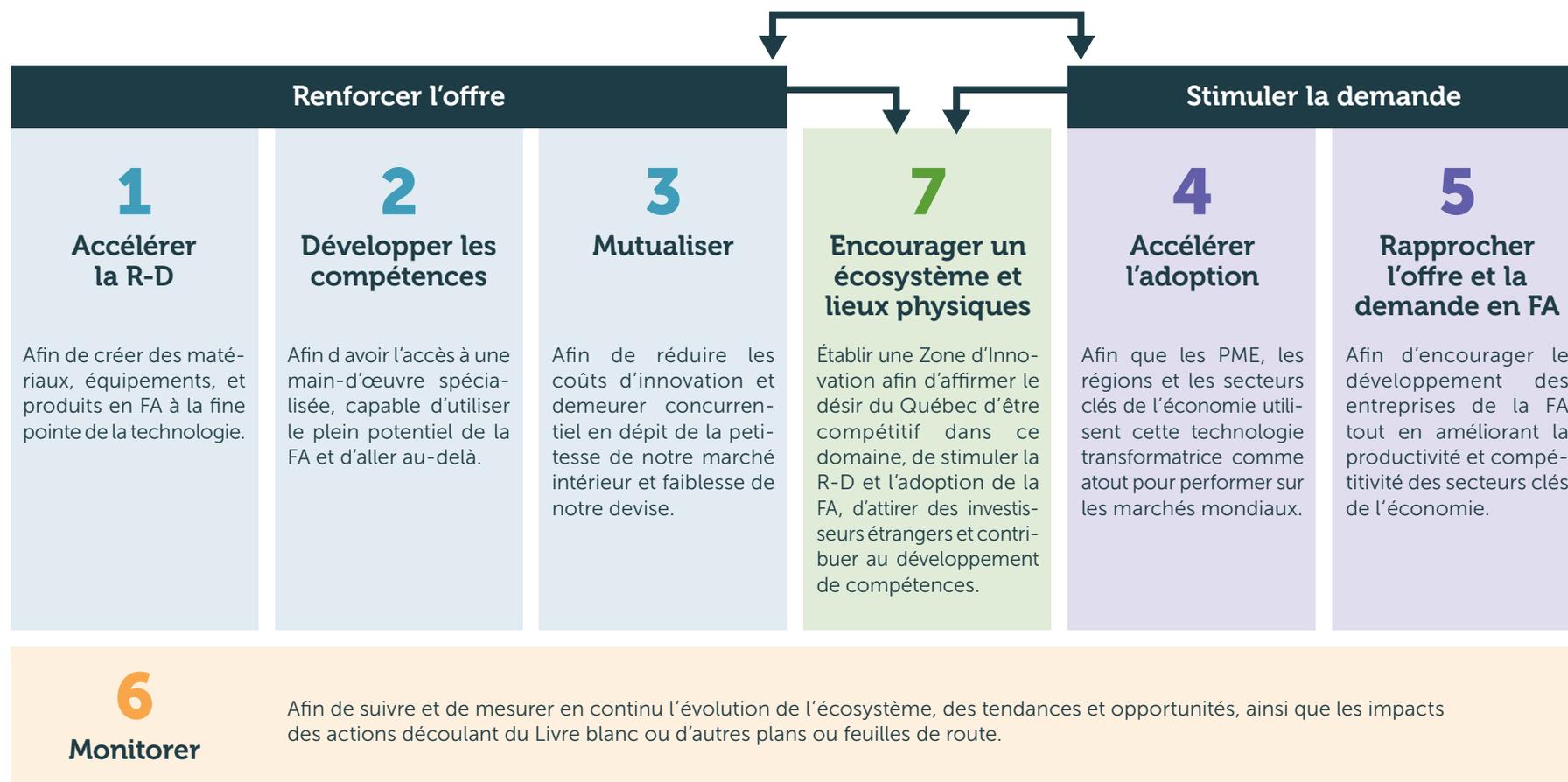
Source : Sondage sur la R-D, mené auprès de l'offre québécoise en FA et de la communauté de la R-D, du 5 août au 6 septembre 2019. Taux de réponse de 46 % des premiers et de 44 % des seconds.



6

14 mesures structurantes

SEPT PILIERS POUR RÉPONDRE AUX DÉFIS DE LA FA AU QUÉBEC



1. ENCOURAGER LES PROJETS D'INNOVATION ET LA PROTECTION PAR BREVETS

Problématique

- ❖ Depuis 2012, les principaux concurrents commerciaux du Québec et du Canada se sont dotés de stratégies, d'objectifs et de programmes structurants en FA, mis en œuvre en partenariat avec l'industrie et la communauté de la R-D.
- ❖ Pour demeurer compétitives, les entreprises en fabrication additive (offre) au niveau des matériaux, des équipements, des logiciels et des services doivent poursuivre leurs activités de pointe tant au niveau de la recherche appliquée que du développement.
- ❖ Des entreprises en démarrage doivent également être soutenues dans leur démarche d'innovation et de commercialisation.
- ❖ De la même façon, les secteurs clés de l'économie québécoise (demande) doivent accélérer leur rythme d'intégration de la fabrication additive en s'appuyant sur l'offre de fabrication additive disponible au Québec.

Moyens suggérés

- ❖ Bonifier le budget du **Programme Innovation** du gouvernement du Québec et créer un volet priorisant les projets de R-D en FA (TRL 1-9) pour appuyer les entreprises et regroupements d'entreprises actives en FA (offre et/ou demande).
- ❖ Prioriser la FA (TRL 1-9) au sein du **Programme d'aide à la recherche industrielle** (PARI) du CNRC et du **Fonds stratégique pour l'innovation** d'ISDE.
- ❖ Allouer 5-10 % de ces budgets à la protection de la PI par brevets et rembourser 50 % des coûts de préparation et de dépôt de 3 brevets sur 3 ans.

Bénéfices attendus

- ❖ Les projets auront permis le développement de nouveaux produits, de nouveaux procédés innovants ayant fait l'objet d'une stratégie de maturation et de protection de la propriété intellectuelle.
- ❖ En cinq ans, doubler l'effort en R-D et en commercialisation en FA au Québec.
- ❖ Jeter les assises du développement de filières applicatives s'appuyant sur l'innovation en FA.



2. LANCER DES APPELS À PROJETS CONCERTÉS DE R-D COLLABORATIVE

Problématique

- Depuis 2012, les principaux concurrents commerciaux du Québec, du Canada se sont dotés de stratégies, d'objectifs et de programmes structurants en FA, mis en œuvre en partenariat avec l'industrie et la communauté de la R-D.
- Pour demeurer compétitives, les entreprises en fabrication additive (offre) au niveau des matériaux, des équipements, des logiciels et des services doivent poursuivre leurs activités de pointe tant au niveau de la recherche appliquée que du développement.
- Des entreprises en démarrage doivent également être soutenues dans leur démarche d'innovation et de commercialisation.
- De la même façon, les secteurs clés de l'économie québécoise (demande) doivent accélérer leur rythme d'intégration de la fabrication additive en s'appuyant sur l'offre de fabrication additive disponible au Québec.

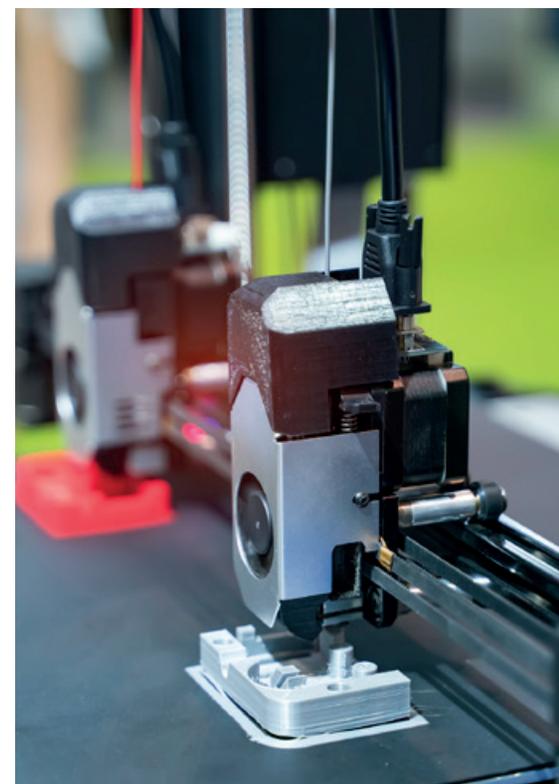
Moyens suggérés

- Bonifier le budget du **Programme de soutien aux organisations de recherche et d'innovation (PSO)** pour des appels à projets concertés et ciblés en FA sur le modèle de Partenar-IA,

c'est-à-dire plus généreux et accessible. Par exemple : 50 % de contribution du RSRI pour un TRL 1-3 et 40 % pour un TRL 4-6, avec la possibilité d'étendre le programme aux projets de TRL 7-9 (avec une contribution de 30 %).

Bénéfices attendus

- **Retombées académiques** : formation de personnel hautement qualifié (PHQ), valorisation des connaissances (transfert, publications, propriété intellectuelle, etc.), développements technologiques (nouveaux produits, procédés, normes, méthodes, etc.), expertises scientifiques (acquisition, développement ou consolidation), utilisation d'infrastructures.
- **Retombées industrielles** : Développements technologiques (nouveaux produits, procédés, normes, méthodes, etc.), valorisation des connaissances (transfert, brevets, amélioration du savoir-faire, etc.), amélioration du positionnement de l'entreprise dans la chaîne de valeur (amélioration de la productivité, augmentation des ventes ou des parts de marché, diversification de la production, investissements, etc.), personnel (emploi créé ou maintenu, formation de PHQ, etc.).



3. IMPLANTER DES BACS À SABLE HORS-RÉGLEMENTATION



Problématique

- Un cadre réglementaire trop contraignant peut limiter la recherche et le développement technologique en FA et la possibilité de tester et commercialiser de nouvelles applications.
- Les bacs à sable servent aussi à adapter les cadres réglementaires actuellement en vigueur ou en développer de nouveaux mieux adaptés à l'évolution technologique.

Moyens suggérés

- Utiliser les appels de projets du **Centre for Regulatory Innovation (CRI)**, créé par le Conseil du trésor du Canada, afin de stimuler l'innovation et encourager une réglementation adaptative en FA.
- Définir des « terrains de jeux » dans lesquels, pour une durée limitée et dans un encadrement précis, de nouvelles technologies et de nouveaux modèles de mise en marché puissent être testés afin d'apprendre et de bâtir une certaine agilité.
- Définir graduellement le rythme de mise en place des bacs à sable : par exemple, des applications dans le domaine de la santé pourraient être prioritaires.

Bénéfices attendus

- L'expérimentation et le développement de procédés, produits et services et/ou modèles de mise en marché en lien avec la FA sont encouragés.
- Des cadres réglementaires sont ajustés pour prendre en compte les particularités et avancées de la R-D en FA.

4. ASSURER LA DISPONIBILITÉ DU CAPITAL DE RISQUE

Problématique

- Le rôle clé du capital de risque pour stimuler l'innovation n'est plus à démontrer.
- Les carences spécifiques dans la chaîne de financement au Québec sont bien connues des entrepreneurs technologiques :
 - 1) offre déficiente à la phase d'amorçage;
 - 2) peu d'investisseurs spécialisés et peu d'investisseurs étrangers (financiers ou stratégiques) dans les phases démarrage et croissance;
 - 3) modèle québécois peu adapté à la complexité scientifique et technologique des innovations « deep tech ».
- Les projets « deep tech » ont besoin d'un accompagnement spécifique pour émerger, se financer et se développer. L'innovation de rupture (procédés ou produits), capable de bouleverser plusieurs marchés à la fois, est portée de plus en plus par des startups collaborant au sein d'écosystèmes avec de grands acteurs industriels pouvant, le moment venu, diffuser leurs technologies à grande échelle.

Moyens suggérés

- Les gouvernements du Québec et du Canada pourraient contribuer à la constitution d'un **fonds d'investissement/capital patient « deep tech » ciblant les matériaux avancés dont la FA** (horizon d'investissement de 12-15 ans). Investissement Québec, Fonds de solidarité FTQ, Desjardins Capital, Teralys, BDC Capital et CDPQ pourraient être invités à y contribuer en partenariat avec un gestionnaire de l'industrie du capital de risque.
- Le commandité qui gère le fonds devra se baser sur les recommandations d'experts provenant de la chaîne de valeur afin de sélectionner les entreprises qui bénéficieraient du fonds.

Bénéfices attendus

- Soutien à l'amorçage et/ou au démarrage de 20 entreprises axées sur les matériaux innovants et des procédés de fabrication intelligents.
- Accès à un écosystème de financement en capital complet et performant pour les entreprises de la FA et, plus largement, des matériaux avancés.
- Faire entrer le Québec manufacturier à l'ère du « deep tech », clé maîtresse pour attirer des industriels étrangers au Québec.
- Favoriser une plus grande professionnalisation et plus de profondeur à l'accompagnement financier accordé aux entreprises de la « deep tech », dont la FA.
- Attirer et financer de nouvelles équipes de gestionnaires basées au Québec et encourager de nouveaux modèles (ex : fonds d'entrepreneurs et fonds corporatifs).
- Construction d'un référentiel commun de financement pour la « deep tech » au Québec.

« Les besoins financiers dans l'industrie de la FA ne se comptent pas en milliers de dollars mais en millions. Il faut des capitaux prêts à investir dans des solutions innovantes où la notion de risque existe. »

5. LANCER DES DÉFIS DE R-D IMPLIQUANT UTILISATEUR ET PME DÉVELOPPEUR

Problématique

- Renforcer les chaînes d'approvisionnement des secteurs clés de l'économie québécoise est essentiel afin qu'ils demeurent compétitifs sur des marchés mondialisés toujours plus avides de nouveaux produits à prix concurrentiels, fabriqués grâce à des technologies de pointe.
- Le moyen le plus efficace de renforcer la compétitivité de ces chaînes est d'intensifier les relations d'affaires entre PME innovantes et grandes entreprises, entre l'offre et la demande en FA.
- Trop peu de donneurs d'ordre font appel aux PME pour développer leurs capacités d'innovation et différencier leurs produits sur les marchés internationaux.

Moyens suggérés

- Soutenir des défis de R-D lancés par un ou des utilisateurs/donneurs d'ordre privés et qui seraient réalisés par des PME de la FA.
- Des Regroupements sectoriels de recherche industrielle (RSRI) faciliteraient l'arrimage entre ces demandes et l'offre en FA, via la plate-forme NovaCentris. Le processus de sélection serait compétitif.
- Le travail réalisé par la PME serait encadré par l'utilisateur qui s'engagerait à acquérir le produit final une fois développé.
- La PME obtiendrait directement les fonds pour réaliser la R-D et détiendrait les droits de la PI. Le financement de ces projets d'innovation proviendra à 50 % de fonds gouvernementaux, 40 % en comptant de la grande entreprise et 10 % en nature de la grande entreprise. 5-10 % du budget irait à la protection de la PI par brevets, notamment au remboursement de 50 % des coûts de préparation et de dépôt de 3 brevets sur 3 ans.

Bénéfices attendus

- Les mesures #1, 2, 3, 5 et 6 visent à doubler en cinq ans l'effort en R-D en FA au Québec. Les mesures #5 et #6 cherchent en plus à développer des PME innovantes tout en leur donnant accès à de premiers clients d'importance et idéalement à leur permettre d'intégrer les chaînes d'approvisionnement des grands donneurs d'ordre des secteurs clés de notre économie.
- En contrepartie, ces secteurs clés obtiennent accès à des fournisseurs ayant des compétences et capacités en FA aptes à les épauler dans leur quête constante de nouveaux produits et à coûts compétitifs.

« Le concours *Digital Reconfiguration AM Facilities for Aerospace (DRAMA)*, organisé au Royaume-Uni, est très inspirant. Il vise à établir des installations de « banc d'essai » en FA de classe mondiale couplées à un environnement numérique pour l'industrie aérospatiale et sa chaîne d'approvisionnement. »



6. UTILISER LES MARCHÉS PUBLICS

Problématique

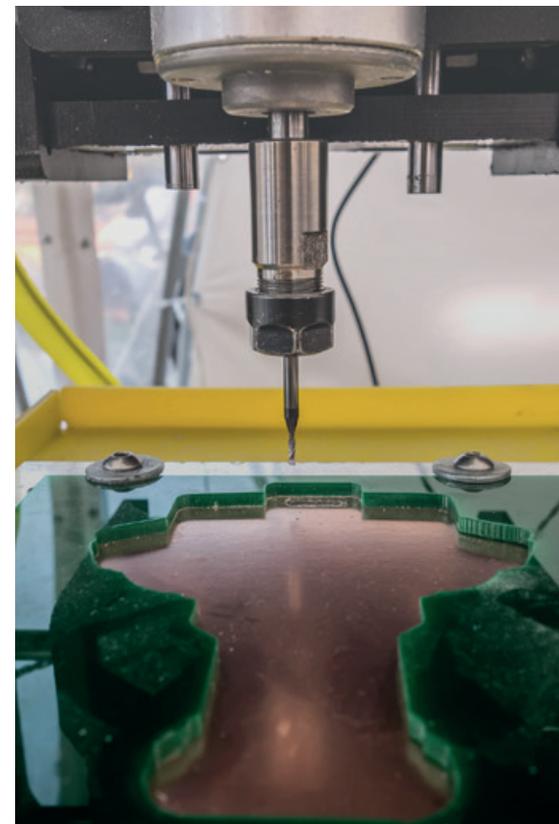
- Renforcer et accroître la valeur ajoutée des chaînes d'approvisionnement des grands donneurs d'ordre publics/parapublics est essentiel afin qu'ils relèvent plus efficacement, grâce à la FA, les défis sociaux auxquels le pays est confronté, plus particulièrement la gestion de la transition énergétique et des pressions exercées sur les ressources dans une perspective économique durable, ainsi que le besoin d'une médecine personnalisée dans un contexte de vieillissement de la population.
- Pour ce faire, il conviendrait d'intensifier les relations d'affaires entre PME innovantes et grands donneurs d'ordre, entre l'offre privée en FA et la demande publique/parapublique. Les secteurs publics et parapublics permettraient ainsi à l'industrie de la FA de développer ses capacités d'innovation et d'avoir accès à des premiers clients d'importance. En échange, les donneurs d'ordre publics obtiendraient des voies et moyens nouveaux afin de mieux relever les défis sociétaux et desservir la population.

Moyens suggérés

- Le gouvernement du Québec pourrait s'inspirer de **Solutions innovatrices Canada**, pour mettre en œuvre un projet pilote visant à lancer des défis de R-D compétitifs en FA afin de développer l'innovation en lien avec les besoins des ministères et agences (Santé, Transport, etc.), d'Hydro-Québec et d'Énergir.
- Aussi d'intérêt, serait l'organisation de sessions d'idéation impliquant des donneurs d'ordre publics et les PME de la FA, afin de travailler ensemble à planifier les besoins publics futurs et obtenir des engagements des donneurs d'ordre publics à acquérir les solutions développées suite à ces défis.

Bénéfices attendus

- Créer de nouveaux marchés pour les firmes québécoises en FA, ce qui favorisera leur croissance et leur donnera une crédibilité accrue. Les secteurs publics et parapublics permettraient aux PME de la FA de développer leurs capacités d'innovation et d'avoir accès à des premiers clients d'importance, avant de partir à la conquête des marchés internationaux.
- En échange, les donneurs d'ordre publics/parapublics obtiennent des technologies et applications nouvelles à prix compétitifs afin de mieux répondre aux défis sociétaux et desservir la population.



7. SENSIBILISER LES ENTREPRISES EN RÉGION DU QUÉBEC

Problématique

- ❖ La FA est mal connue des industriels et on observe des disparités régionales en matière d'adoption.
- ❖ Il existe un manque de connaissances sur les différents procédés additifs et matériaux pouvant être utilisés.
- ❖ Les services facilitant l'adoption sont surtout offerts dans quelques régions, bien que ce réseau soit en expansion.

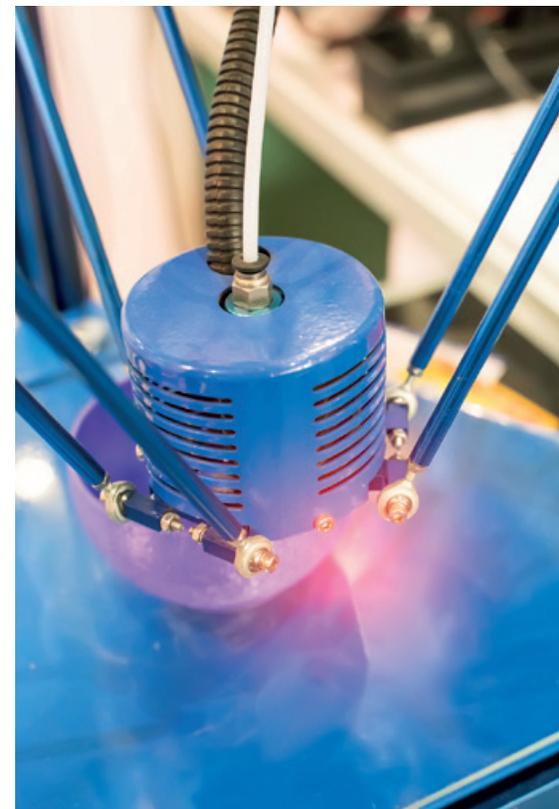
« La question de la sensibilisation est cruciale et nécessite une approche globale. »

Moyens suggérés

- ❖ Le gouvernement du Canada (ISDE, CNRC, DEC) pourrait s'inspirer de l'expérience du **projet pilote d'adoption de la technologie numérique** (PPATN) du CNRC-PARI pour l'adapter à la FA. Il comportait divers volets :
 - 1) conseiller les PME et contribuer au financement de leurs projets d'adoption de technologies;
 - 2) verser des contributions à des collèges/CCTT et à d'autres organisations afin qu'elles sensibilisent les PME;
 - 3) colliger des données sur ces projets afin d'identifier les obstacles et meilleures pratiques à l'adoption;
 - 4) faire connaître le programme et promouvoir les avantages de l'adoption des technologies additives.

Bénéfices attendus

- ❖ Réduire l'écart en matière d'adoption technologique et de productivité de nos PME manufacturières dans les différentes régions du Québec vis-à-vis de leurs concurrents étrangers.



8. CRÉER UN RÉSEAU DE CENTRES D'ADOPTION OU DE DÉMONSTRATION

Problématique

❖ Pour demeurer compétitives, les entreprises manufacturières des secteurs clés de l'économie du Québec doivent accélérer leur rythme d'intégration de la FA. Cela nécessite des investissements importants et la maîtrise de nouveaux savoirs spécialisés pour des firmes ayant des ressources souvent limitées et déjà aux prises avec une rareté de la main-d'œuvre qualifiée. Il convient donc de les accompagner partout en région au Québec afin de faciliter leur gestion du risque d'adoption de cette technologie et d'en réduire les coûts.

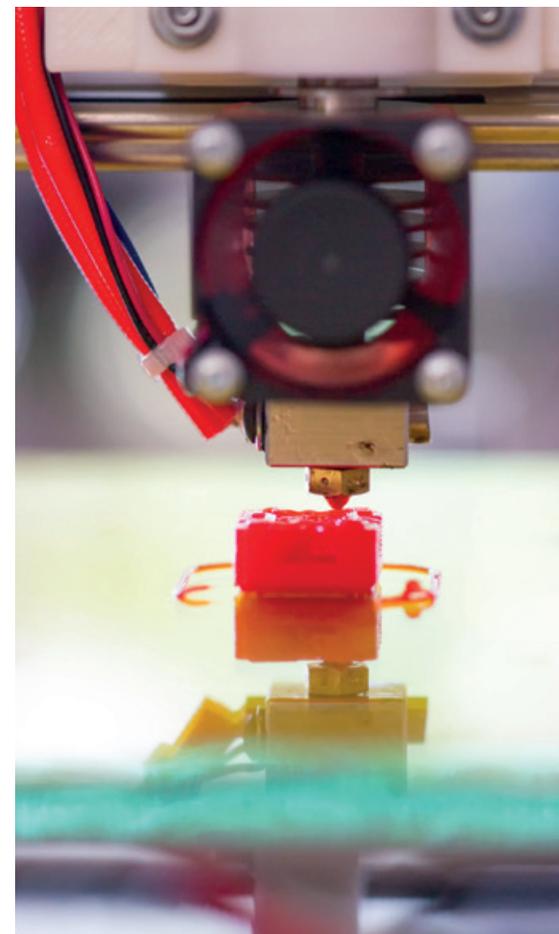
« Il faudrait que le gouvernement facilite l'accès aux équipements pour 'dérisquer' des projets et encourage les expérimentations en entreprises. L'existence de lieux physiques pour échanger et connecter l'ensemble de la communauté en FA à travers les provinces a tout son intérêt. »

Moyens suggérés

- ❖ Les plus récentes initiatives au Québec à cet égard sont l'installation PolyCSAM (partenariat entre Polycontrols et le CNRC), le Centre de démonstration en FA du CRIQ, le Centre de développement de poudres métalliques piloté par le CMQ et les Centres d'expertises 4.0. L'écosystème de la FA au Québec bénéficierait du travail en concertation de ces organisations, établies ou nouvelles, ainsi que d'activités conjointes de sensibilisation à la FA avec témoignages d'entreprises et meilleures pratiques d'adoption.
- ❖ La recommandation de la **Table stratégique sur la fabrication de pointe** d'ISDE à l'effet d'instaurer **Canavance**, un Réseau pancanadien de centres d'adoption en fabrication de pointe (dont la FA) semble également pertinente. Cette initiative peut être modulée selon les provinces pour prendre en compte les compétences et ressources existantes.

Bénéfices attendus

- ❖ Donner accès aux entreprises à des plateformes d'équipements de pointe, à des conseils et sessions d'information et de sensibilisation leur permettant d'explorer la FA de façon pratique.



9. ACCOMPAGNER DES COHORTES D'ENTREPRISES SECTORIELLES

Problématique

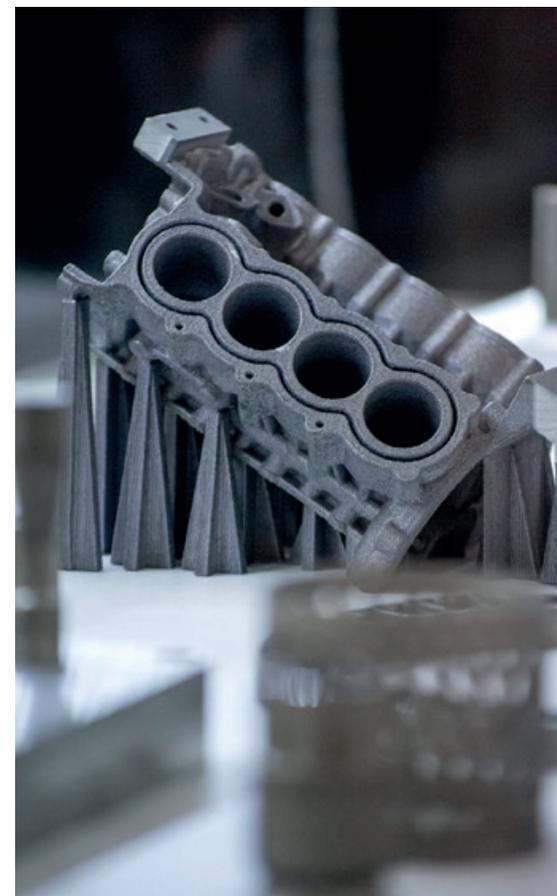
- ❖ Pour demeurer compétitives, les entreprises manufacturières des secteurs clés de l'économie du Québec doivent accélérer leur rythme d'intégration de la fabrication additive.
- ❖ Cela nécessite des investissements importants et la maîtrise de nouveaux savoirs spécialisés pour des firmes ayant des ressources souvent limitées et déjà aux prises avec une rareté de main-d'œuvre qualifiée.
- ❖ Il convient donc de les accompagner dans ce processus afin de faciliter leur gestion du risque d'adoption de cette technologie et d'en réduire les coûts.

Moyens suggérés

- ❖ L'objectif serait d'accompagner 100 firmes en cinq ans et de recueillir des données sur les obstacles et meilleures pratiques observés pour le bénéfice de l'écosystème.
- ❖ Inviter le CRIQ à travailler de concert avec le Réseau de la transformation métallique du Québec (RTMQ), la Vallée de la plasturgie, le Pôle d'excellence québécois en transport terrestre, le Regroupement des entreprises en automatisation industrielle (REAI) et avec le domaine de la santé pour accompagner des cohortes d'entreprises sectorielles.
- ❖ Il serait pertinent d'étendre la gamme de services couverts ou remboursés aux entreprises de ces industries en s'inspirant de **MachFab 4.0** (50 % des dépenses admissibles et un maximum de 300 000 \$/projet).

Bénéfices attendus

- ❖ En cinq ans, plus que doubler le nombre de firmes ayant exploré ou utilisant la FA.



10. FACILITER L'ACQUISITION D'ÉQUIPEMENTS ET DE LOGICIELS EN FA



Problématique

- ❖ Le coût élevé et/ou le risque d'obsolescence rapide des équipements représentent des freins importants à l'acquisition d'équipements en FA.
- ❖ Pour dérisquer ces investissements, il faut au préalable que les firmes puissent avoir eu l'occasion de les tester et bénéficier de différents modes d'acquisition et de financement.

Moyens suggérés

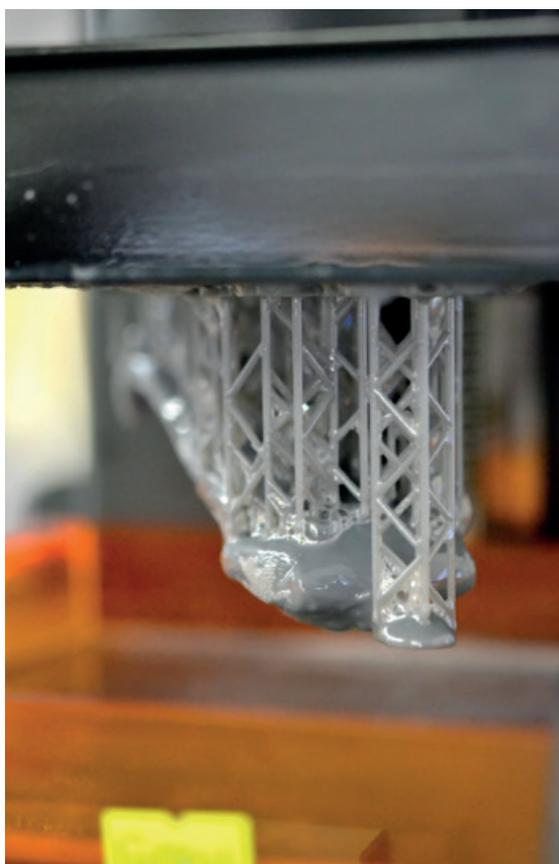
- ❖ Il faudrait s'assurer que le MEI, IQ et DEC continuent d'appuyer l'acquisition d'équipements, de logiciels et de services pour la FA et que les gouvernements la favorisent au niveau fiscal.
- ❖ Dans le cas d'IQ/MEI, les projets d'acquisition reliés à la FA pourraient être priorités et financés par le programme **ESSOR**, comme cela avait été le cas pour la stratégie de l'aluminium.
- ❖ Les firmes participant aux cohortes d'entreprises (action #9) pourraient obtenir un « fast-track » dans le traitement de leurs requêtes soumises auprès de ces programmes.

Bénéfices attendus

- ❖ Accès aux technologies additives de pointe.
- ❖ Réduction du risque d'investissement pour l'entreprise en liant le niveau de risque aux résultats obtenus.
- ❖ En cinq ans, plus que doubler le nombre de firmes ayant exploré ou utilisant la FA.

« À court terme, il faudrait aider à 'dérisquer' les technologies ou les innovations existantes. L'allocation d'une subvention proportionnelle à la valeur compétitive d'une technologie pourrait permettre d'en accélérer l'accès. »

11. RÉDIGER DES ÉTUDES DE CAS POUR DES APPLICATIONS CIBLÉES



Problématique

- ❖ Des cas d'usage doivent être mis en contexte et analysés pour être probants, valables pour les entreprises.
- ❖ Les études de cas en outillage et en optimisation topologique de pièces seraient un excellent moyen de mutualiser les connaissances en FA, de contribuer à la formation des étudiants de programmes post-secondaires ou au perfectionnement de la main-d'œuvre spécialisée en emploi ou en transition.

Moyens suggérés

- ❖ Les études de cas porteraient sur la conception et l'optimisation topologique d'applications liées aux matériaux avancés, l'aluminium, les équipements/outillages industriels, le matériel de transport et la santé.
- ❖ Leur rédaction pourrait être financée par un nouveau volet du programme **NovaScience**, dont le volet 2 appuie présentement le « Soutien aux initiatives de formation en intelligence artificielle ».

Bénéfices attendus

- ❖ Un corpus de cas d'usages probants favorise une accélération de l'apprentissage de la FA et une adoption à plus large échelle de la FA au sein de la main-d'œuvre spécialisée et des entreprises des secteurs clés de l'économie.
- ❖ De plus, il permet de former ou de perfectionner une main-d'œuvre spécialisée en nombre suffisant et selon les diverses compétences requises en FA afin de stimuler l'essor de l'industrie de la FA au Québec.

« Si la sensibilisation à l'avantage compétitif de la FA ne se fait pas, l'adoption ne peut avoir lieu. »

12. DÉVELOPPER ET CERTIFIER LES COMPÉTENCES

Problématique

- Tous les pays qui ont pris ce virage de la FA considèrent comme condition *sine qua non* le fait de développer une main-d'œuvre spécialisée en nombre suffisant apte à appuyer l'essor de l'industrie de la FA et l'adoption de cette technologie par les secteurs clés de leur économie.
- Par exemple, au Québec, le Cégep de Thedford fait office de pionnier en développant une attestation d'études collégiales sur la FA en métalliques, polymères et composites (900 heures), ainsi que des cours de 15-20 heures pour le personnel d'entreprises.

« Le système de badge permet la reconnaissance d'approches pédagogiques innovantes. En offrant une accréditation commune, il aligne tous les acteurs, qu'ils soient industriels, politiques ou académiques. »

Moyens suggérés

- L'élaboration de référentiels de compétences, de contenus de cours, ainsi que l'offre de formation pourraient être financés par un nouveau volet du programme **NovaScience**.
- Ce pourrait être des cours offerts dans le cadre d'écoles d'été pour la formation d'ingénieurs ou de designers, par exemple.
- Référentiel de compétences et offre de cours devraient être pensés de façon à pouvoir octroyer une certification en FA semblable à ce qui se fait à l'étranger, notamment avec le système international des « badges ».

Bénéfices attendus

- Former ou perfectionner une main-d'œuvre qualifiée en nombre suffisant et selon les diverses compétences requises en FA afin de stimuler l'essor de l'industrie de la FA au Québec et l'adoption de cette technologie au sein des secteurs clés.

« L'enjeu est d'identifier les référentiels de compétences existants et de trouver un terrain d'entente pour répondre aux besoins de l'industrie. Il faut aligner les formations sur les besoins du marché. »



13. ANIMER UN CARREFOUR QUÉBÉCOIS DE LA FA

Problématique

- À l'heure actuelle, les savoirs et ressources demeurent très peu mutualisés en FA au Québec.
- Une grande fragmentation des joueurs rend difficile l'accès aux connaissances.
- Il existe peu de sentiment d'appartenance à un écosystème de la FA dans son ensemble, de la R-D à l'adoption, en passant par la formation et le développement des compétences.

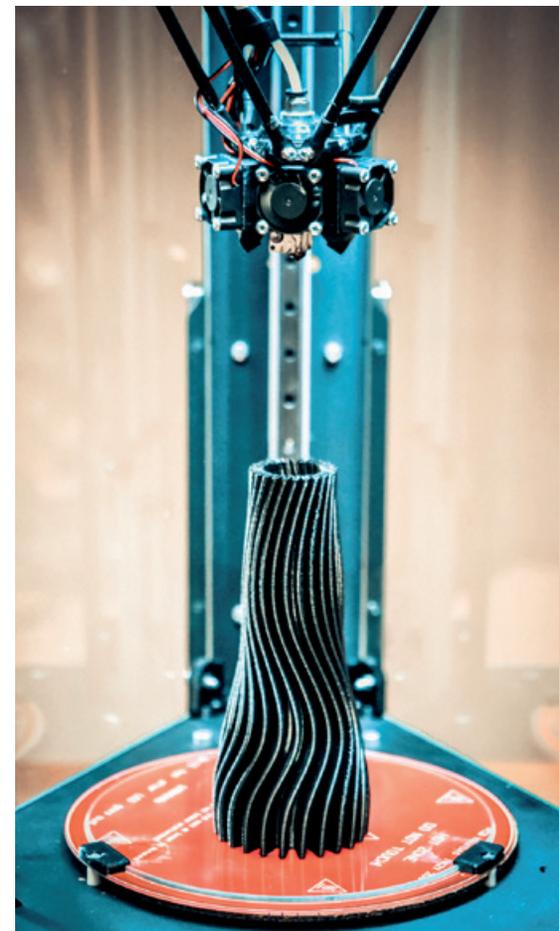
Moyens suggérés

- Développer et mettre en œuvre un portail web en guise de guichet unique et carrefour de la FA afin de contribuer à mutualiser les connaissances, expertises, programmes, services, ressources, études cas et expériences au sein de l'écosystème québécois.
- Le carrefour serait multimatériaux et multi-procédés. Les acteurs de l'écosystème pourraient aussi interagir en ligne, dans une section « Communauté de pratique » pour s'aider à résoudre des problèmes identifiés.
- Il pourrait être géré par un comité représentatif de l'ensemble de l'écosystème et non par une seule organisation. Il permettrait aussi de suivre l'évolution de l'écosystème de la FA, ainsi que les impacts des actions découlant du Livre blanc ou d'autres plans ou feuilles de route.

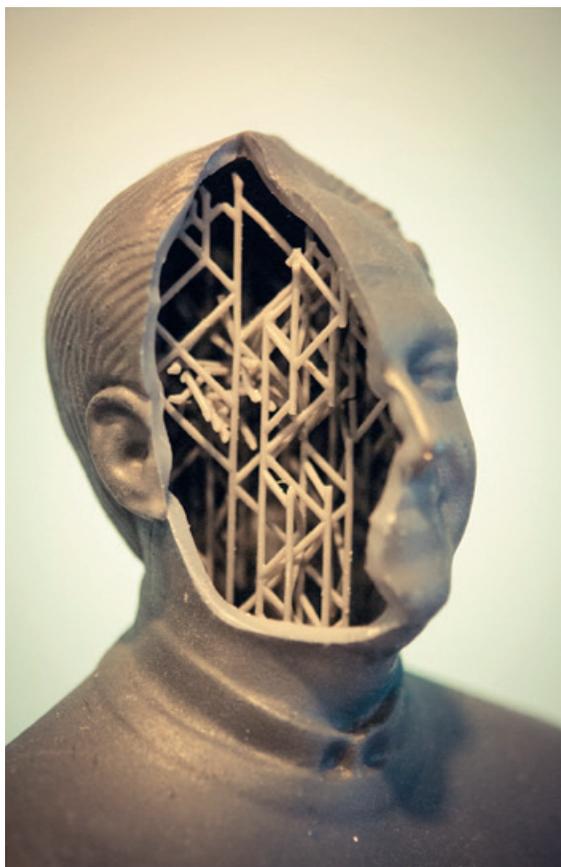
Bénéfices attendus

- Ce carrefour mutualiserait les connaissances et expériences québécoises en FA, tout en inspirant un sentiment d'appartenance à cet écosystème en pleine évolution.
- Il fournirait un inventaire et un état des lieux dynamique de l'écosystème, un lieu pour mesurer la croissance et le dynamisme de l'industrie.
- Il encouragerait les collaborations entre les membres et le développement d'entreprises agiles et innovantes dans les divers segments de la chaîne de valeur de la FA.
- Il réduirait les barrières à l'adoption de cette technologie dans les divers secteurs clés du Québec, tout en aidant au développement de compétences en FA
- Il contribuerait à limiter la duplication des efforts et des programmes.

« L'idée d'avoir un guichet unique est de l'ordre du rêve réalisable. Il répondrait parfaitement au besoin d'agilité dont fait preuve l'entrepreneur. »



14. METTRE EN PLACE UNE ZONE D'INNOVATION



Problématique

- Plusieurs pays ont instauré des districts ou zones d'innovation, ciblant plus particulièrement la fabrication de pointe et la fabrication additive. On n'a qu'à penser à Wichita au Kansas ou à Pittsburgh.
- On y retrouve généralement un centre de R-D entièrement dédié à la FA, un ou des centres de démonstration ou d'adoption technologique, un campus universitaire ou collégial, un incubateur et/ou accélérateur, des entreprises nationales ou étrangères venues s'y installer pour compléter ou enrichir la chaîne de valeur en FA ou en lien avec des domaines d'application industriels ciblés, tels que l'aérospatiale.
- Ces territoires développent des compétences et des expertises, accroissent grandement l'innovation et la compétitivité des entreprises, attirent les investissements et sont générateurs de richesse.
- Ils encouragent aussi une saine émulation entre les organisations et une mutualisation des équipements, des connaissances et expériences.

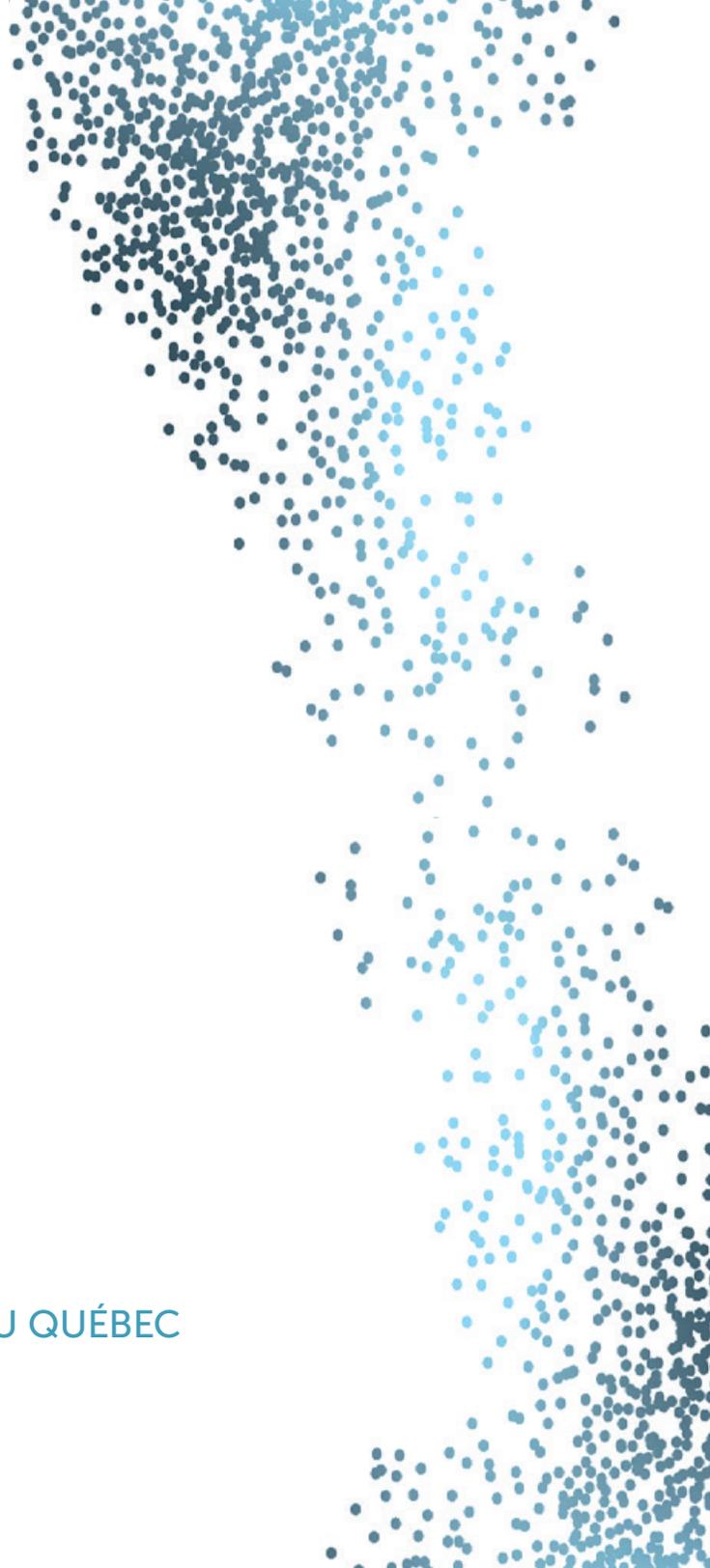
Moyens suggérés

- Instaurer une zone d'innovation en FA.
- Elle pourrait s'appuyer sur la force du Québec en énergie propre, en matériaux avancés et en intelligence artificielle (IA) en lien avec des industries clés du Québec.
- Les phénomènes physiques complexes qui régissent les procédés additifs (domaines mécaniques, thermiques, chimiques...) sont difficiles à observer, mesurer et modéliser. En couplant l'IA et, en particulier l'apprentissage machine à des outils de simulation de la mise en œuvre des matériaux par FA, les industriels pourraient prévoir et optimiser le comportement et les performances des machines et des pièces 3D qui en résultent.

Bénéfices attendus

- Cette zone viserait à développer des compétences, accroître grandement l'innovation et la commercialiser, attirer de nouvelles entreprises, avec de grands donneurs d'ordre et investisseurs venant enrichir la chaîne de valeur en FA.

« On sous-estime ce qui existe au Québec, mais on a de la richesse, un savoir-faire, de la main-d'œuvre, d'excellentes universités, etc. Il suffit juste de trouver des moyens d'attirer et fédérer tous les acteurs. »



Livre blanc sur LA FABRICATION ADDITIVE AU QUÉBEC
©Mars 2020