



**LIVRE BLANC**  
**SOMMET CHAÎNE MONDIALE D'APPROVISIONNEMENT 2017**

***Le virage 4.0 : passer de la vision à la réalité***

***Préparé par Aéro Montréal***

Le 19 juin 2017

*Dans ce document, la forme masculine désigne aussi bien les femmes que les hommes. Elle est utilisée pour alléger le texte et en faciliter la compréhension.*

## Table des matières

1.	Mot de la présidente-directrice générale .....	4
2.	Sommaire exécutif .....	6
3.	Mise en contexte .....	8
3.1	Industrie aérospatiale au Québec .....	8
3.2	Implication du gouvernement fédéral .....	9
3.3	Implication du gouvernement du Québec .....	10
3.4	Montréal : plateforme du 4.0 .....	12
4.	Démystification du concept 4.0 .....	13
4.1	L'Industrie 4.0 : origines et objectifs .....	13
4.2	Les technologies au service du 4.0 .....	16
4.3	Les applications de l'intelligence artificielle dans l'industrie aérospatiale .....	17
4.4	Des start-ups qui bousculent les modèles .....	18
5.	Impact du 4.0 sur la chaîne d'approvisionnement .....	19
5.1	Les enjeux des maîtres d'œuvre .....	20
5.2	Les enjeux des fournisseurs .....	21
5.3	Chaîne d'approvisionnement en mutation .....	22
5.4	Optimiser la performance par l'interconnexion .....	24
5.5	Création de valeur par l'exploitation des données d'usage .....	25
6.	Intégration du 4.0 dans les PME .....	27
6.1	L'humain au cœur du 4.0 .....	27
6.2	Formation des employés pour assurer la culture de transformation .....	29
6.3	Mesurer le succès de l'implantation du 4.0 dans une entreprise .....	30
7.	Les facteurs clés de succès dans l'implantation du 4.0 .....	32
8.	Les leviers concrets de l'Industrie 4.0 pour l'industrie aérospatiale au Québec .....	34
8.1	Initiative MACH FAB 4.0 .....	34
8.2	La formation .....	35
8.3	Le recrutement de talents .....	36
8.4	Les fournisseurs de solutions .....	37
9.	Conclusion et recommandations .....	44
	Annexes .....	47
	Annexe 1 – Nos partenaires .....	47
	Annexe 2 – Chantier Chaîne d'approvisionnement d'Aéro Montréal .....	48
	Annexe 3 – Programme de la journée du 4 avril .....	49
	Annexe 4 – Zone Démo 4.0 .....	50
	Bibliographie / webographie .....	51

## 1. Mot de la présidente-directrice générale

Le paysage manufacturier de l'industrie aérospatiale se modifie profondément pour prendre le virage de l'Industrie 4.0, soit l'intégration de l'ensemble du processus de production, grâce à une utilisation intensive des outils numériques<sup>1</sup>. Depuis plus de dix ans, Aéro Montréal travaille sans relâche afin de soutenir les PME de l'industrie aérospatiale du Québec. Avec les différents acteurs de notre grappe, nous concentrons maintenant nos efforts sur la transformation des PME, en des PME innovantes, prêtes à répondre efficacement au nouvel ordre technologique mondial et aux nouvelles exigences de compétitivité des maîtres d'œuvre.

Événement phare de la Semaine internationale de l'aérospatiale 2017, le **4<sup>e</sup> Sommet Chaîne mondiale d'approvisionnement d'Aéro Montréal** a remporté un succès inégalé, riche en discussions et en apprentissages. Près de 500 participants ont pu bénéficier d'une programmation de qualité, centrée sur l'Industrie 4.0 et ses impacts concrets pour nos entreprises. En effet, **Le virage 4.0 : passer de la vision à la réalité**, est un thème qui interpelle tous les joueurs de l'aérospatiale, en particulier nos PME, car cette transformation numérique s'avère essentielle pour améliorer leur positionnement sur la chaîne de valeur mondiale.

Aéro Montréal tient à remercier nos invités qui nous ont honorés par leur présence :

- L'Honorable Marc GARNEAU, Ministre des transports du Canada;
- Madame Christine ST-PIERRE, Ministre des Relations internationales et de la Francophonie du Québec; et
- Monsieur Denis CODERRE, Maire de Montréal.

Nous remercions également Hélène V. GAGNON, Présidente du conseil d'administration d'Aéro Montréal et vice-présidente, Affaires publiques et communications mondiales, CAE, d'avoir joué un rôle prépondérant pour stimuler les échanges et pour avoir contribué à extraire l'essence des idées concrètes exposées par les participants. Son apport a indéniablement permis à ce Sommet d'atteindre ses objectifs.

Avec le Comité d'organisation du Sommet Chaîne mondiale d'approvisionnement, nous avons préparé cet événement en nous concentrant sur deux objectifs spécifiques :

1. s'assurer que les PME comprennent le concept de l'Industrie 4.0 et comment l'intégrer avec succès dans leur modèle d'affaires;
2. permettre aux PME, grâce à des partenaires et à des fournisseurs de solutions, d'être accompagnées dans cette transformation.

Les conférenciers ont partagé leur expérience et des cas concrets d'application pour illustrer le concept du 4.0, son intégration dans l'entreprise et son degré de maturité. Par ailleurs, une **Zone Démo 4.0** a rassemblé 24 fournisseurs de solutions proposant les ressources nécessaires à la mise en œuvre du virage numérique dans nos entreprises. Nous tenons d'ailleurs à remercier Emploi-Québec qui a permis la réalisation de la **Zone Démo 4.0**. Emploi-Québec est un partenaire de premier plan qui a à cœur la transition 4.0 de notre industrie et qui soutient activement la

---

<sup>1</sup> Source : « Industrie 4.0. Les défis de la transformation numérique du modèle industriel allemand ». Auteurs : Dorothee Kohler et Jean-Daniel Weisz. La documentation Française, 2015.

formation d'une main-d'œuvre adaptée et spécialisée, sans qui le passage à l'usine du futur ne serait pas possible.

Nous tenons à souligner l'implication du Gouvernement du Québec aux côtés d'Aéro Montréal pour accompagner les PME à prendre ce virage. Nous sommes fiers de porter l'initiative **MACH FAB 4.0**, annoncée préalablement dans la Stratégie aérospatiale québécoise 2016-2026. Ce programme vise à soutenir dans les cinq prochaines années, 50 PME du secteur de l'aérospatiale dans leur passage vers l'industrie du futur.

Ce Livre blanc s'inscrit dans cette perspective : en plus de faire le compte rendu du Sommet Chaîne mondiale d'approvisionnement, nous avons souligné les étapes à suivre lors de l'implantation du 4.0 en entreprise. Nous sommes confiants que ce document contribuera à accroître la compétitivité de la chaîne d'approvisionnement québécoise en la positionnant comme leader dans le passage au 4.0.



**Suzanne M. Benoit, MBA**  
Présidente-directrice générale

## 2. Sommaire exécutif

La quatrième révolution industrielle est en train de prendre forme sous nos yeux et bouleverse le fonctionnement de l'ensemble des secteurs industriels. Toutes les technologies sur lesquelles est bâtie l'Industrie 4.0 existent déjà et s'intègrent au cœur des processus. Le paysage manufacturier de l'industrie aérospatiale se modifie lui aussi profondément pour prendre ce virage numérique. À l'échelle canadienne, la majeure partie des activités du secteur aérospatial se situe au Québec, notamment dans la grande région de Montréal. Capitale de l'aérospatiale du Canada, Montréal vise aussi à devenir une *supergrappe* de l'intelligence artificielle (IA). Cette grappe va fortement contribuer à ce que les entreprises de l'industrie aérospatiale prennent le virage 4.0 avec succès. Foyer d'innovation, l'industrie aérospatiale est soutenue activement tant par le gouvernement fédéral que le gouvernement provincial.

Avec l'avènement de l'Industrie du futur, les entreprises numérisent leurs actifs physiques et les intègrent dans des écosystèmes numériques, tout au long de la chaîne de valeur, ce qui permet de recueillir des quantités énormes de données pouvant être analysées en temps réel. Une fois en place, le 4.0 permet aux entreprises d'être plus innovantes, de répondre plus rapidement aux besoins de leurs clients tout en atteignant une plus grande efficacité opérationnelle. Avec des coûts d'opération diminués, une meilleure gestion des délais, des produits de qualité supérieure et des cycles réduits de développement des produits, la performance et la compétitivité des entreprises s'en trouvent considérablement améliorée.

Dans un contexte d'environnement ultra-compétitif, une chaîne d'approvisionnement devenue mondiale, des technologies évolutives et des produits de plus en plus complexes, les entreprises de l'industrie aérospatiale n'ont d'autre choix que de se transformer, de partager les meilleures pratiques et de s'adapter aux technologies de rupture. Les maîtres d'œuvre, au même titre que les sous-traitants ont des responsabilités dans l'implantation du 4.0. Prendre ce virage numérique, signifie pour une PME sous-traitante de s'adapter à cette réalité en repensant son modèle d'affaires. La confiance mutuelle, la transparence, le partage des données et la connectivité via une architecture ouverte sont primordiales pour que ces partenaires avancent ensemble dans une perspective d'efficacité et d'innovation. L'interconnexion de la chaîne d'approvisionnement permet d'optimiser la performance globale de l'ensemble des acteurs du secteur aérospatial.

L'entreprise d'aujourd'hui doit anticiper les bouleversements de demain, plutôt que de les subir. L'évolution des technologies numériques impose de faire évoluer l'organisation vers une culture numérique. Avec la numérisation, certaines tâches sont supprimées, mais les ressources libérées peuvent être allouées à des tâches et responsabilités à plus haute valeur ajoutée. L'accent doit être mis sur la formation des employés et les évolutions de compétences pour réussir la transformation de l'intérieur. Par ailleurs, des outils existent afin de connaître la maturité numérique de l'entreprise, qui peut alors déterminer les étapes à franchir et élaborer un plan d'action.

De nombreux leviers sont disponibles au Québec afin de favoriser le passage des PME à l'Industrie 4.0. **MACH FAB 4.0** est un programme qui accompagne et finance la transition numérique des PME. Par ailleurs, la formation ainsi que le recrutement de talents constituent des leviers majeurs dans la planification des besoins en main-d'œuvre. De nombreux programmes de formation sont disponibles et le site **emplois.aeroportail.ca**, permet aux entreprises et aux chercheurs d'emploi d'avoir accès à une banque de données centralisée. D'autre part, un accompagnement fait par des experts permet à toute entreprise qui souhaite prendre le virage 4.0 de s'assurer que les projets répondent aux enjeux stratégiques et qu'ils génèrent des retours sur investissement. La **Zone Démo 4.0** d'Aéro Montréal a permis aux participants du Sommet de connaître des fournisseurs de solutions ainsi que les ressources nécessaires à la mise en œuvre de l'industrie du futur dans leur organisation.

Les PME québécoises se trouvent dans une position unique pour saisir les opportunités engendrées par la quatrième révolution industrielle. Elles doivent toutefois agir dès maintenant en procédant à une démarche précise avec des étapes concrètes : élaboration d'une stratégie en fonction de la maturité numérique, réalisation de projets pilotes, détermination des ressources organisationnelles, humaines, financières et technologiques nécessaires, maîtrise de l'analyse des données, adaptation de l'ensemble de l'entreprise à cette nouvelle culture et utilisation de son écosystème afin de développer des partenariats.

### 3. Mise en contexte

À l'échelle canadienne, la majeure partie des activités aérospatiales est située au Québec. L'industrie aérospatiale est un foyer d'innovation où les entreprises investissent un dollar sur cinq en recherche et développement. En 2016, plus de 70 % de la R-D canadienne en aérospatiale s'est fait dans la région de Montréal.

Tant le gouvernement fédéral que le gouvernement provincial soutiennent activement l'industrie aérospatiale par divers mécanismes. Les deux paliers ont prévu également des mesures concrètes pour soutenir l'innovation au sein de leurs budgets 2017 respectifs. Le gouvernement canadien est bien conscient qu'une industrie aussi primordiale pour l'économie doit rester aux premières loges de l'innovation, tandis que le gouvernement du Québec, dans la même lignée, renforce la capacité d'innovation des entreprises québécoises.

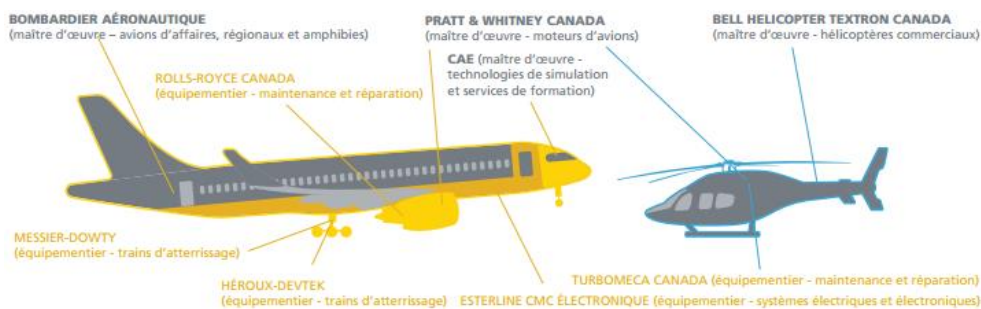
Capitale de l'aérospatiale du Canada et troisième plus grand centre aéronautique du monde, après Seattle et Toulouse, Montréal vise également à devenir une *supergrappe* de l'intelligence artificielle. Cette grappe va fortement contribuer à ce que les entreprises de l'industrie aérospatiale prennent le virage 4.0 avec succès.

#### 3.1 Industrie aérospatiale au Québec<sup>2</sup>

L'industrie aérospatiale compte parmi les secteurs les plus dynamiques de l'économie québécoise. Reconnu comme l'un des principaux moteurs de croissance et de création de richesse pour l'ensemble du Québec, ce secteur occupe une place stratégique dans l'économie québécoise, tout en étant une source de grande fierté. Au Québec, on compte plus de 205 entreprises et plus de la moitié des emplois de l'industrie au Canada se trouvent au Québec.

Le secteur aérospatial québécois emploie environ 40 000 personnes au Québec. Ce secteur est articulé autour de quatre grandes entreprises : Bombardier, Bell Hélicoptère Textron Canada, CAE et Pratt & Whitney Canada. Gravitent autour de ces maîtres d'œuvre, onze fournisseurs de premier rang, équipementiers et spécialistes de maintenance majeure et 188 sous-traitants.

#### Schéma 1 : L'industrie aérospatiale du grand Montréal : un réseau complet<sup>3</sup>



<sup>2</sup> Source : « Réinventer l'horizon, 2016-2026 ». Stratégie québécoise de l'aérospatiale.

<sup>3</sup> Source : « L'industrie aérospatiale du Grand Montréal ». Montréal International.



Afin d'assurer une formation de qualité à sa main-d'œuvre, l'industrie peut compter sur un système d'enseignement de haut niveau offrant des programmes variés en aérospatiale. On y retrouve des institutions d'enseignement de qualité qui dispensent de la formation couvrant le secondaire, le collégial et l'enseignement universitaire et les études de cycles supérieurs. Mentionnons à cet effet l'École nationale d'aérotechnique (ÉNA), l'École des métiers de l'aérospatiale de Montréal (ÉMAM), les Instituts aérospatiaux de Montréal (IAM) auxquels sont rattachés les six universités actives dans la recherche aérospatiale et plus de dix centres de recherche publics et parapublics de renom<sup>4</sup>.

La concertation et la mobilisation du milieu sont assurées par Aéro Montréal qui rassemble la grappe aérospatiale du Québec, en vue de soutenir la croissance et le rayonnement du secteur sur la scène mondiale. Deux organismes viennent appuyer Aéro Montréal par des mandats spécifiques : le Comité sectoriel de main-d'œuvre en aérospatiale du Québec (CAMAQ) qui répond aux besoins des entreprises et des travailleurs de l'industrie, et le Consortium de recherche et d'innovation en aérospatiale au Québec (CRIAQ) qui permet d'optimiser la recherche collaborative entre les universités et l'industrie.

Par ailleurs, des organisations internationales prestigieuses dans le domaine de l'aviation ont leur siège social à Montréal : l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), l'Association internationale du transport aérien (IATA) et la Fédération internationale des associations de pilotes de ligne.

« Le développement économique du Québec s'appuie sur trois piliers importants :  
1. L'entrepreneuriat, 2. Le manufacturier innovant, 3. Les exportations. [ ]  
Le secteur aérospatial répond à ces trois piliers de manière extrêmement pertinente ».

**Dominique Anglade**  
**Ministre de l'Économie, de la Science et de l'Innovation, Gouvernement du Québec**  
**Ministre responsable de la Stratégie numérique**

### 3.2 Implication du gouvernement fédéral

L'industrie aérospatiale participe directement à l'accroissement de la compétitivité mondiale du Canada grâce à ses entreprises innovantes.

L'engagement du gouvernement fédéral dans son budget 2017 concernant le soutien à l'innovation et la mise en place de *supergrappes* est un élément crucial pour le développement de l'industrie. Cet engagement bénéficie à l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement aérospatiale québécoise, permettant de se démarquer par rapport à la concurrence mondiale et favorisant sa contribution à l'économie du pays.

Le budget fédéral 2017 priorise l'innovation, le virage numérique et le développement des compétences, des enjeux directement reliés au passage des PME vers l'Industrie 4.0. Ces entreprises vont voir notamment leur accès à divers programmes simplifié par le Fonds stratégique pour l'innovation.

<sup>4</sup> Source : « Propulser les talents de l'aérospatiale pour l'Industrie 4.0 ». Livre blanc Aéro Talents, 2016.

« Dans notre budget de 2017, nous proposons de consacrer 1,26 milliard de dollars sur cinq ans à la création d'un **Fonds stratégique pour l'innovation**. Quelques programmes qui existent déjà comme l'initiative stratégique pour l'aérospatiale et la défense seront regroupés dans ce fonds. Le budget propose aussi un nouveau programme d'approvisionnement en haute technologie appelé, *Solutions innovatrices Canada*. [ ] Le budget attribue également six millions de dollars sur trois ans afin d'appuyer la croissance des entreprises en favorisant l'harmonisation des règlements avec ceux des partenaires commerciaux du Canada ».

L'honorable Marc Garneau  
Ministre des Transports, Gouvernement fédéral

### 3.3 Implication du gouvernement du Québec

Le Gouvernement du Québec soutient Aéro Montréal depuis sa création en 2006 et notamment depuis sept ans à travers l'initiative MACH. Mise en œuvre afin de soutenir à long terme la croissance stratégique de l'industrie aérospatiale québécoise, MACH agit auprès des entreprises du secteur de manière à stimuler la collaboration et l'innovation au sein de la chaîne d'approvisionnement. À ce jour, cette initiative a permis à 60 PME-fournisseurs d'être accompagnées par leurs parrains dans plus de 600 projets reliés à la performance de leur chaîne d'approvisionnement. En 2017, dix PME supplémentaires vont être intégrées au programme, dans une cinquième cohorte, et de nouveaux projets vont voir le jour au cours des trois prochaines années. Ainsi, tout près de quatre millions de dollars de nouveaux fonds publics ont été annoncés au cours des douze derniers mois pour soutenir ces projets.

« L'Industrie 4.0 est un véritable moteur pour la croissance économique du Québec et accroît notre visibilité auprès de la communauté internationale. [ ] Le Québec bâtit son avenir sur l'innovation et la créativité. [ ] La stratégie aérospatiale québécoise apporte une réponse concrète aux enjeux de l'industrie ».

Christine St-Pierre  
Ministre des Relations internationales et de la Francophonie, Gouvernement du Québec

L'évolution rapide du contexte mondial a conduit le gouvernement du Québec à récemment renforcer sa stratégie envers l'industrie aérospatiale, afin qu'elle poursuive son ascension et réalise son plein potentiel de croissance. Élaborée à partir d'une importante consultation auprès des acteurs de l'industrie, la Stratégie aérospatiale québécoise 2016-2026 s'articule autour de quatre axes<sup>5</sup> :

1. renforcer et diversifier la structure de l'industrie;
2. soutenir la croissance de l'industrie : appuyer les projets et investir dans la main-d'œuvre;
3. accompagner les PME dans leur développement; et
4. miser sur l'innovation.

<sup>5</sup> Source : « Réinventer l'horizon, 2016-2026 ». Stratégie québécoise de l'aérospatiale.

Le troisième axe de la Stratégie est entièrement consacré aux PME de l'aérospatiale et vise notamment à aider ces entreprises à réaliser avec succès leur passage à l'Industrie 4.0. À cet effet, trois mesures vont permettre de développer un secteur manufacturier innovant :

- **L'accompagnement des PME vers l'Industrie 4.0 : MACH FAB 4.0.**

L'initiative MACH FAB 4.0 permettra de soutenir 50 PME du secteur de l'aérospatiale dans leur passage vers l'entreprise numérique du futur. Fondée sur l'initiative MACH, le but de cette mesure est de favoriser l'implantation des technologies numériques et de la fabrication avancée au sein des PME participantes. La mise en œuvre de cette nouvelle initiative sera sous la responsabilité d'Aéro Montréal. L'investissement sera de 19 millions sur cinq ans : une contribution de 9,5 millions de dollars du gouvernement du Québec, à laquelle s'ajoute une contribution équivalente du secteur privé.

- **Des escouades d'intervention spécialisées dans le numérique.**

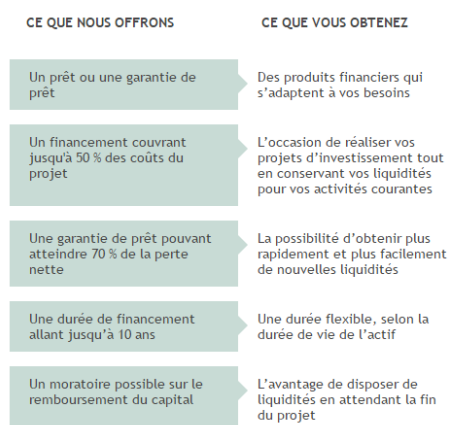
Ces escouades accompagneront les PME en dressant un diagnostic et en élaborant une planification stratégique. La Stratégie prévoit des ressources de près de 4 millions de dollars au cours des cinq prochaines années pour cette mesure.

- **Le soutien aux investissements pour le passage à l'Industrie 4.0.**

Cette mesure permettra de soutenir les PME ayant réalisé un diagnostic et une planification stratégique dans le cadre de MACH FAB 4.0 ou avec le soutien des escouades d'intervention spécialisées dans le numérique. Le soutien financier s'appliquera notamment à l'acquisition des équipements et des logiciels requis pour concrétiser les projets de transformation numérique et d'amélioration de la compétitivité.

- **Programme ESSOR d'Investissement Québec :** Ce programme est administré conjointement par Investissement Québec et le ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation. ESSOR est destiné aux entrepreneurs qui cherchent du financement pour réaliser un projet de développement majeur à long terme.

**Schéma 2 : ESSOR, la solution qui s'adapte à vos projets** <sup>6</sup>



<sup>6</sup> Source : <http://www.investquebec.com/quebec/fr/produits-financiers/toutes-nos-solutions/essor.html>

« La stratégie aérospatiale québécoise va favoriser le passage à l'Industrie 4.0, va stimuler les exportations, susciter l'innovation, le développement des produits et des nouveaux procédés ».

**Dominique Anglade**  
Ministre de l'Économie, de la Science et de l'Innovation,  
Ministre responsable de la Stratégie numérique,  
Gouvernement du Québec

### 3.4 Montréal : plateforme du 4.0

Montréal est une ville internationale qui célèbre cette année son 375<sup>e</sup> anniversaire. Dynamique, elle possède une communauté de *start-ups*, enclines à la créativité et à l'innovation, et un important bassin de main-d'œuvre qualifiée. À ce chapitre, Montréal a été élue la meilleure ville où étudier dans le monde, selon le classement *QS Best Student Cities 2017*<sup>7</sup>.

Reconnue comme l'une des trois capitales mondiales de l'aérospatiale, Montréal consolide également sa place comme plateforme du 4.0 et de l'intelligence artificielle. Avec plus de deux cents chercheurs dans ce domaine, la métropole est considérée comme une plaque tournante de l'intelligence artificielle. Montréal possède le plus grand centre de recherche en apprentissage profond au monde (*Deep learning Lab*), un domaine de pointe de l'intelligence artificielle. Yoshua Bengio, chercheur de l'Université de Montréal et considéré comme l'un des plus grands experts mondiaux de l'apprentissage profond, a cofondé Element AI. L'objectif de cette entreprise est de faire le pont entre les entrepreneurs, les grandes entreprises et les chercheurs du domaine de l'intelligence artificielle puis de créer des dizaines d'entreprises en démarrage et des centaines d'emplois à Montréal dans le domaine de l'intelligence artificielle.

Des géants de l'informatique ont élu domicile à Montréal et investissent dans la métropole, comme Google et Microsoft. Ce dernier vient d'acheter la *start-up* Maluuba, l'un des bijoux de l'intelligence artificielle – avec l'Université Mc Gill et l'Université de Montréal.

Tout récemment, le Centre de recherche industrielle du Québec et Festo, un géant mondial de l'Industrie 4.0, ont annoncé l'implantation du premier laboratoire cyber-physique au Canada dans l'arrondissement Saint-Laurent à Montréal pour accélérer la transformation numérique des manufacturiers innovants<sup>8</sup>.

« Montréal est une ville qui vous permettra d'exploiter vos entreprises, de faire partie de la solution et d'aller chercher de formidables partenaires qui vous aideront à prendre de l'expansion ».

**Monsieur Denis Coderre**  
Maire de Montréal

<sup>7</sup> Source : <https://www.topuniversities.com/best-student-cities>

<sup>8</sup> Source : <http://www.fil-information.gouv.qc.ca/Pages/Article.aspx?idArticle=2504203818>

## 4. Démystification du concept 4.0

L'avènement de la quatrième révolution industrielle – ou révolution numérique – suppose une utilisation intensive des technologies, la transmission instantanée d'information et une intégration horizontale dans l'entreprise. Les machines interconnectées dans les usines communiquent en temps réel non seulement entre elles mais également avec les produits, l'humain, les différents services de l'entreprise, les fournisseurs et les clients, entraînant alors une rupture et une forte diminution du travail en silo des processus de production jusqu'alors existants. On parle alors d'une réorganisation de la chaîne de valeur par la fusion du monde numérique et du monde réel des usines.

*« L'Industrie 4.0 ne concerne pas seulement les usines, mais touche à l'ensemble de l'entreprise ».*

**Hany Moustapha**  
Professeur et directeur, AÉROÉTS

### 4.1 L'Industrie 4.0 : origines et objectifs

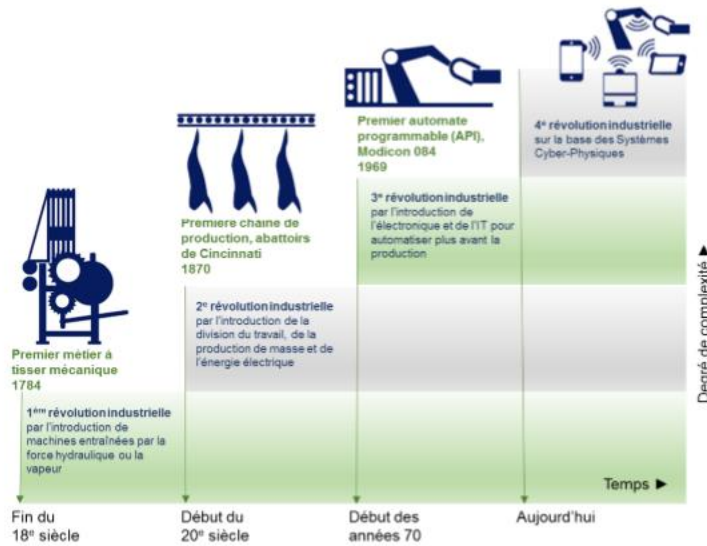
En 2011, l'Allemagne a été le premier pays à mettre en œuvre une politique industrielle centrée sur ce concept d'usine connectée. En Allemagne, la mise en œuvre du projet Industrie 4.0 reposait sur trois convictions<sup>9</sup> :

- l'avenir économique du pays passe par l'industrie;
- conserver la place de leader à l'international sur les marchés d'équipement;
- anticiper l'impact des technologies de l'information sur les processus de production afin de profiter des opportunités qu'elles offrent.

### Schéma 3 : Évolution de l'histoire industrielle<sup>10</sup>

<sup>9</sup> Source : « Industrie 4.0. Les défis de la transformation numérique du modèle industriel allemand ». Auteurs : Dorothée Kohler et Jean-Daniel Weisz. La documentation Française, 2015.

<sup>10</sup> Idem.



En suivant tout naturellement l'évolution de l'histoire industrielle, l'Industrie 4.0 engendre des progrès technologiques et des progrès en matière d'organisation du travail.

Dans l'Industrie 4.0, les entreprises numérisent leurs actifs physiques et les intègrent dans des écosystèmes numériques tout au long de la chaîne de valeur, des fournisseurs jusqu'aux consommateurs<sup>11</sup>.

L'objectif premier de l'Industrie 4.0 ne correspond pas à davantage d'automatisation, mais à plus d'intelligence dans la mise en réseau des machines entre elles et des machines avec les hommes<sup>12</sup>. Dans la nouvelle usine 4.0, on utilise les technologies de l'usine 3.0<sup>13</sup> en y intégrant des outils interconnectés et autonomes, gérés par l'intelligence artificielle, qui permettent la valorisation des données et la décentralisation des prises de décisions.

*« Les technologies nous permettent de rapprocher l'Internet et les ordinateurs des processus de production, brisant ainsi les barrières entre les vendeurs, les différents services, le processus de production, les fournisseurs et les clients ».*

**Éric Leduc**  
Chef de la direction de la transformation et de l'approvisionnement, Microsoft Canada

Les systèmes connectés vont recueillir des quantités énormes de données pouvant être analysées en temps réel; c'est ce qu'on nomme la gestion du « Big Data ». Ces informations, une fois exploitées, permettent d'optimiser la production, de faire de la maintenance prédictive, d'assurer une meilleure traçabilité ou être utilisées ultérieurement pour le développement de nouveaux produits ou services.

<sup>11</sup> Source : <http://www.pwc.com/ca/fr/industries/industry-4-0.html>

<sup>12</sup> Source : « Industrie 4.0. Les défis de la transformation numérique du modèle industriel allemand ». Auteurs : Dorothée Kohler et Jean-Daniel Weisz. La documentation Française, 2015.

<sup>13</sup> La troisième révolution industrielle. Graphique p.13

Les machines ne font plus seulement ce pour quoi elles sont programmées, mais elles fournissent également des données en temps réel. Ces informations recueillies permettent de prendre de meilleures décisions et de rendre la production plus efficace.

L'Industrie 4.0 permet d'optimiser constamment les ressources nécessaires : énergie, matières premières, machines et temps des employés pilotant les machines. Cette optimisation pour l'entreprise signifie une plus grande flexibilité à répondre aux besoins individuels – de séries limitées à des productions personnalisées à l'unité - maximisant ainsi la création de valeur pour ses clients.

Les utilisateurs vont avoir un accès de plus en plus démocratisé aux technologies avancées, que ce soit en termes d'utilisation simplifiée ou des coûts abordables. Avec les services infonuagiques (Le *Cloud*) pour stocker leurs données, les entreprises n'ont plus à investir dans l'infrastructure de la technologie de l'information.

## 4.2 Les technologies au service du 4.0

Les technologies qui permettent l'émergence de l'Industrie 4.0 existent déjà. Ce qui fait de l'Industrie 4.0 une révolution, c'est leur interaction via des processus et des équipements connectés. La machine communique déjà avec l'humain depuis longtemps, mais il y a un boom dans le développement de ces technologies actuellement et dans l'intégration de toutes ces nouveautés dans les entreprises<sup>14</sup>.

### Schéma 4 : Les technologies utilisées dans l'Industrie 4.0



D'autres technologies pourraient venir enrichir ce graphique, comme la communication inter-machine et l'intelligence artificielle, de même que de nouvelles technologies se grefferont dans le futur.

#### Extrait, présentation Hany Moustapha Professeur et directeur, AÉROÉTS

Dans l'Industrie 4.0, viennent s'ajouter aux chaînes de montage et aux robots, des appareils interconnectés et autonomes, gérés par l'intelligence artificielle pour prendre des décisions ou générer des alertes<sup>15</sup>. Ensemble de techniques permettant à des machines d'accomplir des tâches et de résoudre des problèmes normalement réservés aux humains, l'intelligence artificielle s'inspire du cerveau humain. L'intelligence artificielle va jouer un rôle déterminant dans la transformation numérique des entreprises. Quant à l'apprentissage profond, il s'agit d'une technologie basée sur les réseaux de neurones artificiels permettant à un programme de comprendre le langage parlé ou de reconnaître le contenu d'une image. L'apprentissage profond repousse les limites de l'intelligence artificielle.

« En se fondant sur la tendance dans les données, l'intelligence artificielle est la capacité de traiter des informations que les humains ne seraient pas capables de voir ».

**Naomi Goldapple**  
Directrice de programmes, Element AI

<sup>14</sup> Source : <http://affaires.lapresse.ca/portfolio/ingenieurs/201611/03/01-5037337-industrie-40-les-donnees-au-service-du-genie.php>

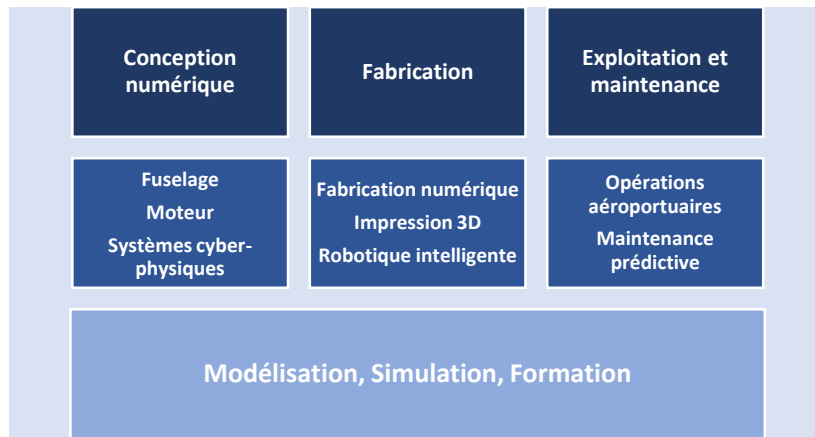
<sup>15</sup> Source : <http://www.lapresse.ca/le-soleil/affaires/techno/201611/13/01-5040840-revolution-numerique-pour-le-monde-industriel.php>



### 4.3 Les applications de l'intelligence artificielle dans l'industrie aérospatiale

Les applications de l'intelligence artificielle sont nombreuses et dans des secteurs très variés. L'automatisation de l'industrie aérospatiale est un sujet complexe d'autant plus que les questions de sécurité sont essentielles. Cependant les opportunités d'automatisation sont nombreuses et se développent de plus en plus grâce à l'intelligence artificielle.

**Schéma 5 : les applications de l'IA dans les différents domaines de l'aérospatiale**



Citons en exemple GE Aviation de Bromont. « Lors des procédés de réparation de moteurs d'avion, l'intelligence artificielle permet au robot de comprendre le contexte, d'identifier les anomalies et où se situent-elles. Le robot peut prendre les bonnes décisions, plus efficacement que l'humain, pour la réparation », explique John Karigiannis, chercheur principal au Centre Mondial de R&D Automatisation et Robotique, GE Aviation. De la même façon, « les robots, grâce à l'intelligence artificielle, assurent un contrôle qualité sans faille lors de la construction des moteurs », ajoute-t-il.

Le programme informatique d'intelligence artificielle Watson conçu par IBM, a trouvé la corrélation entre la température et l'usure des freins sur l'A350 XWB ayant permis à Airbus de faire de la maintenance préventive évitant des retards coûteux aux compagnies d'aviation. En effet, cet avion a à son bord environ 50 000 capteurs qui fournissent pêle-mêle 2,5 téraoctets de données quotidiennement. L'IA permet de découvrir des corrélations et des problèmes que l'être humain n'aurait pu discerner avec autant de facilité et de rapidité<sup>16</sup>.

L'IA permet à l'industrie aérospatiale de diminuer le risque humain, de diminuer les coûts, d'augmenter la vitesse de production et la qualité des produits finis. Les bancs d'essai virtuels sont en train de révolutionner les façons de tester les moteurs. « On fait maintenant la majorité des tests de façon virtuelle, puis quelques-uns réels, ce qui minimise grandement les coûts », explique Hany Moustapha<sup>17</sup>. À court ou moyen terme, l'inspection des avions se fera vraisemblablement avec des drones<sup>18</sup>.

<sup>16</sup> Information issue de la présentation de Naomi Goldapple, ELEMENT AI

<sup>17</sup> Source : <http://affaires.lapresse.ca/portfolio/ingenieurs/201611/03/01-5037337-industrie-40-les-donnees-au-service-du-genie.php>

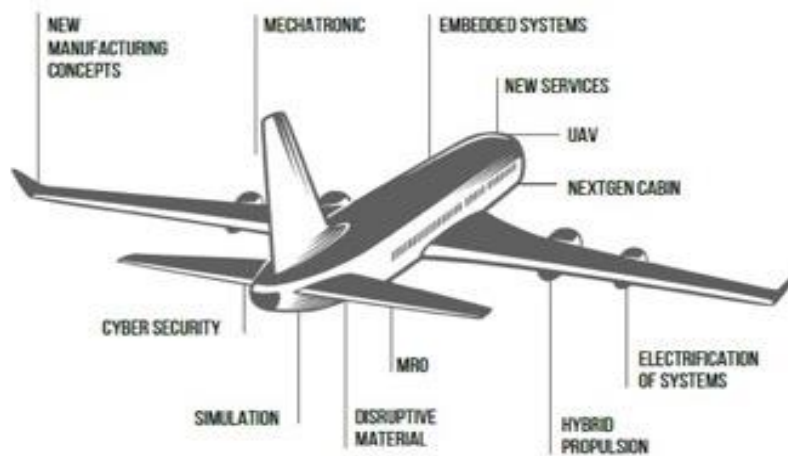
<sup>18</sup> Source : <http://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1018950/automatisation-revolution-technologique-bouleversement-monde-travail-robot-execution-tache>

L'industrie aérospatiale a beaucoup à gagner des progrès réalisés en intelligence artificielle. Le contraire est également vrai : l'aérospatial est sans contredit un secteur qui va porter celui de l'intelligence artificielle. En effet, l'industrie aérospatiale, en tant qu'industrie de précision, permet à l'IA d'optimiser et de développer ses propres systèmes en lui offrant un véritable terrain d'expertise et d'essais.

#### 4.4 Des *start-ups* qui bousculent les modèles

Le monde des technologies de l'information s'intéresse à l'industrie aérospatiale et vice-versa.

#### Schéma 6 : les domaines émergents de l'aviation



#### Extrait, présentation de Van Espahbodi Co-fondateur, Starburst Accelerator

Tous les types d'innovation peuvent contribuer à l'évolution de l'industrie : les matériaux, les processus, l'expérience-client, la numérisation, les modèles d'affaires, etc. On voit émerger des domaines du secteur aérospatial dans lesquels les *start-ups* développent de nouvelles technologies.

Starburst Accelerator est un nouveau modèle d'incubateur mondial, reposant sur un modèle ouvert, et fondé sur la collaboration entre grands groupes et *start-ups*. Les entreprises partenaires, des maîtres d'œuvre, paient une cotisation annuelle leur permettant de participer aux comités de sélection de *start-ups* candidates qui proposent des technologies innovantes. En 2016, Starburst Accelerator a représenté 300 *start-ups*, les mettant en relation avec les grands groupes.

*« Quand on pense à notre industrie il y a seulement dix ans... les évolutions technologiques sont immenses. Alors, imaginons-nous maintenant dans dix ans! En prenant adéquatement le virage numérique, les technologies peuvent amener votre entreprise vers des opportunités d'affaires très lucratives ».*

**Joseph C. Anselmo**  
Éditeur en chef, Aviation Week & Space Technology

## 5. Impact du 4.0 sur la chaîne d'approvisionnement

À l'instar des autres industries, l'aérospatiale a évolué considérablement au cours des deux dernières décennies. Un nouvel environnement ultra-compétitif, des clients qui détiennent de plus en plus de pouvoir et de choix et une chaîne d'approvisionnement devenue mondiale constituent des enjeux nouveaux auxquels doit faire face l'industrie. Par ailleurs, des technologies évolutives et des produits de plus en plus complexes viennent se greffer à ces enjeux.

Dans ce contexte, il est primordial pour les entreprises du secteur de se transformer, de collaborer, de partager les meilleures pratiques et de s'adapter aux technologies de rupture caractéristiques de l'Industrie 4.0. Les maîtres d'œuvre tout comme les sous-traitants ont des responsabilités dans l'implantation du 4.0.

*« Dans le contexte mondial, la gestion de la chaîne d'approvisionnement se retrouve à l'avant-plan de multiples enjeux. Cette constatation est particulièrement vraie dans l'industrie aérospatiale. Non seulement, en raison de la nature des produits que nous fabriquons, mais également, en raison de notre empreinte environnementale et de la complexité grandissante de notre chaîne d'approvisionnement.*

*Lorsqu'on regarde la chaîne de valeur de notre industrie - depuis l'extracteur de matière première qui peut se situer dans n'importe quelle partie du monde jusqu'au passager qui veut voyager d'un point A à un point B - le point commun entre chaque membre de la chaîne de valeur, c'est qu'il voit le monde selon trois perspectives : fiabilité, accessibilité et durabilité.*

*Pour répondre à ces trois exigences, la façon dont nous procurons nos services professionnels, la manière dont nous entretenons nos relations et la manière dont nous engageons chaque niveau de notre chaîne d'approvisionnement sont essentielles.*

*Afin d'y parvenir, un des facteurs clés de succès est de comprendre cette industrie dynamique qu'est l'industrie aérospatiale, et de comprendre comment y intégrer, les améliorations continues ainsi que les technologies de rupture, comme l'Industrie 4.0 ».*

**Jim Vounassis**

**Chef de la direction de la transformation et de l'approvisionnement, Bombardier Inc.**

*« Le rythme auquel les transformations se réalisent dans notre industrie va s'accélérer et nous ne pouvons l'arrêter. Les décisions que l'on prend maintenant, les investissements effectués dans les stratégies et les technologies vont avoir un impact considérable pour le futur ».*

**Graham Warwick**

**Directeur de la rédaction, Technology Aviation Week & Space Technology**

## 5.1 Les enjeux des maîtres d'œuvre

L'industrie aérospatiale doit faire face à une croissance exponentielle de l'aviation commerciale afin de refléter le doublement du transport aérien tous les 15 ans<sup>19</sup>. Sur le nouvel échiquier mondial très compétitif, les grandes entreprises du secteur sont en recherche constante de nouveaux moyens afin de réduire leurs coûts. Face aux enjeux d'amélioration de rendement et d'augmentation des taux de production qui en résulte, ces entreprises doivent penser à une réorganisation de leurs opérations avec des usines connectées et flexibles, et ce, à travers toute leur chaîne d'approvisionnement.

Elles doivent donc relever un double défi : intégrer harmonieusement les technologies dans leur propre environnement de production, tout en convainquant leurs fournisseurs stratégiques à s'engager dans le 4.0 et dans la transformation de leur système de production. Le maître d'œuvre va inciter par exemple ses sous-traitants à revoir ses procédés de qualité et de livraison afin que les systèmes soient reliés et capables d'échanger des informations exploitables. Le 4.0 entraîne donc des bouleversements sur les différents niveaux de la chaîne d'approvisionnement.

L'entreprise connectée peut désormais exploiter des données d'usage transmises grâce à la numérisation des équipements et des objets connectés. On assiste à une migration de la création de valeur de l'entreprise vers des lieux où sont récupérées et exploitées les données d'usage des clients<sup>20</sup>. Une usine 4.0 type associe par exemple des automates pilotant la fabrication, des capteurs recueillant l'information, l'exploitant et la transmettant, des logiciels de gestion du cycle de vie des produits, ainsi que des technologies émergentes en fabrication avancée<sup>21</sup>.

*« L'usine de Bombardier à Montréal est en charge, entre autres, de la construction du fuselage arrière du CSéries. L'alliage utilisé d'aluminium-lithium permet de réduire le poids des avions, d'optimiser leurs coûts de production et de diminuer leur empreinte environnementale. Des processus automatisés par l'utilisation de robots constituent la clé afin d'économiser sur les matières premières et obtenir la meilleure stabilité dans la fabrication. Grâce à sa précision, le robot permet une grande flexibilité tout en éliminant le risque humain ».*

**Jean-Philippe Marouzé**

**Directeur, Produits et Chaîne de Valeur des Composites Avancés, Bombardier**

Citons comme autre exemple le fabricant de moteurs d'avion Rolls Royce<sup>22</sup>. Avec la numérisation des équipements et des objets connectés, et l'exploitation des données provenant par exemple des capteurs émettant des milliers de signaux, Rolls Royce a reconnu l'opportunité de développer de nouveaux services. En procurant des informations précieuses à ses clients - sur le rendement du moteur, la trajectoire de vol ou bien encore les données météo stratégiques - l'entreprise leur permet, entre autres, d'optimiser leur consommation de carburant engendrant annuellement des économies de dizaines de millions de dollars.

<sup>19</sup> Source : « Manufacturing's Coming Revolution ». Anthony L. Velocci. Aviation Week & Space Technology, January 9-22, 2017.

<sup>20</sup> Source : « Industrie 4.0. Les défis de la transformation numérique du modèle industriel allemand ». Auteurs : Dorothée Kohler et Jean-Daniel Weisz. La documentation Française, 2015.

<sup>21</sup> Source : « Réinventer l'horizon, 2016-2026 ». Stratégie québécoise de l'aérospatiale, p.40.

<sup>22</sup> Présentation d'Éric Leduc, Chef de la direction de la transformation et de l'approvisionnement, Microsoft Canada.

## 5.2 Les enjeux des fournisseurs

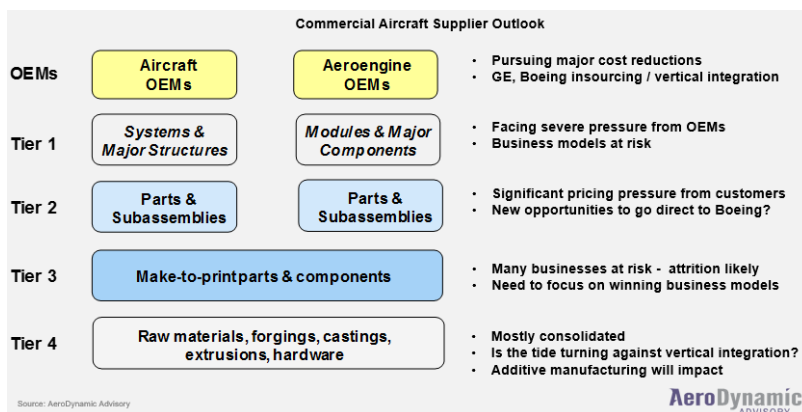
Dans ce contexte, les PME fournisseurs des maîtres d’œuvre vivent une transformation profonde de leur environnement puisqu’elles sont partie intégrante du processus de production, avec des chaînes d’approvisionnement de plus en plus mondialisées et une compétition plus vive. Le maître d’œuvre souhaite réduire le nombre de ses sous-traitants, qui eux se voient confier la responsabilité de conception, de fabrication et d’assemblage de systèmes complets.

La nature des relations entre maîtres d’œuvre et leurs sous-traitants s’en trouvent considérablement modifiée. Ces PME sont considérées de plus en plus comme des partenaires pour leur client et doivent procéder à des mutations afin de s’intégrer dans cet environnement compétitif. Prendre le virage 4.0 signifie pour une PME sous-traitante, de s’adapter à cette réalité en repensant son modèle d’affaires si elle souhaite rester le fournisseur de son maître d’œuvre.

Selon le projet Mapping PME<sup>23</sup>, d’Aéro Montréal, ces entreprises ont cependant besoin d’informations concrètes et de transparence de la part des maîtres d’œuvre afin de pouvoir bâtir sainement leur nouvelle stratégie. Elles doivent avoir une bonne compréhension des stratégies d’approvisionnement des maîtres d’œuvre. La transparence de ces derniers représente un enjeu majeur qu’il va falloir solutionner rapidement. C’est à cette condition que, et les PME, et les maîtres d’œuvre sortiront gagnantes du virage numérique dans la chaîne de valeur mondiale.

Les entreprises situées entre les maîtres d’œuvre et les PME plus petites ont un rôle d’entraînement dans la diffusion de la numérisation au sein de l’industrie.

### Schéma 7 : Les impacts de l’Industrie 4.0 sur la chaîne d’approvisionnement



Extrait, présentation de Kevin Michaels  
 Directeur général, AeroDynamic

<sup>23</sup> Mapping PME : ce projet d’Aéro Montréal en cours de réalisation vise à connaître les tendances, les enjeux et les besoins en établissant le portrait des PME québécoises du secteur aérospatial.

### 5.3 Chaîne d’approvisionnement en mutation

Les PME de l’aérospatiale doivent s’intégrer davantage à la chaîne d’approvisionnement mondiale. Cette présence sur les marchés internationaux dépend, entre autres, de leur passage réussi à l’industrie 4.0. Les entreprises doivent collaborer entre elles, entre client et sous-traitants et entre équipes sur l’ensemble de la chaîne de valeur. La collaboration est primordiale considérant d’autant plus la rapidité à laquelle les transformations technologiques ont lieu.

« Ce virage se fera inexorablement et les entreprises n’ont plus le choix que de l’entreprendre si elles veulent rester dans la course sur le long terme. Les deux questions que doivent aujourd’hui se poser les fournisseurs sont : quelle est votre vision et où voulez-vous aller? Qu’allez-vous faire pour vous assurer de vous y rendre ? »

**Anthony L. Velocci**

**Ex-éditeur en chef, Aviation Week & Space Technology**

Avec l’Industrie 4.0, des changements radicaux se réalisent tout au long de la chaîne de valeur et la mise en réseau est au cœur de la création de valeur.

L’Industrie 4.0 implique pour les sous-traitants une diminution du temps de réponse au client, et entraîne ainsi une amélioration du taux de service. Comme les maîtres d’œuvre, les PME fournisseurs vont alors tendre vers un modèle d’affaires axé sur les services.

*« Nous devons nous assurer que nos fournisseurs répondent le plus vite possible à nos demandes. Nous avons un certain leadership à fournir aux acteurs de notre chaîne d’approvisionnement. Des investissements et de l’accompagnement sont nécessaires chez les fournisseurs qui peuvent nous aider. »*

**Jill Christenson**

**Sr. Manager Supplier Management Aircraft Materials & Structures Strategy, The Boeing Company**

De nombreux maîtres d’œuvre investissent temps et argent pour implanter des projets en partenariat avec leurs sous-traitants, et ce, dans un esprit de collaboration. Ce faisant, les fournisseurs doivent parfois renoncer à des profits à court terme afin d’investir dans des solutions numériques qui leur permettront de rester un partenaire stratégique avec leur client dans les prochaines années. Ils doivent également réfléchir à un nouveau modèle d’affaires et une nouvelle organisation du travail, représentant des sources d’incertitudes et un frein pour ces PME.

La confiance mutuelle, la transparence, le partage des données et la connectivité via une architecture ouverte sont primordiales pour que ces partenaires avancent ensemble dans une perspective d’efficacité, de rentabilité et d’innovation.

Un des facteurs clés de succès du partage des données réside dans l’interopérabilité. Et cette interopérabilité passe forcément par l’ouverture et le partage des plateformes, normes et protocoles<sup>24</sup>. Les technologies ouvertes et bien entendu, sécurisées, jouent un rôle primordial pour construire les fondations, gages de productivité. L’évolution des technologies numériques a amélioré les outils de gestion tandis que l’apparition d’équipements connectés et intelligents a permis l’apparition de nouveaux indicateurs de performance et par conséquent, de l’information à valeur ajoutée pour les entreprises.

<sup>24</sup> Source : <https://www.industrie-techno.com/l-industrie-4-0-sera-open-source-ou-ne-sera-pas.45567>

« Nous nous sommes aperçus il y a cinq ans que nous devons élever la qualité de nos produits tout en diminuant nos coûts de production. En passant à l'Industrie 4.0, nous avons dû nous adapter à de nouvelles façons de procéder. Tout notre modèle d'affaires s'est transformé. La première étape par laquelle nous sommes passés fut la transformation de notre culture d'entreprise tout en préparant nos employés de tous les niveaux à ce profond changement de mentalité, à travers la communication et la formation. Toutes nos façons de faire et de penser ont dû être modifiées : la manière dont nous travaillons, la façon dont nous pensons la qualité, la production, les données ».

**Tim Beatty**  
Président, Bullen Ultrasonics

Quelles sont les questions que doivent se poser les gestionnaires d'une PME avant d'entreprendre le virage? Il faut préalablement se demander comment l'Industrie 4.0 dans la production peut être génératrice de gains et de nouveaux avantages compétitifs.

Des modifications sur les équipements sont nécessaires afin que ceux-ci communiquent entre eux, indifféremment de la marque et de la date de construction. Ils doivent être également modulaires afin d'être capables de produire des petites séries en fonction des commandes du maître d'œuvre. Cette transformation nécessite des investissements dans les technologies, dans la conception assistée par ordinateur, la formation et de nombreux essais-erreurs dans l'apprentissage de l'optimisation des nouveaux processus. L'analyse des données que fournissent les équipements devient la prochaine étape dans le passage à l'Industrie 4.0. Et, tout au long de cet apprentissage, la formation des employés joue un rôle primordial.

### Schéma 8 : Les enjeux et les dimensions de l'entreprise prenant le virage 4.0<sup>25</sup>



<sup>25</sup> Source : ©Conception et réalisation KOHLER Consulting & Coaching

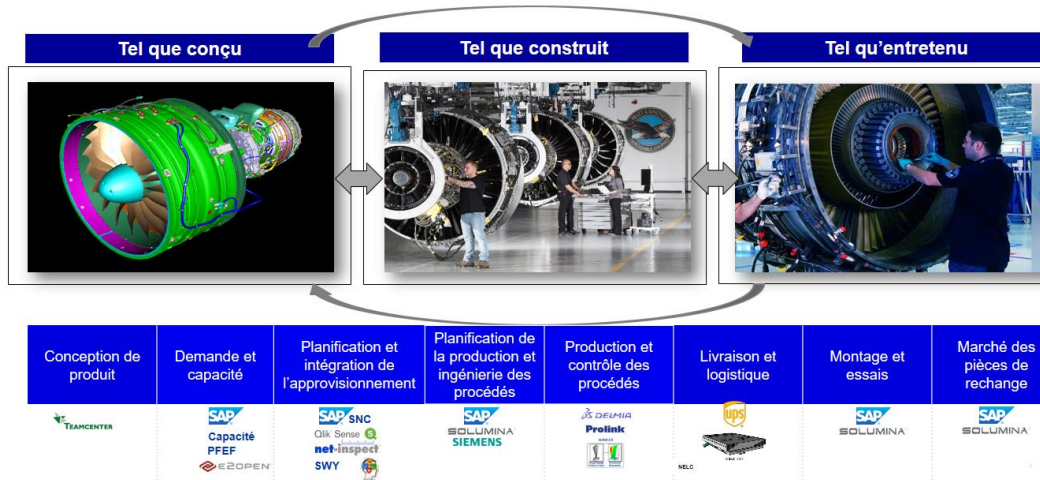
## 5.4 Optimiser la performance par l'interconnexion

La complexité de la gestion de la chaîne d'approvisionnement a augmenté significativement.

Dans ce contexte, il est impératif que le maître d'œuvre accompagne et supporte ses fournisseurs dans leur virage vers l'Industrie 4.0, que ce soit en matière de conseils ou de gestion de risques. En même temps, en s'intégrant chez ses fournisseurs, ces derniers lui permettent d'accéder à de l'information en temps réel.

Citons en exemple Pratt & Whitney qui va sous-traiter 80 % de sa prochaine génération de moteurs, contre 55 % actuellement. L'entreprise a mis en place une gestion proactive des risques de sa base d'approvisionnement et traite ainsi plus de 90 000 risques quotidiennement, des risques signalés par les milliers de données et d'indicateurs avancés en provenance de multiples sources. L'usine intelligente et l'entreprise numérique constituent la pièce maîtresse de la collecte des données.

### Schéma 9 : Visibilité et connexion du début à la fin



#### Extrait, présentation de Shane Eddy

#### Vice-président principal, Exploitation, Pratt & Whitney

« L'ensemble des actions entreprises actuellement dans l'industrie aérospatiale en matière de 4.0, doit avoir pour résultat un bénéfice pour les clients. Ces derniers veulent une qualité parfaite, particulièrement dans cette industrie, une livraison ponctuelle et des coûts bas. Les investissements qu'ont faits certains de nos fournisseurs dans le 4.0 leur ont permis d'être sur notre liste de fournisseurs pour notre prochaine génération de moteurs. Actuellement 50 % de nos fournisseurs sont performants. Et avec la complexité grandissante de nos opérations, nos fournisseurs devront tous être performants ».

Shane Eddy

Vice-président principal, Exploitation, Pratt & Whitney



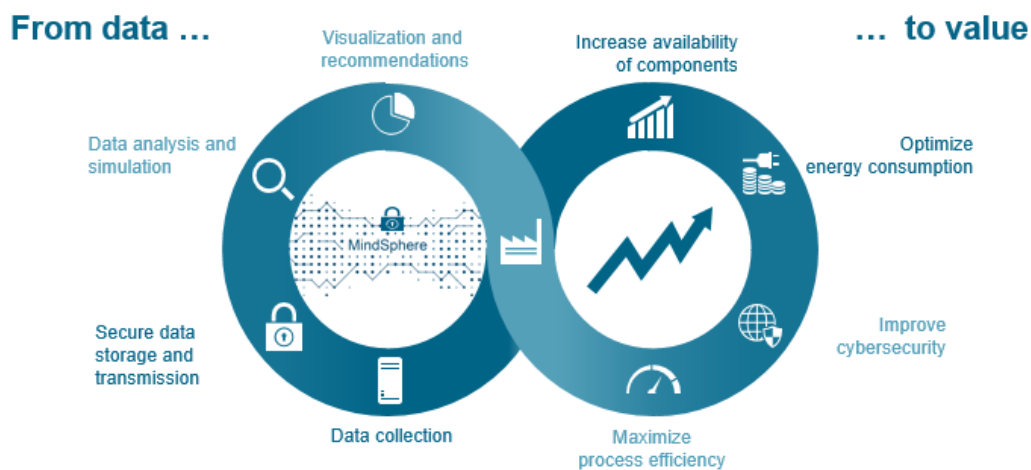
## 5.5 Création de valeur par l'exploitation des données d'usage

« Avec l'Industrie 4.0, nous revenons vers l'artisanat. Et qu'est-ce qu'un artisan? C'est une personne qui crée de la valeur. Nous avons besoin de création de valeur à grande échelle. C'est ce que les grandes entreprises recherchent et c'est une opportunité fantastique pour les PME ».

**Jeff Z. Gazidis**  
Directeur, Aérospatiale, Siemens Canada

Avec la numérisation des équipements et les objets connectés, l'entreprise est en mesure d'exploiter des données d'usage transmises. On assiste à une migration de la création de valeur de l'entreprise vers des lieux où sont récupérées et exploitées les données d'usage des clients<sup>26</sup>. Ces données permettent au client final d'accomplir sa mission plus efficacement.

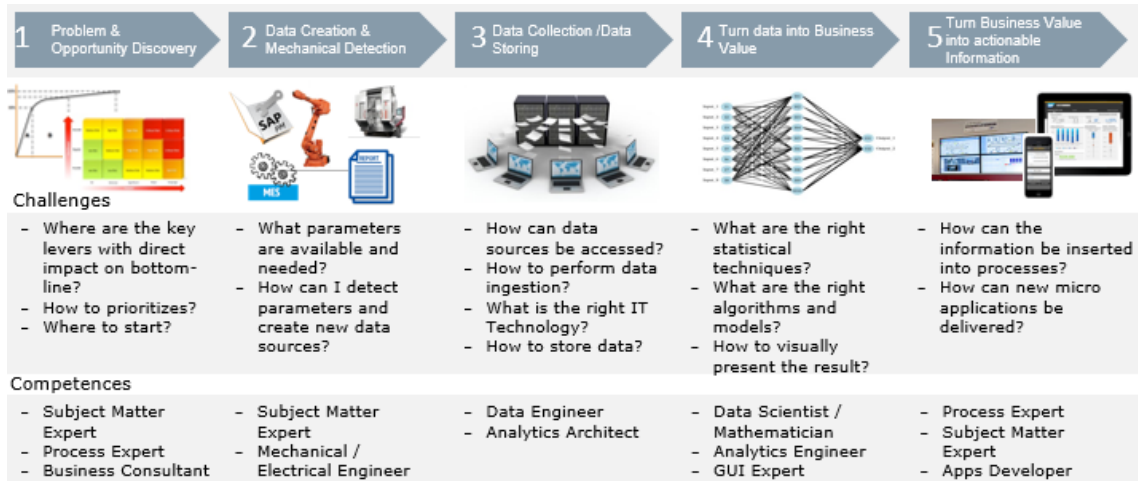
### Schéma 10 : Création de valeur à partir des données



Extrait, présentation Jeff Z. Gazidis  
Directeur, Aérospatiale, Siemens Canada

<sup>26</sup> Source : « Industrie 4.0. Les défis de la transformation numérique du modèle industriel allemand ». Auteurs : Dorothee Kohler et Jean-Daniel Weisz. La documentation Française, 2015.

## Schéma 11 : 5 étapes pour transformer les données en information exploitable



Extrait, présentation Jeff Z. Gazidis  
 Directeur, Aérospatiale, Siemens Canada

## 6. Intégration du 4.0 dans les PME

L'entreprise d'aujourd'hui doit anticiper les bouleversements de demain, plutôt que de les subir. À l'instar des précédentes révolutions industrielles, cette nouvelle ère va être accompagnée de progrès sociaux, humains et de productivité. Selon diverses sources, et contrairement aux idées préconçues, cette nouvelle ère s'accompagnera d'une création d'emplois à valeur ajoutée. Le progrès scientifique et technique n'a de sens que s'il améliore la condition humaine.

*« Avec le virage 4.0 que nous avons pris, nous avons été capables de doubler nos revenus ces trois dernières années, car nos prix ont chuté et la demande a été plus forte. Nos clients sont également plus compétitifs sur les marchés. Les tâches de nos gens ont été transformées et nous avons gardé l'ensemble de nos employés en les formant à leurs nouvelles responsabilités ».*

**Tim Beatty**  
Président, Bullen Ultrasonics

Vecteur de transformation de l'industrie aérospatiale, l'Industrie 4.0 passe par la révolution du Big data. Cette révolution repose sur la capacité des entreprises à analyser ces données et à en tirer profit en matière d'innovation, de production, de relation commerciale et *in fine* de marges bénéficiaires<sup>27</sup>. Ce ne sont pas les plus gros qui mangeront les petits... mais les plus rapides qui mangeront les plus lents!<sup>28</sup>

### 6.1 L'humain au cœur du 4.0

Avec l'avènement de l'Industrie 4.0, certaines tâches sont supprimées, mais les ressources libérées peuvent être allouées à des tâches et responsabilités à plus haute valeur ajoutée. Les enjeux de la numérisation sur l'emploi et sur l'organisation du travail sont réels. En Allemagne, là où tout a commencé, les acteurs allemands ont cependant tendance à privilégier une approche pragmatique et locale visant à identifier de manière concrète les zones d'impact du numérique dans l'usine<sup>29</sup>. Plusieurs études ont été menées dans ce pays pour déterminer l'impact de l'Industrie 4.0 : les machines ne remplaceront pas l'homme. L'agilité, la facilité d'adaptation et la formation sont les mots d'ordre. La numérisation permettra plus d'autonomie avec des tâches plus attrayantes et évolutives, y compris pour les postes moins qualifiés.

<sup>27</sup> Source : « Industrie 4.0. Les défis de la transformation numérique du modèle industriel allemand ». Auteurs : Dorothee Kohler et Jean-Daniel Weisz. La documentation Française, 2015.

<sup>28</sup> Idem.

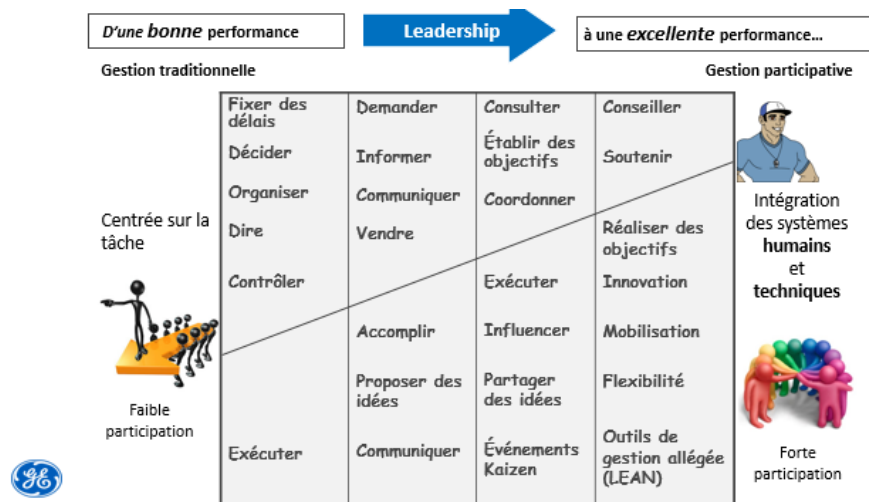
<sup>29</sup> Idem.

## GE Aviation, usine de Bromont : une culture de gestion participative

GE Aviation est un chef de file mondial des fournisseurs de services d’aviation et un des principaux producteurs de réacteurs d’avion. L’usine de Bromont, avec un portefeuille de 800 produits utilisés dans des moteurs d’avion d’avant-garde, a réalisé une véritable transformation digitale de ses opérations. Cette numérisation a permis à ses clients d’être mieux servis et à l’ensemble de ses sous-traitants de réduire considérablement le temps de cycle des pièces tout en améliorant leur qualité. Les procédés de fabrication et de réparation de moteurs d’avion sont automatisés. Les premiers robots sont apparus dès 1983. En 2013, la compagnie a inauguré son centre de recherche et de développement en robotique, automatisation et instrumentation. Avec plus de 500 machines contrôlées numériquement ainsi que près de 200 robots, l’usine bromontoise a actuellement une capacité de production de plus de 60 000 aubes de compresseurs de moteurs d’aéronefs par semaine.

En 2016, GE Bromont a fabriqué 3,3 millions de pièces, ce qui aurait été impossible sans l’automatisation et la robotique. L’humain a été au cœur de cette transformation vers la numérisation, GE Bromont s’assurant que la priorité soit mise sur les employés. Avec une fabrication de pointe en plein essor, l’organisation du travail à l’usine de Bromont se distingue par la prédominance du travail d’équipe. Le milieu de travail non syndiqué est régi par une gestion participative. Les équipes sont autonomes et dynamiques, cherchant sans cesse à s’améliorer en allant chercher le meilleur de chacun pour offrir le meilleur produit possible. Chaque décision est prise en équipe par les employés impliqués qui font partie intégrante des processus. Les employés identifient les problèmes, trouvent les solutions et les implantent. Ils développent alors des compétences techniques et relationnelles.

### Schéma 12 : Modèle de gestion de l’usine GE Aviation de Bromont



Extrait, présentation de Johanne Jolicoeur  
Partenaire d'affaires ressources humaines, GE Aviation Canada

Avec la robotisation de l'usine, les résultats concrets sont rapidement apparus :

- diminution des risques d'accidents et de blessures;
- enrichissement des tâches avec des opérateurs flexibles et polyvalents et des employés mobilisés;
- amélioration des conditions de travail (ex. : quarts de travail équilibrés, automatisation de tâches contraignantes);
- amélioration de la qualité des pièces;
- diminution du temps de cycle de production et augmentation de la productivité (amélioration continue);
- augmentation de la capacité et accroissement du portefeuille de produits.

*« L'important c'est d'avoir un équilibre entre les humains et les technologies. Vous pouvez avoir les meilleures technologies au monde, si vos employés ne sont pas engagés dans le processus et mobilisés, votre stratégie technologique échouera. En améliorant la productivité grâce à la robotisation, nous trouvons les moyens d'accéder à d'autres marchés en offrant de nouveaux produits. Ce message nous a toujours soutenus lorsque l'entreprise a dû faire face à de la résistance au changement ».*

**Johanne Jolicoeur**

**Partenaire d'affaires ressources humaines, GE Aviation Canada**

## 6.2 Formation des employés pour assurer la culture de transformation<sup>30</sup>

L'accent doit être mis sur la formation des employés et l'acquisition de compétences génériques pour réussir la transformation de l'intérieur. Les métiers vont effectivement se transformer avec la numérisation de la chaîne de valeur. Il faut assurer que les entreprises disposent d'un bassin de main-d'œuvre solide et d'une relève dont les compétences deviendront de plus en plus spécialisées.

Les enjeux directement reliés à la formation sont nombreux : adaptabilité de la production aux nouvelles technologies, accès pour les entreprises et les institutions d'enseignement à du financement pour investir dans de l'équipement à la fine pointe des technologies, formation intégrée aux besoins réels des entreprises, programmes de sensibilisation des jeunes aux sciences et aux technologies, acquisition de nouvelles compétences, transfert des connaissances et gestion plus efficace des ressources.

Ces dernières années, s'est établie une véritable collaboration entre l'industrie et les milieux de l'enseignement donnant naissance à des programmes de plus en plus ciblés et des projets de recherche et développement enrichis. Il reste cependant beaucoup de travail à faire pour assurer l'adéquation entre les besoins des entreprises et la formation adaptée au 4.0 des travailleurs.

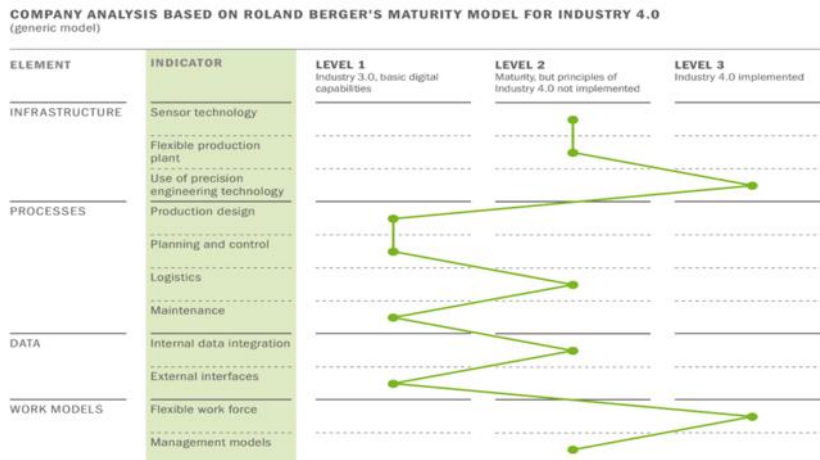
<sup>30</sup> Source : « Propulser les talents de l'aérospatiale pour l'Industrie 4.0 ». Livre blanc Aéro Talent, 2016.

### 6.3 Mesurer le succès de l’implantation du 4.0 dans une entreprise

L’évolution des technologies numériques impose de faire évoluer l’organisation vers une culture numérique. Afin de demeurer compétitif, il est nécessaire d’évaluer les technologies présentes et de faire le constat de la situation actuelle dans l’entreprise, et déterminer les étapes à franchir et élaborer un plan d’action. En d’autres mots, il est crucial de démarrer maintenant, quels que soient l’envergure des actifs numériques, le niveau de maîtrise des outils, le degré de maturité de chacune des technologies et, globalement, la maturité numérique de l’organisation<sup>31</sup>.

Plusieurs modèles existent lorsqu’on traite de maturité numérique pour une entreprise.

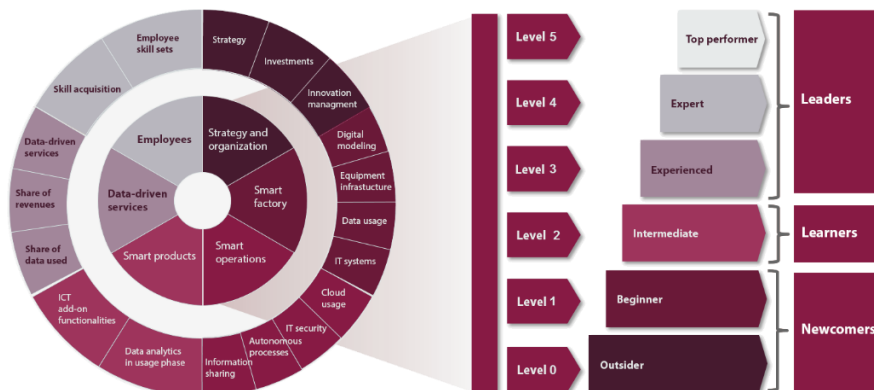
**Schéma 13 : Modèle pour la maturité numérique pour l’Industrie 4.0 de Roland Berger**



Extrait, présentation Hany Moustapha  
Professeur et directeur, AÉROÉTS

Dans ce modèle, la notion de maturité numérique est associée à plusieurs facteurs : l’infrastructure, les processus, les données et les méthodes de travail.

**Schéma 12 : Modèle *Readiness* pour l’Industrie 4.0 de la Fédération allemande d’ingénierie**



Extrait, présentation Yves Proteau  
Co-président, APN

<sup>31</sup> Source : « Feuille de route, Industrie 4.0 ». Stratégie numérique du Québec, 2016.

Le modèle *Readiness* est un modèle d'évaluation en ligne<sup>32</sup> permettant à une entreprise de mesurer son degré de maturité lié à l'Industrie 4.0 à travers six dimensions clés : Stratégie et organisation, Usine, Opérations, Produits, Services puis Employés.

L'École de technologie supérieure (ÉTS) de Montréal participe à la création d'un nouvel indice de maturité, « Aerospace 4.0 », conjointement avec l'Université Concordia. La firme allemande Siemens apportera les connaissances accumulées dans son pays.

---

<sup>32</sup> Modèle en ligne : <https://www.industrie40-readiness.de/?lang=en>

## 7. Les facteurs clés de succès dans l'implantation du 4.0

Les PME québécoises se trouvent dans une position unique pour saisir les opportunités engendrées par la quatrième révolution industrielle. Elles doivent cependant agir rapidement tout en suivant un certain nombre d'étapes nécessaires à l'implantation du 4.0.

**Schéma 14 : La voie du succès numérique**<sup>3334</sup>



### Diagnostic et élaboration d'une stratégie 4.0

La première étape est de réaliser un diagnostic de la maturité de l'entreprise en prenant en compte l'ensemble des services et des étapes de la chaîne de valeur afin d'identifier les opportunités d'affaires et le positionnement stratégique. Il incombe par la suite aux dirigeants d'élaborer une feuille de route 4.0 alignée sur la stratégie globale de l'entreprise.

### Réalisation de projets pilotes

Afin de rendre la stratégie 4.0 crédible, de motiver les équipes et faciliter le changement, il est nécessaire de débiter son implantation en passant par des projets pouvant assurer un retour sur investissement rapide. Afin de maximiser ses chances de succès, la collaboration avec des parties prenantes externes à l'entreprise est fortement conseillée. La transition vers l'industrie 4.0 est un processus qui doit se réaliser étape par étape. La PME ne doit pas essayer de réaliser tout, tout de suite, et ne doit pas vouloir intégrer l'ensemble des technologies. Il est important de sélectionner finement et d'implanter les technologies qui sont utiles à sa propre réalité et ses propres besoins.

<sup>33</sup> Source : <http://www.pwc.com/ca/fr/industries/industry-4-0.html>

<sup>34</sup> Source : « 6 étapes incontournables pour digitaliser une entreprise industrielle ». Auteur : Océane Lauro. 17 octobre 2016.



### **Détermination des moyens requis**

Une fois les premiers projets pilotes réalisés, il faut considérer quatre dimensions stratégiques :

- La structure organisationnelle : laboratoire d'innovations, centres d'excellence, comités.
- Les personnes : investissement dans de nouveaux talents à forte valeur ajoutée.
- Les processus : nouveaux modèles de collaboration, sécurité des données.
- La technologie : choix des technologies dans lesquelles investir.

### **Maîtrise de l'analyse des données**

Les données appuient la prise de décision tout en permettant d'améliorer les produits et services de l'entreprise. Il va être primordial de développer une stratégie dans ce domaine en se concentrant sur l'analyse prédictive et la prévision, la rétroaction automatique et la connectivité aux employés. Dans un premier temps, il est important pour la PME de prendre le temps de bien sélectionner les données qu'elle souhaite exploiter parmi l'ensemble des données disponibles. Il s'agira ensuite de fournir la bonne donnée, à la bonne personne, au bon moment.

### **Transformation de l'entreprise en une entreprise numérique**

Afin de mener à bien ce projet d'envergure, les gestionnaires de l'entreprise doivent porter cette nouvelle culture d'entreprise en faisant preuve de leadership. La transition 4.0 n'est réalisable qu'à travers une volonté et un engagement marqué de la direction.

### **Utilisation de l'écosystème**

L'entreprise peut tout à fait s'appuyer sur des acteurs externes et réaliser des partenariats lorsqu'elle ne dispose pas de toutes les compétences et de l'agilité nécessaires à l'interne.

## 8. Les leviers concrets de l'Industrie 4.0 pour l'industrie aérospatiale au Québec

De nombreux leviers sont disponibles au Québec afin de favoriser le passage des PME à l'Industrie 4.0. L'initiative MACH FAB 4.0 d'Aéro Montréal accompagne et finance la transition numérique des PME. De nombreux programmes de formation sont disponibles au Québec. Les fournisseurs de solutions constituent un atout majeur pour accompagner les entreprises dans leur transition.

### 8.1 Initiative MACH FAB 4.0

L'initiative MACH FAB 4.0, incluse dans la Stratégie québécoise de l'aérospatiale 2016-2026 est un projet de 19 M \$ dont 9,5 M \$ de fonds publics. Il va permettre de soutenir 50 PME de l'aérospatiale québécoise dans leur passage vers l'entreprise du futur. La mise en œuvre de cette initiative est sous la responsabilité d'Aéro Montréal<sup>35</sup>. Les principaux partenaires associés à sa réalisation sont AÉROÉTS, le CEFRIO et Sous-traitance industrielle Québec (STIQ).

MACH FAB 4.0 est un programme d'accompagnement sur mesure conçu à l'intention des PME. Les projets soutenus par l'initiative MACH FAB 4.0 sont orientés vers l'intelligence et la fluidité de la production, ainsi que la fabrication avancée. Ce programme constitue un levier majeur dans l'accompagnement et dans le financement de la transition numérique des PME, qui pourront mener des projets sur un horizon de six mois à deux ans.

C'est à ces conditions que les PME de l'aérospatiale du Québec s'intégreront davantage à la chaîne d'approvisionnement mondiale et accroîtront leur présence sur les marchés d'exportation.

**Les types de projets qui sont menés dans l'initiative MACH FAB 4.0 sont les suivants :**

- Gestion en temps réel de la production.
- Optimisation du cycle de production en utilisant la simulation afin de déterminer le meilleur séquençage des machines.
- Utilisation de la collecte des données pour faire de la maintenance préventive de l'équipement manufacturier.
- Connexion aux systèmes de gestion des ressources du maître d'œuvre afin de permettre un échange d'information en temps réel.

---

<sup>35</sup> Personne contact : Martin-Charles Boucher M.ing., Chargé de projet, Programme MACH FAB 4.0, Chaîne d'approvisionnement.  
[martin-charles.boucher@aeromontreal.ca](mailto:martin-charles.boucher@aeromontreal.ca)

## 8.2 La formation

Dans le Livre blanc Aéro Talents préparé par Aéro Montréal en 2016<sup>36</sup>, un récapitulatif des programmes et des initiatives de l'ensemble des partenaires de la grappe aérospatiale québécoise est disponible.

- « **L'Aérospatiale 4.0** » Créé par AÉROÉTS en 2016, « Aérospatiale 4.0 » est un programme intégré de recherche, d'éducation et de formation continue pour répondre aux besoins de l'Industrie 4.0 dans le secteur aérospatial. Ce programme comprend un volet R et D et un volet éducation et formation.
  - Volet recherche et développement : ce volet rassemble plusieurs institutions et centres de recherche afin de réaliser des projets structurants de recherche et de développement sur les technologies de l'Industrie 4.0 pour le secteur aérospatial. Cette initiative sera axée sur la totalité de l'entreprise pour parvenir à une « Entreprise numérique intelligente ».
  - Volet éducation et formation : ce volet mobilise les ressources d'AÉROÉTS pour élaborer diverses formations continues et de courte durée qui prépareront les travailleurs du secteur aérospatial aux nouvelles compétences exigées par l'Industrie 4.0. Ces formations pourront être dispensées aux ouvriers spécialisés, techniciens, ingénieurs et professionnels, notamment par le biais d'AéroFormation.
  
- « **AéroFormation** » est un consortium créé en 2013 entre l'École des métiers de l'aérospatiale de Montréal (ÉMAM), l'École nationale d'aérotechnique (ÉNA) et le Centre aérospatial de perfectionnement (CAPE - Université McGill et ÉTS) en partenariat avec Aéro Montréal, le Comité sectoriel de main-d'œuvre en aérospatiale (CAMAQ) et Emploi-Québec de l'Île-de-Montréal. L'objectif d'AéroFormation est d'élaborer diverses formations continues et de courte durée pour préparer les ouvriers spécialisés, les techniciens et les ingénieurs aux nouvelles compétences exigées par l'Industrie 4.0. En 2016, Aéro Montréal a renouvelé son partenariat avec AéroFormation.
  
- **Les Instituts aérospatiaux de Montréal (IAM)** Établis en 2001, les Instituts aérospatiaux de Montréal ont pour but de mieux préparer les étudiants du premier cycle à travers des projets industriels, des stages en entreprise, du mentorat, des cours de formation, des visites industrielles, des stages à l'international, etc. Chaque année environ 300 étudiants sont choisis parmi les Universités Concordia, ÉTS, Polytechnique, McGill, Sherbrooke et Laval. La plupart des diplômés sont embauchés par les compagnies membres de l'IAM. Dans sa nouvelle mission, l'IAM vise à doubler le nombre d'étudiants en cinq ans, élargir l'accès aux PME et agir comme le porte-parole académique d'éducation et de formation pour l'aérospatiale.

---

<sup>36</sup> Le document complet est disponible ici : <https://www.aeromontreal.ca/rapports-et-documents.html>

### 8.3 Le recrutement de talents<sup>37</sup>

Dans le contexte du virage 4.0, le recrutement de talents dans les entreprises est un enjeu de taille et un levier majeur. Il faut conserver les effectifs, réorganiser les modèles organisationnels, procéder à un recrutement stratégique tout en planifiant les besoins en main-d'œuvre.

Récemment, Aéro Montréal a mis en ligne **emplois.aeroportail.ca**, une initiative permettant aux entreprises et aux chercheurs d'emploi d'avoir accès à une banque de données centralisée comprenant les emplois disponibles dans l'aérospatiale au Québec. Il s'agit d'une section du site Aeroportail.ca, un écosystème numérique permettant d'obtenir de manière simple, centralisée et dynamique, toute l'information sur le secteur, incluant les formations disponibles.

---

<sup>37</sup> Cette section est développée dans le Livre blanc Aéro Talents : <https://www.aeromontreal.ca/rapports-et-documents.html>

## 8.4 Les fournisseurs de solutions

Un accompagnement fait par des conseillers permet à toute entreprise qui souhaite prendre le virage 4.0 de s'assurer que les projets répondent aux enjeux stratégiques et qu'ils génèrent des retours sur investissement. Les fournisseurs contribuent, chacun à leur manière, à l'innovation et à la productivité des entreprises manufacturières.



Dans le cadre du Sommet Chaîne mondiale d'approvisionnement 2017, Aéro Montréal, avec le soutien d'Emploi Québec, avait créé la **Zone Démo 4.0**. La **Zone Démo 4.0** a permis aux participants du Sommet de connaître des fournisseurs de solutions et les ressources nécessaires à la mise en œuvre de l'Industrie 4.0 dans leur organisation. Cette zone avait été organisée de façon à simplifier la recherche des participants en créant des espaces par type de technologie et en faisant parcourir au visiteur un chemin similaire à celui qu'il est conseillé de suivre dans le passage d'une usine traditionnelle à l'usine du futur.

Parmi les fournisseurs de solutions présents dans la **Zone Démo 4.0**, certains ont participé à un panel de discussion (les entreprises Merkur, VKS et Radix) ont présenté leurs solutions et partagé des réussites. La *start-up* Poka ainsi que la filiale canadienne du géant Siemens ont également présenté leurs technologies respectives.

### A- Espace Accompagnement, Financement, Formation

- **CNRC** : Technologies de fabrication plus intelligentes  
<http://www.nrc-cnrc.gc.ca/fra/index.html>

Le Conseil national de recherches du Canada (CNRC), principale organisation de recherche du pays, soutient l'innovation industrielle, l'avancement des connaissances, le développement technologique et la réalisation de mandats du gouvernement.

- **CRSNG** : Votre partenaire pour l'innovation  
[http://www.nserc-crsng.gc.ca/index\\_fra.asp](http://www.nserc-crsng.gc.ca/index_fra.asp)

Le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada permet de travailler avec une équipe de recherche universitaire ou collégiale pouvant aider les organisations à atteindre leurs buts opérationnels, à résoudre des problèmes et à obtenir des résultats.

- **MACH FAB 4.0**<sup>38</sup>  
<https://www.aeromontreal.ca/machfab.html>

L'initiative MACH FAB 4.0 vise à favoriser le passage des PME à l'industrie 4.0, à améliorer la compétitivité et la productivité des PME et à implanter des technologies numériques et de fabrication avancée.

---

<sup>38</sup> Voir le chapitre 7.1 p. 31 sur l'initiative MACH FAB 4.0

## B- Espace Big Data, Interconnexion

- **CENTRIS TECHNOLOGIES** : Solutions complètes pour les besoins en automatisation, en logiciels industriels et en Industrie 4.0.  
<http://www.centristech.com/>

Centris Technologies offre un savoir-faire spécialisé et des produits de pointe pour l'automatisation industrielle et le développement de logiciels « Industrie 4.0 ». Centris Technologies emploie un processus de développement rigoureux, en gardant la qualité totale comme objectif ultime.

- **FACILITÉ INFORMATIQUE** : IT Consulting Services, BI, Big Data, SAP, S1000D  
<https://www.facilite.com/>

La mission du groupe Facilité Informatique est d'offrir des services conseils, des avis d'experts et des solutions en technologies de l'information.

- **MEMEX** : Mesurer l'excellence de la fabrication  
<http://www.memexoe.com/>

MEMEX fournit aux entreprises manufacturières des produits qui permettent aux machines de fabrication de communiquer les unes avec les autres ainsi qu'avec les systèmes de gestion de la production.

- **MERKUR** : Firme de génie-conseil pour toutes entreprises industrielles  
<http://merkur.ca/>

Merkur accompagne ses clients pour rendre leurs entreprises performantes et se démarquer, ce qui les rend plus compétitives et prêtes à affronter les défis de demain.

Durant le panel de discussion, **Éric St-Laurent, Directeur, Optimisation technologique chez Merkur** a présenté cinq technologies qui apportent des solutions concrètes aux entreprises.

- **Assistance aux opérateurs** : l'objectif est d'aider un opérateur à retenir les séquences de production de 200 produits différents, par exemple, afin de réduire les erreurs possibles, contribuer à la gestion des connaissances et à la formation accélérée.
- **Connectivité des équipements** : avec les équipements connectés, l'utilisateur peut aller chercher des données en temps réel.
- **Monitoring de production** : avec les données recueillies, l'utilisateur est en mesure de comprendre la performance, les enjeux, contrôler et communiquer l'information; ces informations sont gages d'amélioration continue et génèrent un effet de levier.
- **Automatisation avancée** : les nouvelles possibilités d'automatisation permettent d'augmenter la productivité.
- **Intégration et valorisation des données** : permet de créer de la valeur et d'assister les superviseurs dans leurs prises de décision.

Pascal Vachon, Conseiller senior en usine intelligente, Merkur, a souligné l'importance de définir une vision globale de l'usine intelligente en se basant sur les enjeux uniques à chaque entreprise, et de mettre en œuvre la stratégie.




- **VKS** : VKS est un logiciel d'instructions de travail pour les entreprises manufacturières <http://fr.vksapp.com/>

VKS est un logiciel d'instructions de travail qui permet aux entreprises manufacturières de passer d'une approche manuelle à une solution visuelle et sans papier qui cible l'industrie de pointe 4.0 et qui s'intègre à l'Internet des objets (IoT).

Ryan Zimmermann, Directeur du développement des affaires a présenté durant le panel l'origine du logiciel d'instructions de travail numérique. Cet outil a permis à plusieurs manufacturiers le partage des meilleures pratiques au niveau des opérations et de contrôler la qualité et la productivité.


**MANUFACTURIER EN AÉROSPATIAL**

**PASSÉ**




- Instructions de travail sur papier
- Listes de contrôle de la qualité imprimées
- Entrée de données manuelle
- Problèmes de traçabilité

**PRÉSENT**



- Instructions de travail digitales
- Listes de contrôle numériques
- Données en temps réel
- Traçabilité à 100 %



- **WORXIMITY** : technologies d'usine intelligente  
<https://worximity.com/fr/>

WORXIMITY permet à l'entreprise de prendre le contrôle de sa production et de transformer ses procédés de production grâce à l'information obtenue en temps réel.

### C- Espace Automatisation, Robotique

- **ATOS** : chef de file dans le domaine du Big Data et de la cybersécurité  
<https://atos.net>

Servant une base de clients globale, le Groupe est un chef de file dans le domaine du Big Data, de la cybersécurité, espace de travail numérique et fournit des services infonuagiques, des infrastructures et de gestion de données, des solutions d'affaires & plateformes ainsi que des services transactionnels.

- **CGTECH** : solutions pratiques pour l'usinage depuis 1988  
<http://www.cgtech.com>

Le module de vérification VERICUT détecte les erreurs de programme et vérifie l'exactitude des pièces facilement.

- **AUTOMATION MACHINE DESIGN RC INC** : conception et fabrication d'équipement industriel automatisation sur mesure  
<http://www.amdinc.ca>

Ayant à cœur l'amélioration de la performance de ses clients par l'augmentation de leur productivité, Automation Machine Design RC Inc. (AMD) se spécialise dans la conception et la fabrication d'équipements automatisés et robotisés sur mesure.

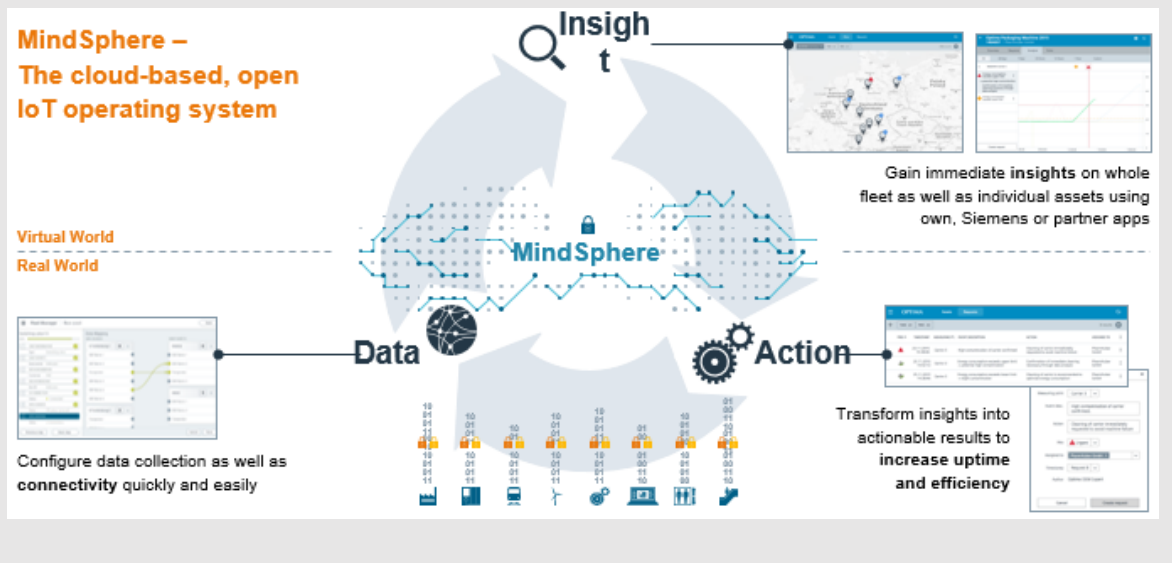
- **ROBOTICS DESIGN INC** : chef de file dans le domaine de la technologie robotique modulaire.  
<http://www.amdinc.ca>

L'entreprise est composée de plusieurs divisions qui partagent la mission de fournir des produits uniques et innovateurs au service de l'humanité pour simplifier la vie tout en protégeant l'environnement.



- **SIEMENS** : chef de file en technologie de pointe  
<http://www.siemens.com>

Jeff Gazidis, Directeur Aérospatiale a présenté **MindSphere**. Conçu comme un écosystème IoT ouvert fonctionnant sur le *Nuage*, **MindSphere** permet aux entreprises industrielles (clients, partenaires, fournisseurs) d'améliorer la performance de leurs installations en augmentant la productivité de leurs machines et installations, en optimisant la maintenance et l'entretien des systèmes, et ce, grâce à la collecte et à l'analyse de grandes quantités de données de production.



- **VALIANT CORP.**: systèmes automatisés de fabrication et d'assemblage.  
<http://www.valiantcorp.com/>

#### D- Espace Nouvelles technologies

- **FUSIA IMPRESSION 3D MÉTAL INC** : FusiA est spécialisée dans la fabrication additive de pièces métalliques et est un chef de file dans le domaine de la technologie robotique modulaire.  
<https://www.fusia.fr/>

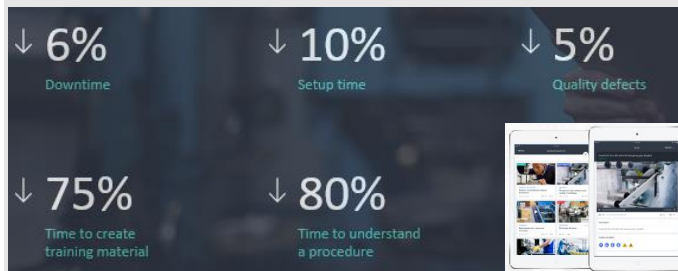
Le Groupe FusiA est spécialisé dans la fabrication additive (impression 3D) de pièces métalliques. Par l'intermédiaire du Groupe FusiA et de ses filiales, FusiA possède plus de 40 années d'expertise en usinage de précision ce qui lui permet de présenter une offre dès les phases de recherche et de conception, jusqu'à la production suivant les standards aéronautiques. Son expertise en fabrication additive lui permet de produire des pièces prototypes, de pré-série et de série aux géométries complexes, certifiées pour le vol.

- **POKA** : des solutions de communication et de formation pour les manufacturiers.  
[www.poka.io](http://www.poka.io)

Poka est une application multiplateforme destinée à recueillir l'ensemble des données et procédures relatives à une entreprise.

Alexandre Leclerc, co-fondateur et président de Poka, a présenté la *start-up* Poka, un réseau social pour les usines, et conçu pour être utilisé par les employés d'usine. Son objectif ultime est de s'assurer que les connaissances des employés puissent être transmises systématiquement par des vidéos de formation et de résolutions de problèmes. Cette technologie a été déployée préalablement dans les usines de Biscuits Leclerc, Alexandre étant le représentant de la cinquième génération des Leclerc dans l'entreprise.

Les avantages concrets d'avoir utilisé Poka pour Biscuits Leclerc ont été la diminution du temps de préparation des formations et du temps consacré à la compréhension des procédures, ainsi que la diminution des temps d'arrêt, des temps de réglage des machines et la baisse des défauts de qualité.



- **RADIX AEROSPACE** : des solutions de communication et de formation pour les manufacturiers.  
[www.radixinc.ca](http://www.radixinc.ca)

Radix fournit une innovation de classe mondiale, créant des processus, des produits et des systèmes axés sur les résultats et la qualité, améliorant ainsi la traçabilité et l'efficacité de production de ses clients.

Mike Muldoon, Directeur, Opérations aérospatiales a présenté la technologie d'inspection visuelle en 3D, Inspect Tracker de Radix, permettant aux clients d'optimiser leur processus de numérisation. Les projets d'automatisation influencent efficacement la productivité.



- **SAFRAN IDENTITY AND SECURITY** : leader de la biométrie et de l'identité numérique  
<https://www.morpho.com>

Safran Identity & Security est un leader mondial des solutions de sécurité et d'identité destinées à un monde de plus en plus numérique et connecté (signature digitale, identification, contrôle d'accès, identité, etc.).

- **TERVENE** :  
<https://tervene.com/>

Tervene est une compagnie technologique ayant développé une application permettant aux chefs d'équipe et aux contremaîtres de l'industrie manufacturière de contrôler leurs opérations de façon proactive, d'identifier des opportunités d'amélioration et d'établir des plans d'action.

- **VIRTUAL PROCESS** : système permettant de suivre et de contrôler à distance une usine de fabrication en temps réel  
<http://www.virtual-process.com>

Virtual Process est un système manufacturier d'exécution (M.E.S.) et de gestion du rendement (BPM) qui permet de rationaliser et de mieux contrôler toutes les opérations manufacturières.

## 9. Conclusion et recommandations

La quatrième édition du Sommet Chaîne mondiale d’approvisionnement organisée par Aéro Montréal a ouvert la voie aux discussions et à l’action afin que les PME québécoises de l’industrie aérospatiale passent de la vision à la réalité et prennent concrètement le virage du futur.

En modifiant considérablement la manière dont les produits sont conçus et livrés aux clients, l’Industrie 4.0 bouleverse l’ensemble des secteurs industriels. Son impact sur le secteur aérospatial promet d’être considérable : une meilleure utilisation des ressources, une productivité accrue, des coûts d’opération réduits, une qualité de produits supérieure, et par conséquent une capacité accrue à offrir une valeur ajoutée aux clients, constituent une partie des bénéfices dont tirent profit les entreprises engagées dans la transformation numérique. Dans un contexte de compétition internationale, les PME ayant innové et amorcé leur passage vers l’Industrie 4.0 restent plus compétitives sur l’échiquier mondial, ce qui leur permet de garder leur place de fournisseurs de choix auprès des donneurs d’ordre.

Il en ressort que tous les acteurs du secteur, et les donneurs d’ordre, et l’ensemble de leurs fournisseurs ont de réels avantages à travailler de concert afin de tirer profit de cette révolution numérique déjà en marche. L’Industrie 4.0 va permettre au Québec de renforcer la position enviable de son industrie aérospatiale sur la scène internationale.

Bien qu’il reste du chemin à parcourir et que des investissements soient nécessaires pour adopter la numérisation de leur production, les PME québécoises de l’industrie aérospatiale ont la chance d’évoluer sur le terrain fertile de Montréal et du Québec. Qu’il s’agisse de recruter une main-d’œuvre qualifiée, d’évaluer la maturité numérique de l’entreprise, de trouver des fournisseurs de solutions, des experts ou du financement, la grappe aérospatiale du Québec est mobilisée pour accompagner ces entreprises dans le changement et utiliser adéquatement les leviers de la transformation. Par ailleurs, plaque tournante de l’intelligence artificielle au niveau mondial, Montréal peut fournir au secteur de l’aérospatial les ressources et l’expertise nécessaires à sa transformation numérique.

Dans ce contexte, voici les principales recommandations qui permettront d’atteindre les objectifs et constats énoncés dans ce Livre blanc, pour accentuer la transformation numérique dans l’écosystème aérospatial québécois :

- **Encourager les PME à faire de l’innovation en processus d’affaires** (« business process innovation »).

Les technologies 4.0 sont bien connues pour servir à optimiser la production et la productivité des usines, mais leur usage doit être étendu plus largement à l’optimisation des processus d’affaires en interconnectant les systèmes et en facilitant la transparence et le partage en temps réel des informations parmi toutes les sphères de l’entreprise, les fournisseurs et les clients. Par conséquent, les partenaires financiers doivent aussi adapter leurs solutions pour accompagner cette transition plus globale et stratégique de l’entreprise.

- **Encourager la consolidation du secteur aérospatial québécois à travers des projets collaboratifs 4.0.**

L'enjeu de consolidation est réel au Québec et la transition numérique qui est en train de s'opérer doit être utilisée comme un tremplin afin de favoriser la collaboration et la consolidation des entreprises du secteur aérospatial. Les PME ont des besoins qui sont souvent communs en termes d'implantation du 4.0 dans leurs entreprises. Afin de mutualiser les coûts et de profiter d'un effet de levier, il est important d'inciter et de soutenir les PME à travers des projets collaboratifs 4.0. A travers cette pratique concrète, les PME feront l'apprentissage du partenariat. Étape par étape, cela pourra favoriser la collaboration dans d'autres projets d'envergures pouvant mener à des fusions, des acquisitions ou à la création de consortiums de vente. Toutes ces actions aideront éventuellement les PME à atteindre une masse critique, ce qui leur permettra de monter dans la chaîne d'approvisionnement et à ainsi être en mesure de proposer à leurs clients des sous-ensembles complets. Cela entrainera à terme, la consolidation et la compétitivité de notre industrie et le positionnement du Québec sur l'échiquier mondial au moyen d'une transition globale des entreprises.

- **Créer des accélérateurs pour favoriser l'implantation de l'intelligence artificielle dans les entreprises afin de demeurer un leader mondial.**

Le Canada, le Québec et Montréal profitent d'une position de leaders pour le développement de l'intelligence artificielle. Montréal compte non seulement la plus grande concentration d'experts sur le sujet, mais est aussi l'une des trois plus grandes plaques tournantes en aérospatiale dans le monde. Ces deux conditions forment un terrain fertile au développement et à l'implantation de projets concrets dans les entreprises du secteur aérospatial. Ces entreprises représentent des utilisateurs de choix pour les technologies de l'IA. Pour démystifier cette technologie et pour en faciliter le transfert, la mise en place d'accélérateurs au Québec visant à aider les entreprises à s'approprier ces technologies de rupture fournirait un réel avantage compétitif.

Ce document a été produit sous la direction du Chantier Chaîne d’approvisionnement d’Aéro Montréal.

Aéro Montréal tient à souligner la collaboration au contenu des personnes suivantes :

▪ **Membres du Comité Sommet Chaîne mondiale d’approvisionnement :**



**Guylaine Audet, CAE**  
Vice-présidente, Groupe mondial Ingénierie matérielle, Fabrication et Services immobiliers



**Timothy Ayoub, L3 MAS**  
Chef de service principal, Chaîne d’approvisionnement et planification



**Éric Beauregard, AV&R**  
Vice-président exécutif



**Jacques Bonaventure, LISI AEROSPACE**  
Vice-Président, Sales Boeing World



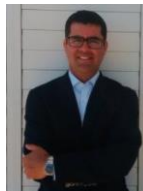
**Louis Bouchard, BOMBARDIER**  
Directeur approvisionnement



**Jacques Dodier, PRATT & WHITNEY**  
Directeur de compte en qualité, Service de l’approvisionnement



**Jeff Gazidis, SIEMENS CANADA**  
Directeur, Aérospatiale



**Felipe Haristoy-Lavin, SONACA**  
Directeur Achats, Sous-traitance, Magasin et Technologie de l’information



**Hany Moustapha, AÉRO ETS**  
Directeur



**Charlotte Laramée**  
**AÉRO MONTREAL**  
Chargée de projets, Développement de marchés PME / Chaîne d’approvisionnement



**Mélanie Lussier**  
**AÉRO MONTREAL**  
Directrice principale, Développement de marchés PME / Chaîne d’approvisionnement



**Yves Proteau**  
**APN**  
Co-Président



**Bassam Sabbagh**  
**JMJ**  
Conseiller stratégique

- **Christelle Masson**, MBA, Conseillère, Communications, développement durable et rédactrice professionnelle.

## Annexes

### Annexe 1 – Nos partenaires

Aéro Montréal remercie Investissement Canada - Initiatives des communautés (ICIC) pour son soutien à la réalisation de ce Livre blanc, ainsi que les partenaires suivants :



Les gens. La découverte. L'innovation.



## Annexe 2 – Chantier Chaîne d’approvisionnement d’Aéro Montréal

Le Chantier Chaîne d’approvisionnement a pour mandat d’assurer la planification et la mise en œuvre d’un plan d’action concerté dans l’objectif d’augmenter la compétitivité des fournisseurs québécois. Il vise ainsi à solidifier la chaîne d’approvisionnement aérospatiale québécoise.

### Champion du Chantier :

- **Louis Marc Pinard**, Directeur général adjoint et Directeur, Planification stratégique et commerciale, Arconic

### Membres du Chantier :

- **Timothy Ayoub**, Chef de service principal, Chaîne d’approvisionnement et Planification, L3 MAS
- **Sylvain Bédard**, Chef de la direction, Sonaca Montréal
- **Marc Bigras**, Vice-président et chef de l’exploitation, Groupe Meloche
- **Louis Bouchard**, Directeur approvisionnement, Bombardier
- **François Cyr**, Directeur développement des affaires USA / International, PCM Techfab
- **Jacques Dodier**, Directeur approvisionnement, Pratt & Whitney Canada
- **Éric Faucher**, Président-directeur général, Hutchinson Aéronautique et Industrie Ltée
- **Gilles Isabel**, Leader du site Mirabel, Assurance Qualité, Bell Helicopter Textron
- **Jean-Louis Moreau**, Vice-président, approvisionnements stratégiques mondiaux, CAE
- **Martin Richard**, Directeur, Achats stratégiques & gestion des inventaires, Région de l’Est, Héroux-Devtek Inc.
- **Bassam Sabbagh**, Conseiller stratégique, JMJ Aéronautique

### Membres du Chantier d’Aéro Montréal

- **Suzanne Benoit**, Présidente-directrice générale
- **Mélanie Lussier**, Directrice principale Développement des marchés - PME / Chaîne d'approvisionnement
- **Charlotte Laramée**, Chargée de projet Développement de marchés - PME / Chaîne d'approvisionnement



## Annexe 3 – Programme de la journée du 4 avril

### Sommet chaîne mondiale d'approvisionnement 2017

#### Le virage 4.0 : passer de la vision à la réalité

Mardi, 4 avril 2017 au Palais des congrès de Montréal

À l'ère de la 4<sup>ème</sup> révolution industrielle, qui se veut celle de l'interconnexion des machines entre elles et des machines avec les hommes, cette édition 2017 du Sommet chaîne mondiale d'approvisionnement vise à aider les entreprises de toutes tailles du secteur aérospatial à prendre le virage de l'industrie 4.0. L'accent sera mis sur la démythification du concept et l'usage d'exemples concrets afin d'inspirer et d'inciter la transition de notre industrie.

#### Maître de cérémonie :

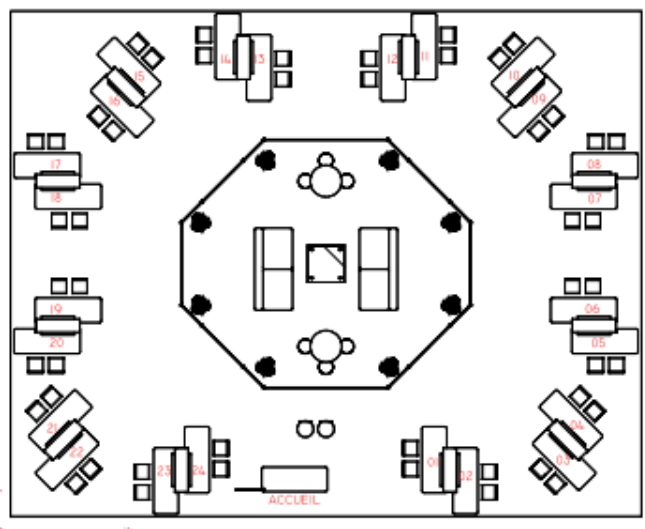
Hélène V. Gagnon, Vice-présidente, Affaires publiques et communications mondiales, CAE et Présidente du conseil d'administration d'Aéro Montréal.

7h00 - 8h00	<b>Inscription et accueil</b>
8h00 - 8h15	<b>Mot de bienvenue</b> ▪ Suzanne M. Benoit, Présidente-directrice générale, Aéro Montréal
8h15 - 8h30	<b>Allocution de Mme Christine St-Pierre, ministre des Relations internationales et de la Francophonie du Québec</b>
8h30 - 8h40	<b>Présentation d'ouverture</b> <i>Joseph C. Anselmo donnera les tendances générales du secteur aérospatial et introduira le programme de la journée.</i> ▪ Joseph C. Anselmo, Éditeur en chef, Aviation Week & Space Technology
8h40 - 8h50	<b>Mot d'introduction par Bombardier</b> ▪ Jim Voussanis, Chef de la direction de la transformation et de l'approvisionnement, Bombardier
8h50 - 9h25 Panel	<b>L'évolution et les retombées du 4.0</b> <b>Moderatrice :</b> Hélène V. Gagnon, Vice-présidente, Affaires publiques et communications mondiales, CAE et Présidente du conseil d'administration d'Aéro Montréal <i>Il s'agira de démythifier le terme « 4.0 », de rappeler les étapes qui ont mené à la 4<sup>ème</sup> révolution industrielle à travers les différentes technologies de rupture. Ce panel va également souligner pourquoi Montréal devient la nouvelle plaque tournante du 4.0.</i> ▪ Eric Leduc, Directeur principal des ventes, Microsoft ▪ Naomi Goldapple, Directrice de programmes, Element AI
9h25 - 9h50 Conférence	<b>L'impact du 4.0 sur la chaîne d'approvisionnement</b> <i>Kevin Michaels va exposer les mutations qu'entraîne le 4.0 sur les différents niveaux de la chaîne d'approvisionnement.</i> ▪ Kevin Michaels, Directeur général, AeroDynamic
9h50 - 10h15 Conférence	<b>Etat de l'art : quand la robotique optimise la production de structures aéronautiques</b> ▪ Jean-Philippe Marouze, Directeur, Produits et Chaîne de Valeur des Composites Avancés, Bombardier
10h15 - 10h30	<b>Pause</b>
10h30 - 11h25 Présentation de cas	<b>Exemple concret d'une chaîne d'approvisionnement en mutation</b> <b>Moderateur :</b> Graham Warwick, Directeur de la rédaction, Aviation Week & Space Technology <i>Ce panel permettra de partager l'expérience et présenter le rôle que jouent les entreprises au cœur de la chaîne d'approvisionnement en mutation.</i> ▪ Jill Christenson, Sr. Manager Supplier Management Aircraft Materials & Structures Strategy, The Boeing Company ▪ Anthony L. Velocci, Ex-éditeur en chef, Aviation Week & Space Technology ▪ Tim Beatty, Président, Bullen Ultrasonics
11h25 - 12h10 Présentation de cas	<b>Situer et mesurer votre transition vers le 4.0</b> <i>Ce panel présentera des outils qui vous permettront à la fois de vous positionner et de mesurer le succès de l'implantation du 4.0 dans votre entreprise.</i> ▪ Hany Moustapha, Professeur et directeur AÉROÉTS ▪ Jeff Z. Gazidis, Directeur, Aérospatiale, Siemens Canada ▪ Yves Proteau, Co-président, APN
12h10 - 13h45	<b>Lunch dans la Zone Démo 4.0</b>
13h45 - 14h15 Conférence	<b>Quand des start-ups bousculent les modèles</b> <i>Van Espahbodi illustrera la façon dont les start-ups innovantes renversent les concepts de fonctionnement traditionnels en étant au cœur du 4.0.</i> ▪ Van Espahbodi, co-fondateur, Starburst Accelerator
14h15 - 14h45 Conférence	<b>Optimiser la performance par l'interconnexion!</b> <i>Shane Eddy présentera l'impact de l'industrie 4.0 sur la chaîne d'approvisionnement en illustrant comment l'interconnexion de la chaîne d'approvisionnement permet d'optimiser la performance globale de l'ensemble des acteurs du secteur aérospatial. Il prendra le cas de Pratt &amp; Whitney, à l'avant-garde de la création d'une relation digitalisée avec ses fournisseurs.</i> ▪ Shane Eddy, Vice-président, Opérations, Pratt & Whitney
14h45 - 15h15 Conférence	<b>L'Humain, le cœur du 4.0</b> <i>GE Bromont, à la pointe des usines robotisées, va démontrer comment l'humain est au cœur de l'industrie 4.0 en mettant la priorité sur ses employés dans son passage au numérique.</i> ▪ Johanne Jolicoeur, Directrice principale des ressources humaines, GE Aviation Bromont
15h15 - 15h30	<b>Pause</b>
15h30 - 16h15 Présentation de cas Bilingue	<b>Transitions réussies : s'inspirer d'autres secteurs</b> <i>Des entreprises d'autres secteurs, Biscuits Leclerc et Lumenpulse nous inspireront en nous présentant leur histoire à succès, ce qui les a incités à prendre ce virage et les améliorations constatées.</i> ▪ Alexandre Leclerc, Co-fondateur et chef de la direction, Poka ▪ Guy Beauséjour, Directeur des opérations manufacturières, Lumenpulse Lighting ▪ Harold Lebrun, Chef de la technologie, Virtual Process
16h15 - 17h00 Panel Bilingue	<b>Des solutions concrètes qui rapportent plus que vous ne le pensez</b> <i>Ce panel très concret vous montrera, étape par étape, les solutions existantes pour prendre le virage 4.0 dans votre entreprise (coûts, ROI, avantages).</i> ▪ Eric St-Laurent, Directeur, Optimisation technologique, Merkur ▪ Pascal Vachon, Conseiller senior, Merkur ▪ Ryan Zimmermann, Directeur du développement des affaires, VKS ▪ Mike Muldoon, Directeur des opérations aérospatiales, Radix
17h00 - 17h10	<b>Mot de clôture</b> <i>Joseph C. Anselmo résumera les concepts-clés qui auront été exposés tout au long de la journée pour que la chaîne d'approvisionnement réussisse la transition 4.0.</i> ▪ Joseph C. Anselmo, Éditeur en chef, Aviation Week & Space Technology
17h15 - 19h30	<b>Coquetel dans la Zone Démo 4.0</b>

Annexe 4 – Zone Démo 4.0

**ZONE DÉMO 4.0** | **AÉRO**  
MONTREAL

Espace Accompagnement, Financement, Formation	Espace Big Data, Interconnexion	Espace Automatisation, Robotique	Espace Nouvelles Technologies
<p><b>21-22</b> <b>CNRC-MRC</b> Technologies de fabrication plus intelligentes. Contact: Michèle Parent michèle.parent@cnrc.mcg.ca Tél: +1 514 283-9022</p>	<p><b>6</b> <b>CENTRIS TECHNOLOGIES</b> Solutions complètes pour vos besoins en automatisation, en logiciels industriels et en industrie 4.0. Contact: Michel Galar michel.galar@centris-tech.com Tél: +1 514 316-1457 poste 201</p>	<p><b>7</b> <b>Atos</b> Servons une base de clients globale, le Groupe est un chef de file dans le domaine du Big Data, de la cybersécurité, Espace de travail numérique et fournit des services de cloud, des infrastructures à gestion de données, des solutions d'affaires &amp; Platform ainsi que des services transactionnels. Contact: Luc Goussier luc.goussier@atos.net Tél: +1 514 912-2154</p>	<p><b>13</b> <b>Fusia</b> Fusia Impression 3D métal est spécialisée dans la fabrication additive (impression 3D) de pièces métalliques. Contact: Carole CHAMAL carole.cham@fusia.com Tél: +1 514 725-5720</p>
<p><b>20</b> <b>CRIQ</b> INDUSTRIE QUÉBÉCOISE Expert en productivité et en compétitivité industrielle depuis 45 ans, le CRIQ offre la gamme de services en innovation la plus étendue au Québec. Ses experts aident les entreprises et les organismes publics à trouver des solutions innovantes à leurs défis en matière de productivité, d'exportation, de compétitivité et d'efficacité industrielle. Contact: Guy Blain GuyBlain@criq.gc.ca Tél: +1 514 363-1550, poste 2224 / +1 800 667-4570</p>	<p><b>1</b> <b>FACILITÉ</b> IT Consulting Services, BI, Big Data, SAP, S10300, etc. Contact: Luc Lafond lafond@facilite.com Tél: +1 514 492 0112</p>	<p><b>11</b> <b>CGTECH VERICUT</b> Offresh VERICUT CNC Machine Simulation. Contact: Courtenay Morin Courtenay.morin@cgtech.com Tél: +1 509-755-1050</p>	<p><b>14</b> <b>Poca</b> Des solutions de communication et de formation pour les manufacturiers. Contact: Nicolas Emrod nicolas@poca.ca Tél: +1 418 559-8017</p>
<p><b>23</b> <b>CRSNG NSERC</b> Votre partenaire pour l'innovation. Contact: Hélène Fobler helenefobler@crsng-csng.gc.ca Tél: +1 514 436-4721</p>	<p><b>2</b> <b>MEMEX</b> Measuring Manufacturing Excellence Mesurer l'excellence de la fabrication. Contact: John Collins john.collins@memex360.com Tél: +1 416-460-7637</p>	<p><b>10</b> <b>AUTOMATION MACHINE DESIGN</b> Conception et fabrication d'équipement industriel automatisés sur mesure. Contact: Jonathan Aubry jaubry@amdesign.com Tél: +1 514 726-9920</p>	<p><b>17</b> <b>RADIX</b> Nous fournissons une innovation de classe mondiale, orientée des processus, des produits et des systèmes clés sur les résultats et la qualité, afin d'améliorer l'efficacité de nos produits, la fiabilité et l'efficacité de production de nos clients. Contact: Alex Gagnon alex.gagnon@radixinc.ca Tél: +1 514 958-0500</p>
<p><b>19</b> <b>Emploi Québec</b> Emploi Québec a pour mission de contribuer à développer l'emploi et la main-d'œuvre au Québec.</p>	<p><b>3</b> <b>MERKUR</b> Bureau de génie-conseil pour toutes entreprises industrielles. Contact: Eric St-Laurent eric.stlaurent@merkur.ca Tél: +1 877-571-0222 David Madon david.madon@merkur.ca Tél: +1 877-571-0222</p>	<p><b>12</b> <b>ROBOTICS DESIGN</b> Robotics Design Inc. est une entreprise canadienne innovatrice dédiée à la conception et au développement de systèmes robotiques industriels, électro-mécaniques pour résoudre des défis industriels complexes auxquels sont confrontés les fabricants du monde entier. Contact: Charles Woodcock, Président cwoodcock@rdesign.ca</p>	<p><b>18</b> <b>SAFRAN</b> Solutions Biométriques (signature digitale, identification, contrôle d'accès, identité, etc...) Contact: Nicolas Rogier nicolas.rogier@safran.com Tél: +1 514 644 1108 ext 215 Marie-Laure marie-laure@safran.com Tél: +1 438-984-1101 François-Alexandre francois-alexandre@safran.com Tél: +1 514 488-0249</p>
<p><b>24</b> <b>AÉRO MONTREAL</b> <b>MACH FAB 4.0</b> Propulseur de l'industrie 4.0 Favoriser le passage des PME à l'industrie 4.0. Améliorer la compétitivité et la productivité des PME. Implémenter des technologies numériques et de fabrication avancées. Contact: Sébastien Lussier sebastien.lussier@aeromontreal.ca Tél: +1 514 957-9305</p>	<p><b>5</b> <b>Worxinity</b> Worxinity technologies d'usine intelligente. Contact: Claude Duchon claudeduchon@worxinity.com Tél: +1 450-775-1199</p>	<p><b>8</b> <b>SIEMENS</b> As a long-established supplier of equipment to machine manufacturers and users, Siemens is an integral link to the process chain in the aerospace industry and more than just a manufacturer and product supplier. Our activities cover everything from the design of components to a CAD-system to program / data processing via CAM and postprocessor to machining on the CNC machines. Contact: Jeff Gault jeff.gault@siemens.com Tél: +1 467 292 7132</p>	<p><b>15</b> <b>tervene</b> tervene est une compagnie technologique qui a développé une application permettant aux chefs d'équipe et aux contrôleurs de l'industrie manufacturière de contrôler leurs opérations de façon proactive, d'identifier des opportunités d'optimisation et d'établir des plans d'actions. Contact: Daniel Gagnon daniel.gagnon@tervene.com Tél: +1 501-307-2788 Philippe Raymond philippe@tervene.com Tél: +1 514 943-5900</p>
	<p><b>4</b> <b>VKS</b> VES est un regroupement d'entreprises qui servent pour les entreprises manufacturières. Contact: Ryan D'Amorim ryan.damorim@vksapp.com Tél: +1 855-201-4656 poste 2710 Eugène Bélair eugene@vksapp.com</p>	<p><b>9</b> <b>VALIANT TMS</b> Système personnalisé de fabrication et d'assemblage. Contact: Jean-Marie Desautels jdesautels@valiantmachines.com Tél: +1 249-205-1111</p>	<p><b>16</b> <b>VIRTUAL PROCESS</b> Notre logiciel Virtual Process, est un système d'automatisation manufacturière (MES) et de gestion du rendement (BPM) qui permet de rationaliser et de mieux contrôler toutes les opérations manufacturières. La supervision et la gestion en temps réel du processus de fabrication est la force de notre logiciel. Contact: Marc Gauthier marc.gauthier@virtualprocess.com Tél: +1 514 433-6223</p>



## Bibliographie / webographie

- « Industrie 4.0. Les défis de la transformation numérique du modèle industriel allemand ». Auteurs : Dorothee Kohler et Jean-Daniel Weisz. La documentation Française, 2015.
- « Réinventer l'horizon, 2016-2026 », Stratégie québécoise de l'aérospatiale.
- « L'industrie aérospatiale du Grand Montréal ». Montréal International.
- « Propulser les talents de l'aérospatiale pour l'Industrie 4.0 ». Livre blanc Aéro Talents, 2016.
- « Best Student Cities 2017 » (<https://www.topuniversities.com/best-student-cities>).
- « Le CRIQ et Festo planteront le premier laboratoire cyber-physique au Canada » (<http://www.fil-information.gouv.qc.ca/Pages/Article.aspx?idArticle=2504203818>)
- « L'Industrie 4.0: l'occasion de briller pour le secteur manufacturier canadien » (<http://www.pwc.com/ca/fr/industries/industry-4-0.html>)
- « Industrie 4.0: les données au service du génie » (<http://affaires.lapresse.ca/portfolio/ingenieurs/201611/03/01-5037337-industrie-40-les-donnees-au-service-du-genie.php>)
- « Révolution numérique pour le monde industriel » (<http://www.lapresse.ca/le-soleil/affaires/techno/201611/13/01-5040840-revolution-numerique-pour-le-monde-industriel.php>)
- « Manufacturing's Coming Revolution ». Anthony L. Velocci. Aviation Week & Space Technology, January 9-22, 2017.
- « L'Industrie 4.0 sera open source... ou ne sera pas » (<https://www.industrie-techno.com/l-industrie-4-0-sera-open-source-ou-ne-sera-pas.45567>)
- « GE Aviation: 115 nouveaux emplois à l'usine de Bromont » (<http://www.lapresse.ca/la-voix-de-lest/actualites/201702/09/01-5068152-ge-aviation-115-nouveaux-emplois-a-lusine-de-bromont.php>)
- « Feuille de route, Industrie 4.0 ». Stratégie numérique du Québec, 2016
- « Voici comment l'intelligence artificielle bouleversera le marché de l'emploi » (<http://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1018950/automatisation-revolution-technologique-bouleversement-monde-travail-robot-execution-tache>)
- « La solution qui s'adapte à vos projets » (<http://www.investquebec.com/quebec/fr/produits-financiers/toutes-nos-solutions/essor.html>)