



# GUIDE DES COMPÉTENCES 4.0 EN AÉROSPATIALE

# TABLE DES MATIÈRES

---

— 01	SOMMAIRE EXÉCUTIF
— 02	OBJECTIFS VISÉS PAR LE PROJET
— 03	MÉTHODOLOGIE
— 03	CONTEXTE
— 07	LES MOTIVATIONS DERRIÈRE LE VIRAGE
— 08	UNE RÉVOLUTION : UN NOUVEAU MILIEU DE TRAVAIL
— 10	LES DÉFIS ET LES ENJEUX ASSOCIÉS AU VIRAGE 4.0
— 12	LES COMPÉTENCES ACTUELLES PRÉSERVÉES
— 13	REGROUPEMENT DES MÉTIERS ET LEUR ÉVOLUTION
— 14	NIVEAUX DE MAÎTRISE DES COMPÉTENCES
— 15	LES COMPÉTENCES ESSENTIELLES À L'ÈRE DE LA NUMÉRISATION
16	TECHNOLOGIE ET MONDE NUMÉRIQUE (PRÉREQUIS)
17	RELATIONNELLES ET ORGANISATIONNELLES
18	MATHÉMATIQUES ET PROGRAMMATION
19	VALORISATION DES DONNÉES
20	INTÉGRATION ET AUTOMATISATION
21	OPTIMISATION DES PROCESSUS
22	GESTION DES AFFAIRES 4.0 ET COOPÉTITION
— 23	CONCLUSION
— 24	REMERCIEMENTS
— 27	SOURCES D'INFORMATION

# SOMMAIRE EXÉCUTIF

- Une nouvelle révolution est en marche. Elle s'appuie sur la connectivité des équipements, la technologie et les données. Elle aura un impact sur la totalité des départements de l'entreprise.
- Le manque de ressources et la réduction des coûts de production forcent les entreprises à automatiser leurs procédés afin de répondre à la demande des clients.
- Les gains à la suite de la transformation sont de l'ordre de 40 % à 60 % en productivité.
- Une usine 4.0 a mis en place un système d'information qui permet à l'utilisateur ou l'installateur d'un équipement de mesurer sa performance et celle de sa machine, ou de la cellule de travail, en temps réel.
- Les données permettent au travailleur du 4.0 d'améliorer sa contribution à l'optimisation des processus.
- Dans une usine 4.0, l'équipement est davantage spécialisé que le travailleur.
- La culture d'entreprise doit passer de hiérarchique à responsabilisante et tendre vers une culture d'apprentissage.
- Dans l'usine 4.0, les disciplines de métier coopèrent. Les gens de métier ne protègent pas leur savoir-faire, ils le partagent afin de faciliter la prise de décision.
- Des analystes et des programmeurs informatiques font leur entrée en production. Ces derniers s'intéressent au fonctionnement des machines, des équipements et des procédés industriels.
- Le dirigeant doit devenir un « digital leader », c'est-à-dire une personne capable d'anticiper les évolutions numériques.
- La difficulté d'intégrer des systèmes à ceux qui sont déjà en place contribue à ralentir le processus d'industrialisation 4.0.
- La PME qui n'a pas prévu la réinjection de capital dans l'automatisation et la connexion des équipements aura de la difficulté à prendre le virage.
- Il devient impératif de documenter cette transformation afin de préserver les savoirs de l'entreprise.
- L'aspect humain est sans aucun doute le plus grand défi de cette transformation.
- Les travailleurs de tous les métiers, y compris les entrepreneurs, se doivent de développer des compétences plus élargies sur les plans relationnel et technique afin de bien participer au développement de l'entreprise dans son ensemble.
- Les compétences essentielles à l'ère de la numérisation : technologie et monde numérique (prérequis), relationnelles et organisationnelles, mathématiques et programmation, valorisation des données, intégration et automatisation, optimisation des processus ainsi que gestion des affaires 4.0 et coopération.
- La disponibilité et les coûts de la technologie rendent possible cette transformation. Ce changement sera rapide et disruptif. Les nouvelles règles de la compétition sont en train de se définir.
- Les écosystèmes et les plateformes industrielles sont les prochaines voies de la croissance des entreprises manufacturières. À tout le moins, ils faciliteront les synergies d'affaires et la coopération entre entreprises.
- À l'ère du numérique, il est courant de voir des projets de recherches universitaires réalisés sur des problématiques et enjeux d'affaires des entreprises.
- La recherche et les mesures de soutien au développement numérique doivent être accentuées afin d'aider l'industrie manufacturière à demeurer compétitive et assurer le développement des synergies industrielles.

# OBJECTIFS VISÉS PAR LE PROJET

L'objectif général du projet est de créer un « Guide des compétences 4.0 en aérospatiale » afin d'outiller les établissements d'enseignement (de niveaux professionnel, technique et universitaire) pour leur permettre de modifier et d'adapter leurs programmes de formation aux besoins futurs des entreprises. Ce projet, soutenu par le Conseil emploi métropole (CEM), vise également à outiller les entreprises qui devront prendre le virage 4.0 dans les prochaines années. Ce projet tend donc à favoriser l'adéquation formation-emploi en aérospatiale.

Ce projet fait suite à l'une des recommandations du Livre blanc « Propulser les talents de l'aérospatiale pour l'industrie 4.0 » découlant du Forum Aéro Talents PME 2016, publié en septembre 2016 :

*Élaborer un « Guide des compétences 4.0 » par une consultation concertée, en continu, auprès des entreprises de l'aérospatiale, avec la participation des institutions d'enseignement de tous niveaux, des centres de recherche ainsi que de la grappe aérospatiale et ses partenaires. Cette initiative permettra de faire l'analyse des compétences critiques recherchées actuelles et futures, et d'adapter les programmes d'enseignement secondaire, collégial et universitaire aux besoins des entreprises.*

Le Guide des compétences 4.0 en aérospatiale vise à :

1. Connaître la transformation des compétences requises par la main-d'œuvre dans l'industrie aérospatiale pour faire face à la nouvelle révolution industrielle.
2. Définir les métiers actuels qui seront affectés par la révolution industrielle et comparer les tâches et compétences actuelles par rapport à celles qui seront requises pour une transition vers le 4.0. La liste des nouvelles compétences aura un impact sur les formations suivantes :
  - a. Formation professionnelle
  - b. Formation collégiale
  - c. Formation universitaire
  - d. Formation continue en entreprise de l'employé en poste

## Note au lecteur

Le lecteur avisé utilisera les différents éléments présentés dans ce guide comme un moyen de diagnostiquer sa propre situation. Nous souhaitons que ce guide lui permette de prendre la mesure de l'importance stratégique de la transformation industrielle en cours. Nous l'invitons donc à se donner une perspective d'avenir sur l'évolution de son entreprise ou de ses services. De plus, nous sommes d'avis que l'industrialisation 4.0 en est à ses débuts. Les nouveaux modèles d'affaires sont encore à clarifier. Cependant, pour nous, une chose est claire : les entreprises d'aujourd'hui qui ont pris le virage 4.0 seront les leaders industriels de demain.

# MÉTHODOLOGIE

Aux fins de la réussite de ce projet, nous avons rencontré 35 personnes dans 13 entreprises ainsi que 2 consultants spécialisés dans la transformation numérique. Les personnes consultées devaient impérativement être impliquées dans le virage 4.0. Nous avons ainsi rencontré des dirigeants, des ingénieurs, des gestionnaires de projet, des techniciens, des professionnels ainsi que des conseillers en formation et en ressources humaines. Ils ont été appelés à se prononcer sur les transformations et les changements qu'ils ont vécus ou qu'ils se préparent à vivre. Une recherche documentaire exhaustive a également été réalisée afin de préparer un guide d'entrevue.

## CONTEXTE

*En 2016, l'industrie de l'aérospatiale au Québec affiche des ventes de 14,4 milliards de dollars et emploie environ 40 000 personnes. Le Québec se classe au 6<sup>e</sup> rang mondial pour son effectif<sup>1</sup>. L'industrie est composée de nombreux maîtres d'œuvre, d'équipementiers de classe mondiale et de près de 200 PME, ce qui en fait l'une des plus dynamiques au monde. Au Québec, en 2017, il est encore possible de construire un avion dans sa totalité dans un rayon de 100 km. Cependant, l'industrie est en pleine mutation. La reprise tarde à venir. La chaîne d'approvisionnement se consolide, la production poursuit sa délocalisation vers le Sud et l'Asie, les contrats à juste valeur se font rares, les marges bénéficiaires brutes sont en déclin, la production de pièces devient une commodité et les centres d'usinage ou d'assemblage se spécialisent. Les petits joueurs subissent donc de fortes pressions pour s'adapter.*

### Une révolution est en marche

Le monde industriel est en pleine révolution. L'environnement d'affaires est volatile et incertain. Les piliers qui ont fait le succès du mode de production manufacturier sont en train de s'effriter. Nous sommes à l'étape de la transition vers une nouvelle façon de voir la production industrielle. L'aérospatiale n'y échappe pas. L'adoption de nouvelles innovations s'accélère. Tous les acteurs de la grappe industrielle aérospatiale sont appelés à reconsidérer la nature de leur rôle, leur mode de pensée et leur façon d'offrir leur produit ou leur service.

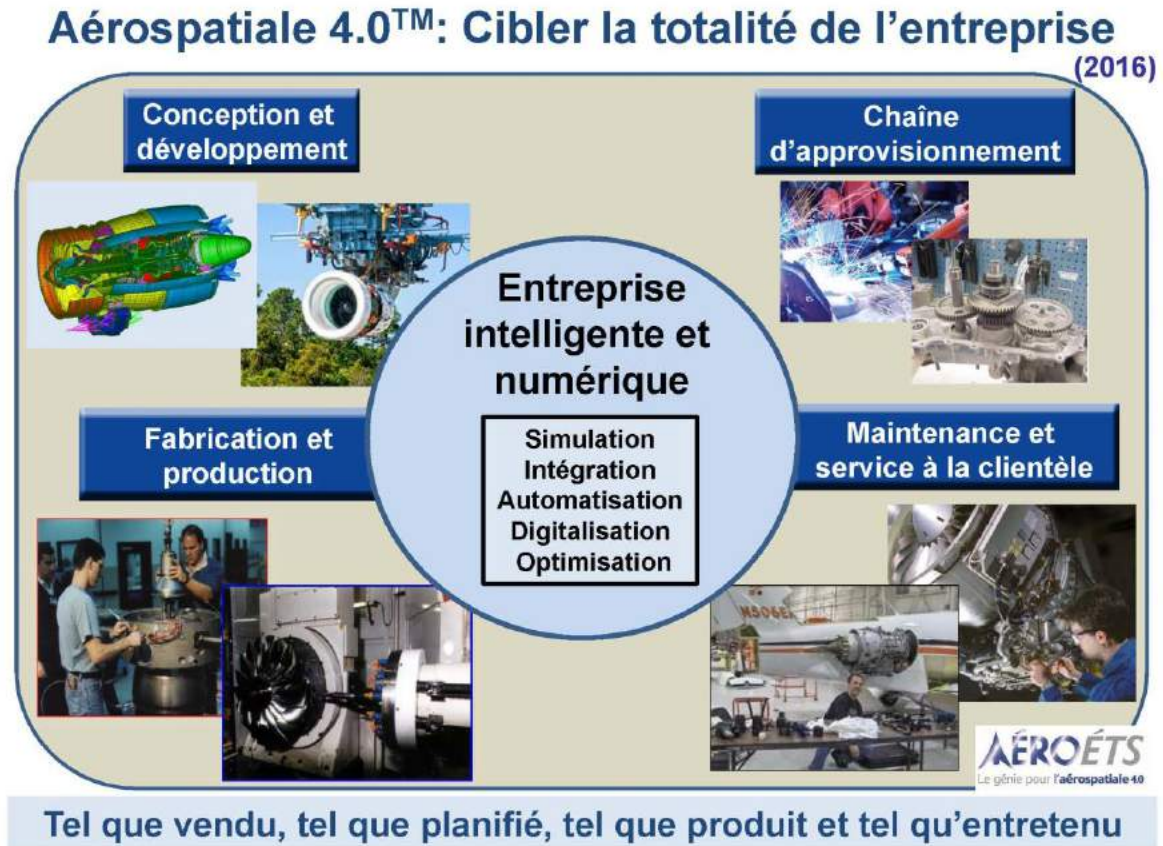
L'industrialisation 4.0 est bien intégrée dans les préoccupations d'affaires des entreprises innovantes en aérospatiale. Guidée principalement par les grandes compagnies et quelques petites entreprises, cette nouvelle façon de réaliser des affaires aura un impact sur l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement.

---

<sup>1</sup> Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation, 2017.



Tableau 1 : Industrie 4.0 et son impact sur la totalité de l'entreprise



Source : Aerospace 4.0, Hany Moustapha, Professor and Director, AÉROÉTS, École de technologie supérieure, Senior Research Fellow, P&WC, 2016.

### L'industrie se connecte

Le monde est de plus en plus connecté. Nous vivons quotidiennement cette connexion à travers les nombreuses plateformes sociales. En 2017, il y a environ 6,6 milliards d'objets qui communiquent entre eux. Ce nombre devrait passer à 20 milliards d'ici 2020<sup>2</sup>. Cette connectivité des données et des objets est un facteur déterminant de l'Industrie 4.0<sup>3</sup>. En effet, les données en temps réel permettent, entre autres, d'anticiper, de prédire rapidement les changements et de mieux gérer les risques associés aux affaires. Elles deviennent un actif corporatif qui crée de la valeur pour l'organisation. Grâce aux données, la fabrication et l'assemblage deviennent plus intelligents.

L'entreprise de demain devra répondre rapidement à une demande de produits industriels personnalisés, et donc produire des lots de petite taille, voire individualisés, ce qui implique une très grande flexibilité et une forte modularité des équipements industriels. Cette complexité demande de développer une façon nouvelle de gérer les affaires, d'organiser les opérations et, par le fait même, d'acquérir de nouveaux savoirs.

<sup>2</sup> <http://www.gartner.com/newsroom/id/3165317>, accessed January 15, 2017.

<sup>3</sup> Feuille de route de l'Industrie 4.0, Gouvernement du Québec, MESI, 2016.

## L'arrivée de nouveaux modèles d'affaires

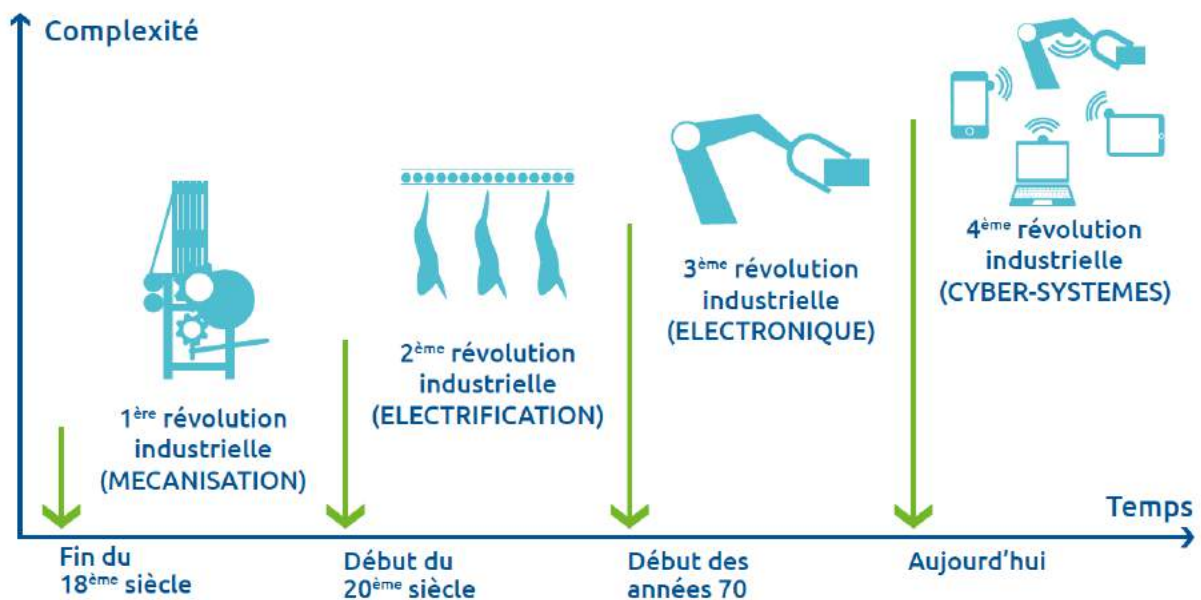
C'est par l'apprentissage de nouveaux processus de conception et de fabrication interconnectée et collaborative que ce virage peut s'entreprendre<sup>4</sup>. C'est aussi la compétitivité relationnelle qui est au cœur de l'Industrie 4.0. L'humain est l'acteur central du succès de cette transition. Comme nous pouvons le constater en Allemagne, ce virage se matérialise par de nouveaux modes d'interaction entre les acteurs économiques, leurs clients et les écoles de formation, et ce, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de la chaîne de valeur. Cette capacité à expérimenter ensemble ne touche pas seulement la dimension technologique. Elle concerne également la définition de nouveaux modèles d'affaires et écosystème mieux intégrés en lien, entre autres, avec l'émergence de plateformes de services industriels. *Un changement dans lequel la polyvalence, la transversalité des connaissances entre les entreprises de différents secteurs et les disciplines deviennent un enjeu central pour les acteurs de cette révolution numérique<sup>5</sup>.*

## La numérisation des entreprises

Il demeure une confusion dans ce qu'est vraiment l'industrialisation 4.0. En effet, beaucoup parlent d'automatisation et de robotisation lorsqu'il s'agit de la numérisation des entreprises. La robotisation du secteur manufacturier existe depuis les années 70. Elle a été favorisée par la montée en flèche de l'électronique et l'accessibilité à l'informatique. Cette phase se nomme l'industrialisation 3.0. Une entreprise peut donc manœuvrer des robots et ne pas être 4.0. Le tableau 2 démontre les différentes phases de l'industrialisation.

Tableau 2 : Les 4 étapes de la révolution industrielle de l'automatisation

### Les 4 étapes de la révolution industrielle de l'automatisation



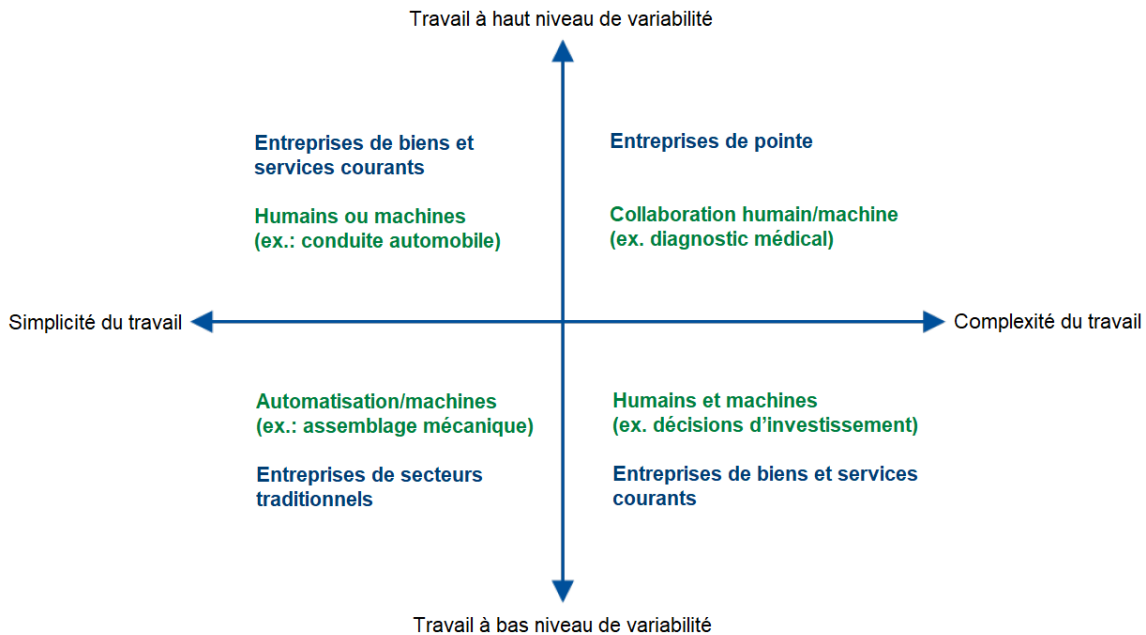
Source : Guide pratique de l'usine du futur, Enjeux et panorama de solutions, Usine du futur, FIM, AIF, 2015.

<sup>4</sup> Industrie 4.0 : Comment caractériser cette quatrième révolution industrielle et ses enjeux? KOHLER Consulting & Coaching, Dorothee KOHLER et Jean-Daniel WEISZ, 2016.

<sup>5</sup> Idem.

Le secteur manufacturier en aérospatiale, par la petite taille de la majorité de ses entreprises et la nature de ses produits, est encore faiblement automatisé et robotisé. En effet, comme le démontre le tableau 3, le degré d'automatisation d'une entreprise dépend de la complexité du produit à réaliser. La complexité des informations et des besoins traités qualifie le degré d'intelligence de l'équipement et, par le fait même, la possibilité d'automatiser.

**Tableau 3 : Les contraintes liées à l'automatisation**



Source: *Beyond Automation: Digitalization Changes Business Process Design and Execution*, Gartner, Janvier 2017

Entreprendre cette transition nécessite une bonne compréhension des besoins actuels et futurs de l'environnement d'affaires. Les équipes dirigeantes se doivent de faire une lecture des changements qui auront des impacts sur la compétitivité de leurs entreprises. Les plus avancées ont entrepris le virage depuis plus de cinq ans. Elles n'ont pas décidé d'investir dans le 4.0 sur un coup de tête. Ces entreprises ont franchi la barrière technologique parce que leur vision et leur maturité industrielle permettaient d'envisager cette transition, et ce, peu importe la taille de leur entreprise. Cette révolution n'est pas uniquement réservée aux gros joueurs.



# LES MOTIVATIONS DERRIÈRE LE VIRAGE

L'ensemble des industries manufacturières est touché par la rareté de la main-d'œuvre. L'aérospatiale est particulièrement affectée par cette situation. Plusieurs postes disponibles sur le marché ne sont pas pourvus. Ce manque de ressources force les entreprises à automatiser leurs procédés afin de répondre à la demande des clients. Sur le plan mondial, les centres d'usinage à faible coût de main-d'œuvre mettent de la pression sur la diminution des prix. Ainsi, pour demeurer compétitives, gagner des appels d'offres et signer des ententes à long terme, les entreprises doivent augmenter leur productivité et démontrer leur capacité à mieux gérer le risque. Ce virage vers le 4.0 est aussi une façon de conserver les emplois. En effet, les entreprises qui sont avancées dans la transformation ont maintenu les emplois et en ont créé de nouveaux. Elles ont ajouté de nouvelles compétences et développé le plein potentiel de leur main-d'œuvre existante sur le plan de l'utilisation des technologies associées à la production.

## Gains en productivité

Fait à noter, les entreprises qui ont réussi le virage connaissent des retombées d'affaires très intéressantes. Elles nous confirment qu'il devient plus facile de s'engager dans des contrats à long terme qui favorisent les deux parties parce qu'elles peuvent mieux prédire l'amélioration de leur productivité. Les chiffres actuels sont de l'ordre de 40 % à 60 % en gains. Nous retrouvons des gains associés à la réduction des temps de maintenance, à la diminution des coûts en santé et sécurité et à l'accélération du développement de produits.



# UNE RÉVOLUTION : UN NOUVEAU MILIEU DE TRAVAIL

Dans cette section, nous invitons le lecteur à se projeter dans le temps et à adopter une attitude de visionnaire. Afin de faciliter la compréhension de cette révolution, nous vous présentons un modèle basé sur les observations et discussions avec les entreprises qui sont aujourd'hui de vraies usines 4.0. Il se peut fortement que le milieu de travail que nous allons présenter ne corresponde pas à votre réalité actuelle. Il s'agit d'un changement de paradigme. Nous vous demandons d'utiliser votre capacité d'anticipation.

Pour chacun des acteurs de la grappe industrielle, il sera nécessaire de construire sur ses forces afin de contrer les menaces présentes et de les transformer en opportunités. Nous sommes conscients qu'il y aura une certaine cohabitation entre les modes de production. Il y aura beaucoup de travail de développement à faire dans la plupart des milieux pour passer d'un mode de collecte des données manuelles, sur papier, à une collecte de données en ligne automatisée et en temps réel. Pour certaines entreprises ce sera une longue transition et pour d'autres, ce sera la fin.

## Accessibilité de l'information en temps réel

Une usine 4.0 a mis en place un système d'information qui permet à l'utilisateur ou l'installateur d'un équipement de mesurer sa propre performance et celle de sa machine, ou de sa cellule de travail, en temps réel. La connectivité des systèmes, des machines, des employés et des produits lui donne accès à cette information. Il est en communication continue avec les processus de production (conception, fabrication, logistique et maintenance) ainsi que les produits fabriqués.

## Analyse des données

Les machines et outils, intégrant des composants et des sous-systèmes intelligents, regroupent des équipements de production capables d'intégrer des informations et de les utiliser afin de répondre à une fonction spécifique. L'analytique et la modélisation des données fournissent ainsi des informations à l'utilisateur sur les variations dans les processus. Il peut prendre des décisions basées sur l'interprétation et l'analyse de ces informations.

## Valorisation des capacités intellectuelles

Les données permettent au travailleur du 4.0 d'améliorer sa contribution à l'optimisation des processus. Qu'il soit un ingénieur ou un opérateur, il doit présenter des solutions pour automatiser certaines tâches reliées à son champ d'expertise. La technologie développée lui permet donc d'augmenter ses capacités de production. Il peut manœuvrer plusieurs équipements sans nécessairement augmenter son effort physique. Il est valorisé davantage dans ses capacités intellectuelles.

## Collaboration humain-machine

Les équipements et réseaux internes collaboratifs poussent le travailleur à agir plus rapidement et plus facilement. Les outils virtuels auxquels il a accès lui permettent, par exemple, d'accélérer le temps de conception lorsqu'il s'agit d'un ingénieur ainsi que de faciliter son apprentissage et de réduire les risques d'erreurs ou les variations. Les algorithmes et la programmation font partie du quotidien du travailleur de l'usine 4.0. Il peut ainsi reléguer les activités routinières aux robots, à l'équipement ou au système. Dans une usine 4.0, l'équipement est davantage spécialisé que le travailleur.

## Culture d'apprentissage responsabilisante

Le système de gestion de la qualité de l'usine 4.0 est bâti autour de la dynamique des processus et le développement de la responsabilisation des travailleurs. L'autonomie et la facilité des prises de décisions ne s'exercent que dans le cadre de règles claires, avec des processus de gestion axés sur la valeur ajoutée des ingénieurs, techniciens et opérateurs. Cette révolution amène donc la nécessité de revoir la structure décisionnelle traditionnelle. *La culture d'entreprise doit passer de hiérarchique à responsabilisante et tendre vers une culture d'apprentissage*<sup>6</sup>. La collaboration est au cœur de l'innovation des produits et des processus. Il s'agit de réseaux sociaux adaptés aux problématiques techniques, permettant le partage d'information, la gestion et la priorisation des idées, la gestion des problèmes techniques, la gestion de projets et de programmes, la gestion de portefeuilles de produits, etc.

## Entrepreneur interne

*Ces outils collaboratifs permettent de déployer « l'homme augmenté », c'est-à-dire l'homme doté à travers ces interfaces de toutes les informations dont il a besoin : plans, gammes, instructions, données techniques, formations, historiques, etc. Le résultat est que cet homme augmenté est responsabilisé et devient un véritable entrepreneur interne*<sup>7</sup>.

## Coopération multidisciplinaire

L'ingénierie numérique facilite la modélisation et la simulation de procédés ou de produits. Ces outils permettent de mettre au point les procédés, et de les optimiser dans le monde virtuel, à un coût très faible une fois que l'investissement initial de numérisation a été fait. Il s'agit de la mise en œuvre de très nombreuses simulations effectuées de manière itérative, qui font intervenir l'ensemble des disciplines concernées. Dans l'usine 4.0, les disciplines de métier coopèrent. Les gens de métier ne protègent pas leur savoir-faire, ils le partagent afin de faciliter la prise de décision. Les travailleurs de cette usine sont appelés à développer des compétences généralistes afin d'assurer leur polyvalence et leur employabilité.

## Arrivée des métiers de l'informatique

Les diplômés des écoles professionnelles et techniques deviennent donc des acteurs importants dans la conception. De leur côté, les ingénieurs entrent en mode *coaching* afin de développer les acteurs techniques autour d'eux. Le cloisonnement des disciplines n'a pas sa place dans l'usine 4.0. L'opérateur et le technicien jouent un plus grand rôle dans le cycle de vie du produit. Ce sont des informateurs privilégiés grâce à leur position en première ligne de production. Des analystes et des programmeurs informatiques font également leur entrée en production. Ces derniers s'intéressent au fonctionnement des machines, des équipements et des procédés industriels.

---

<sup>6</sup> Feuille de route de l'Industrie 4.0, Gouvernement du Québec, MESI, 2016.

<sup>7</sup> Guide pratique de l'usine du futur, Enjeux et panorama de solutions, Usine du futur, FIM, AIF, 2015.

# LES DÉFIS ET LES ENJEUX ASSOCIÉS AU VIRAGE 4.0

## Vision et maturité numérique

La transformation d'une entreprise ne se fait pas sans dérangement. Un point départ est d'établir un langage commun ou une raison d'être à la réalisation de ce changement. La capacité d'évaluer la maturité numérique de l'entreprise est une compétence essentielle. Tout part de la gouvernance et de la vision de l'équipe dirigeante. Le défi est d'amener l'ensemble des acteurs internes à comprendre en quoi consiste le virage 4.0 pour l'entreprise. Il faut créer le sentiment d'urgence. Un dirigeant qui n'a pas d'intérêt envers les technologies ne pourra pas jouer un rôle direct dans la réussite de cette transition.

## Leadership numérique

Il sera également plus difficile pour l'entreprise de réaliser le changement si la culture interne fait la promotion de la hiérarchie des rôles plutôt que du partage de l'information, de l'innovation et de la transparence. Il ne faut pas oublier que le désir d'apprendre en continu, les habiletés relationnelles et les capacités à s'adapter sont les moteurs du succès des acteurs de l'Industrie 4.0. Le dirigeant doit donc devenir un « digital leader », c'est-à-dire une personne capable d'anticiper les évolutions numériques. Ce leader devra accepter de ne pas avoir toutes les réponses. Le savoir et le repérage de tendances vont provenir de partout : de ses équipes, mais aussi d'autres services de l'entreprise, d'Internet, de la concurrence, etc. *Il est nécessaire de définir une gouvernance numérique qui touchera les politiques, structures, rôles, règles, processus et standards nécessaires à l'application du « digital workplace » de manière optimale et pérenne<sup>8</sup>.*

## Compatibilité des équipements

La difficulté d'intégrer des systèmes en place contribue à ralentir le processus d'industrialisation 4.0. Plusieurs équipements ont des protocoles informationnels qui ne sont pas compatibles avec l'écosystème informatique. La présence de multiples sous-systèmes de gestion informationnels, tels que des bases de données en VBA, occasionne des coûts de transformation supplémentaires et des défis de connexion des systèmes. C'est ce qu'on appelle communément le « *Shadow IT* ». Cette appellation est fréquemment utilisée pour désigner des systèmes d'information et de communication réalisés et mis en œuvre au sein d'organisations sans approbation de la direction des systèmes d'information. Ainsi, la définition d'une architecture technologique et d'une gouvernance claire sur le plan de l'utilisation des différents systèmes et sous-systèmes devient un impératif dans la réussite du projet.

## Harmonisation des processus d'affaires

La difficulté d'automatiser les processus d'affaires est un défi de l'industrialisation 4.0. L'automatisation de ces processus est le mécanisme par lequel les données, l'information et les processus associés aux affaires sont gérés et transférés dans des moyens technologiques. L'accélération de l'information en temps réel et l'accentuation des données résultantes de la connexion des différents systèmes forcent cette automatisation. Elle devient un préalable à l'industrialisation 4.0. L'harmonisation des processus d'affaires à l'écosystème informatique de l'entreprise exige des compétences spécifiques en intégration de systèmes et demande beaucoup de temps et d'argent.

---

<sup>8</sup> How Mature Is Your Digital Workplace?, Digital Workplace Group, 2016.

## Investissement en capital

Il est de rigueur d'indiquer que certaines entreprises ont pris un important retard dans leurs procédés industriels. Ce retard s'explique, en partie, par la nature des produits offerts et les attentes des clients. Plusieurs PME de l'industrie de l'aérospatiale ont moins de quatre clients. Elles entretiennent une forte relation de dépendance envers ces derniers. Il est difficile d'opérer une grande transformation tout en continuant de livrer dans la qualité et les délais requis. L'investissement en capital peut s'avérer trop risqué. Ce capital est souvent immobilisé dans les passifs de l'entreprise. La PME qui n'a pas prévu la réinjection de capital dans l'automatisation et la connexion des équipements aura de la difficulté à prendre le virage.

## Automatiser et numériser l'entreprise

Par ailleurs, le financement actuel des institutions n'est pas toujours préparé à cette transformation du milieu manufacturier. Malgré les subventions offertes, les institutions financières demeurent frileuses à investir dans la transformation numérique. En effet, pour plusieurs entreprises, cette transformation demande d'investir à la fois dans l'automatisation de la production et la numérisation du milieu de travail. Avant de connaître une croissance, les entreprises qui vont réaliser le virage connaissent une baisse des performances financières et des ratios, ce qui ne plaît guère aux prêteurs traditionnels. Le leadership numérique doit donc de se développer également au sein de la communauté financière.

## Perte des compétences actuelles

Lorsqu'une entreprise amorce l'automatisation des méthodes de travail, elle demande à ses opérateurs d'analyser leurs tâches dans le but d'éliminer les interventions manuelles. Nous avons observé que les compétences de métiers actuels peuvent se perdre dans cette transformation. L'expertise d'un professionnel ou d'un technicien principal facilite l'automatisation et le paramétrage des tâches associées à la production. Cette phase de conception du nouveau modèle de production provoque des échanges, des processus de résolution de problèmes, des essais et des erreurs. Il devient impératif de documenter cette transformation afin de préserver les savoirs de l'entreprise. Les systèmes de gestion de l'apprentissage sont à développer en même temps que la transformation. Nous constatons que plusieurs développent un réseau d'apprentissage interne communément appelé « wiki d'entreprise ». Cette plateforme peut inclure des vidéos spécifiques, un système de clavardage technique, une foire aux questions, des procédures de dépannage, etc.

## Développement des compétences

L'aspect humain est, sans aucun doute, le plus grand défi de cette transformation. Les coûts en développement de la main-d'œuvre sont importants. Ce développement doit se faire à tous les niveaux hiérarchiques. Il n'y a pas de solutions miracles. La qualité de l'investissement dans les employés sera garante du succès d'un tel projet. Aux dires des participants interviewés, les travailleurs du plancher ne sont pas réticents aux changements, surtout lorsque la nature du projet et les enjeux d'affaires leur sont bien présentés. La stratégie de gestion du changement et les plans de développement des compétences sont donc à préparer minutieusement pour la réussite de cette transformation.



# LES COMPÉTENCES ACTUELLES PRÉSERVÉES

La transformation numérique ne peut se faire sans le maintien des compétences actuelles propres à l'industrie. Les entreprises avancées dans le processus ont, au sein de leurs équipes, des employés formés et spécialisés. Ils sont tout simplement moins nombreux. Ils deviennent les experts métiers (SME)<sup>9</sup>. Ce sont des personnes dont les connaissances ou compétences de métiers sont les plus approfondies. Les travailleurs de tous les métiers, y compris les entrepreneurs, se doivent de développer des compétences plus élargies sur les plans relationnel et technique afin de bien participer au développement de l'entreprise dans son ensemble. Ainsi, aux compétences actuelles s'ajoutent de nouvelles compétences que nous allons expliquer plus loin. Le tableau 4 présente les compétences à préserver lors de la transformation numérique. Ce tableau est extrait du rapport produit en 2014 sur l'inventaire des compétences critiques en aérospatiale. Elles sont positionnées en ordre de priorité de 1 à 6 (1 étant la plus critique) pour chacun des postes.

Tableau 4 : Compétences critiques en aérospatiale

	Machiniste	Assembleur	Technicien	Agent méthode	Personnel scientifique	Superviseur
1	Effectuer le relevé et l'interprétation de mesures	Monter un sous-assemblage	Interpréter des dessins techniques reliés à l'aéronautique	Interpréter des schémas, des dessins et des plans d'assemblage et d'installation	Capacité de concevoir des solutions selon les besoins et en tenant compte des contraintes	Comprendre son rôle en tant que superviseur d'une équipe de travail
2	Usiner par programmation manuelle ou automatique des pièces simples	Appliquer des procédures de travail	Produire et modifier des programmes pour les machines à commande numérique	Contribuer à l'optimisation du processus manufacturier	Respecter les échéanciers	Gérer les indicateurs de performance et les problèmes de rendement (conversations difficiles, mobilisation, suivi de discipline et clarification des attentes)
3	Polyvalence : capacité et intérêt à travailler sur plusieurs machines	Poser des produits scellants et assembler par collage des pièces de structures d'aéronefs	Assurer la conformité des caractéristiques dimensionnelles et géométriques des composants d'aéronefs	Élaborer et modifier des cahiers de montage	Connaissances et utilisation des approches méthodologiques propres au génie aérospatial	Organiser et gérer la production de biens et services
4	Capacité et intérêt pour l'apprentissage continu	Polyvalence : capacité et intérêt à travailler sur plusieurs tâches	Exploiter les possibilités des procédés d'usinage, de formage et d'assemblage	Extraire et modifier l'information des modèles 3D pour la production de cahiers de montage de structures d'aéronefs	Habilité à communiquer efficacement des concepts d'ingénierie complexes, notamment comprendre, présenter, lire et rédiger de façon efficace des rapports et de la documentation de conception	Travailler méthodiquement
5	Interpréter des dessins complexes liés à l'usinage sur machines-outils à commande numérique	Effectuer des travaux d'assemblage mécanique	Contribuer à l'optimisation du processus manufacturier	Exploiter les possibilités des procédés d'assemblage	Capacité à poser un jugement critique ainsi qu'à en recevoir un	Résoudre des problèmes techniques
6	Flexibilité pour s'ajuster à différents horaires de travail	Lire et interpréter des dessins (arrive au 7 <sup>e</sup> rang) Prendre des mesures à l'aide d'instruments de précision (arrive au 8 <sup>e</sup> rang)	Concevoir la fabrication	Assurer le contrôle de la qualité	Intégrer les différentes pratiques, comme la gestion de projets, des risques et du changement et bien tenir compte des contraintes associées à ces pratiques	Agir rapidement en cas de harcèlement ou de discrimination

Source : Inventaire des compétences critiques en aérospatiale, rapport et recommandations, Aéro Montréal, 2014.

<sup>9</sup> Subject Matter Expert.

# REGROUPEMENT DES MÉTIERS ET LEUR ÉVOLUTION

Lors des entrevues dirigées, nous avons couvert l'ensemble des métiers de l'aérospatiale. Nous avons découvert que l'impact sur les compétences était similaire dans cinq grandes catégories de métiers : professionnel, technique, ingénierie, supervision et direction.

Le secteur professionnel regroupe les métiers provenant des écoles secondaires spécialisées. Ils sont appelés à vivre des transformations majeures dans leurs rôles et responsabilités. L'utilisation accrue des compétences d'ordre relationnel et intellectuel devrait également changer les critères de sélection des futurs candidats dans l'admission aux programmes.

Les techniciens regroupent les métiers provenant de l'enseignement collégial. Ces techniciens sont voués à tenir un plus grand rôle dans la conception du produit. Tout comme les professionnels, ils devront développer des compétences plus élargies sur le plan de leur capacité relationnelle et intellectuelle. Leurs intérêts devront être variés et pluridisciplinaires afin de répondre aux exigences de la transformation des milieux de travail.

L'ingénierie regroupe les métiers de formation scientifique, incluant les ingénieurs informatiques. Ces scientifiques devront développer des compétences dans la transmission des savoirs afin d'amener les techniciens et professionnels à prendre de l'autonomie dans les décisions opérationnelles. Ils seront appelés à développer des savoirs dans tous les domaines du génie afin de répondre aux diverses exigences d'intégration des systèmes et d'automatisation. Ils devront jouer un plus grand rôle dans la gestion des affaires et ils se concentreront à développer un *Product life cycle management*<sup>10</sup> collaboratif ou fluide.

Pour ce qui est de la supervision, les compétences se déplacent davantage vers celles du gestionnaire capable de *coacher* et de développer son équipe. Il devient l'animateur de l'amélioration continue et le porteur de la transformation organisationnelle. Dans certains milieux, il se transformera en chef d'équipe. Il pourrait même être appelé à disparaître. Cela dépendra de la qualité du système d'information en place. Le déploiement des systèmes d'information en temps réel et le développement de la planification automatisée risquent fort bien de rendre désuet le rôle du superviseur dans le futur. Le superviseur a de bonnes chances de devenir un système virtuel.

L'ajout de la catégorie « direction » vise à guider le dirigeant d'entreprise sur les compétences qu'il doit développer pour assurer la transition vers le 4.0. Comme nous l'avons lu plus haut, ce dernier est l'instigateur du changement. En 2018, trop peu d'entrepreneurs s'intéressent aux transformations en cours dans l'industrie. Parmi les dirigeants rencontrés, plusieurs nous ont indiqué avoir modifié leur savoir-faire et leur savoir-être afin d'assurer le virage. Certains ont également préféré laisser le champ libre à des gestionnaires plus compétents et plus ouverts aux technologies.

---

<sup>10</sup> Définition tirée de Wikipédia: Un cadre organisationnel et un ensemble de concepts, méthodes et outils logiciels visant à créer et à entretenir les produits industriels tout au long de leur cycle de vie, depuis l'établissement du cahier des charges du produit et des services associés jusqu'à la fin de vie, en passant par le maintien en conditions opérationnelles.

# NIVEAUX DE MAÎTRISE DES COMPÉTENCES

Le processus d'entrevues nous a permis de cerner les différentes compétences essentielles au développement et à l'exploitation d'une usine 4.0. Nous avons identifié les niveaux de compétences nécessaires par catégorie de métier. Ces niveaux peuvent servir à guider les gestionnaires d'entreprises ou les écoles de formation dans la planification des plans de développement des compétences.

Les compétences à développer vont dépendre du contexte de chaque entreprise. La maturité numérique de l'équipe, la culture d'entreprise, le type d'équipement utilisé, les systèmes de gestion ainsi que le degré d'automatisation et de robotisation sont parmi les facteurs qui influencent le niveau de développement des compétences par métier. Ainsi, les niveaux de compétences proposés sont des points de repère pour lancer la discussion au sein d'une équipe responsable de la transformation. Ces niveaux, présentés au tableau 5, sont inspirés de la taxonomie de Bloom et de notre expérience en développement des compétences en entreprise.

Le premier niveau demande une maîtrise de base de la compétence. La personne doit savoir ce qu'est la compétence sans la maîtriser en termes de savoir-faire. À ce niveau, la personne est sensibilisée. Au deuxième niveau, elle développe une autonomie dans la maîtrise de la compétence et l'exécution. Elle a besoin d'encadrement et de supervision pour la réussite de celle-ci. Au troisième niveau, la personne est en pleine maîtrise de la compétence. Elle est une experte reconnue. Une personne experte peut ne pas être habilitée à former et à transmettre ses connaissances. Cette capacité définit le quatrième niveau.

**Tableau 5 : Les niveaux de maîtrise d'une compétence**

Niveaux	Descriptions
1	L'individu comprend l'importance de la compétence. Il est sensibilisé. Il l'utilise partiellement.
2	L'individu utilise la compétence. Il possède un bon niveau d'autonomie. Il a besoin d'encadrement.
3	L'individu est un expert reconnu.
4	L'individu est un formateur ou un <i>coach</i> .

# LES COMPÉTENCES ESSENTIELLES À L'ÈRE DE LA NUMÉRISATION

La détermination des compétences à l'ère de la numérisation est le fruit d'une analyse de l'ensemble des entretiens. Elles ont été regroupées en sept grandes compétences essentielles afin de simplifier la réflexion :

- Technologie et monde numérique (prérequis)
- Relationnelle et organisationnelle
- Mathématiques et programmation
- Valorisation des données
- Intégration et automatisation
- Optimisation des processus
- Gestion des affaires 4.0 et coopération

Les technologies associées à la production manufacturière évoluent rapidement. Ces technologies ne sont pas figées dans le temps. Elles peuvent rapidement devenir désuètes. Ainsi, nous ne recommandons pas d'axer le développement des compétences sur l'utilisation des technologies actuelles.



## TECHNOLOGIE ET MONDE NUMÉRIQUE (PRÉREQUIS)

Entreprendre le virage 4.0 exige le développement d'un intérêt envers les technologies et le monde numérique. Que ce soit pour établir une vision ou pour aborder une transformation sans crainte, l'intérêt d'une personne envers cet univers est un point de départ essentiel. *Ce virage peut s'entreprendre si une bonne évaluation du niveau de maturité numérique est réalisée*<sup>11</sup>. Il devient essentiel de dresser un bilan de la situation actuelle. Ce bilan touche, entre autres, aux processus d'affaires, aux technologies utilisées et aux compétences de l'équipe.

Dans le milieu manufacturier de l'aérospatiale, plusieurs travailleurs ne sont pas en contact avec les technologies. Parfois, l'utilisation d'une interface informatique représente un grand défi pour ces derniers. Cette situation crée des résistances aux changements. Les entreprises qui développent l'industrialisation 4.0 mobilisent leurs employés sur le fait que le milieu manufacturier va continuellement être en changement. Ainsi, ces dernières assurent le développement et la formation en continu de leurs employés. Certaines entreprises ont développé un centre d'apprentissage virtuel où le travailleur est appelé à s'informer sur les dernières tendances sur le plan des technologies manufacturières. D'autres ont mis en place une bibliothèque de lecture accessible à tous. Elles ont désigné des responsables pour assurer une veille sur l'innovation et les technologies. Des formations sur le monde numérique sont également offertes en entreprise pour stimuler l'intérêt des travailleurs.

Technologie et monde numérique (prérequis)					
Compétences	Assembleur, monteur, machiniste et mécanicien	Technicien et agent méthode	Ingénieur	Superviseur	Dirigeant et entrepreneur
S'intéresser au monde numérique et aux technologies	2	3	3	3	2
Savoir identifier le niveau de maturité numérique	2	2	3	2	2
Savoir utiliser des interfaces informatiques	2	3	3	3	3
Développer la curiosité intellectuelle	2	3	3	3	3
Développer l'intérêt d'apprendre en continu	2	3	3	3	3

<sup>11</sup> Feuille de route de l'Industrie 4.0, Gouvernement du Québec, MESI, 2016.



## RELATIONNELLES ET ORGANISATIONNELLES

Comme nous l'avons vu, l'usine 4.0 met de l'avant les capacités humaines. Elle force l'interaction entre les personnes. L'augmentation de l'information disponible sur le plancher permet aux travailleurs de prendre des initiatives réfléchies sur les opportunités d'amélioration des systèmes. Ils doivent savoir communiquer avec intelligence leur pensée dans une approche collaborative. Tous les départements de l'entreprise 4.0 sont en perpétuel changement. Un département peut être à la fois le client et le fournisseur interne d'un autre département. Une dynamique d'influence et de recherche de solutions créatives s'installe au sein des équipes. Les personnes plus expérimentées deviennent des *coachs* et elles partagent leurs connaissances dans un esprit d'ouverture.

Relationnelles et organisationnelles					
Compétences	Assembleur, monteur, machiniste et mécanicien	Technicien et agent méthode	Ingénieur	Superviseur	Dirigeant et entrepreneur
Capacité à synthétiser de l'information	2	2	3	3	3
Savoir transmettre des connaissances	2	3	3	4	4
Jugement et sens de la décision	2	3	3	3	4
Orientation service ou client	2	2	3	3	4
Capacité à négocier	2	2	3	3	4
Savoir anticiper	2	2	3	3	4
Capacité d'influence (savoir vendre ses idées)	2	2	3	3	4
Savoir gérer un projet	2	3	4	4	4
Savoir gérer un changement	2	2	2	4	3
Faire preuve de créativité	2	3	3	2	4
Maîtriser l'approche gestionnaire-coach	2	3	3	4	4
Savoir résoudre des problèmes	2	3	4	4	3
Maîtriser l'intelligence collaborative	3	3	4	4	4

## MATHÉMATIQUES ET PROGRAMMATION

L'automatisation des systèmes crée des besoins en programmation. Il ne s'agit pas que de programmer uniquement une machine à commande numérique, mais aussi de programmer son interaction avec la chaîne de production. Le fait de définir un algorithme décisionnel afin de prédire le comportement de la machine permet une meilleure lecture et une meilleure exécution de la tâche à automatiser. Comprendre ce qu'est la programmation demande le développement de connaissances en mathématiques opérationnelles. La programmation VBA (*Visual Basic for Application*) est encore très présente dans l'usine 4.0. Son utilisation dépend des types de langage de programmation interne. Les compétences en programmation d'applications internes et en design d'interfaces utilisateurs sont des compétences très recherchées. Ces savoir-faire sont historiquement relégués au domaine de l'informatique. Dans la transformation numérique, les secteurs industriels et informatiques s'entrecroisent. Les métiers techniques et scientifiques du milieu manufacturier sont à développer les compétences qui proviennent du milieu de l'informatique. L'inverse est également vrai. Pour sa part, la compétence associée à l'apprentissage automatique est encore peu développée dans les milieux industriels. Il n'y a pas encore une assez grande taille de données pour permettre le déploiement de l'intelligence artificielle. Elle fera probablement une percée avec l'arrivée de la maintenance prédictive.

Mathématiques et programmation					
Compétences	Assembleur, machiniste et mécanicien	Technicien et agent méthode	Ingénieur	Superviseur	Dirigeant et entrepreneur
Savoir développer des algorithmes décisionnels	2	3	4	3	2
Utiliser les fonctions avancées d'Excel (VBA)	2	3	4	3	3
Savoir programmer des logiciels internes	1	2	3	1	2
Comprendre comment utiliser une interface programmable applicative (API)	2	3	3	2	2
Concevoir des interfaces utilisateurs ( <i>user interface design</i> )	1	3	4	1	2
Maîtriser l'apprentissage automatique ( <i>machine learning</i> )	2	3	4	2	3

## VALORISATION DES DONNÉES

La connexion des équipements et des systèmes ainsi que l'automatisation des processus génèrent une grande quantité de données. Ces données sont à mettre en valeur. La compétence en modélisation de données permet l'analyse et la conception de l'information contenue dans les systèmes. Pour que cette analyse de données soit fiable, elle est montée dans une base de données. La gestion harmonieuse des bases de données définit des protocoles et des méthodes standardisées. Les opérations génèrent une quantité d'informations qui doivent être analysées. Ainsi, savoir utiliser la statistique permet d'alimenter avec conviction le processus de résolution de problèmes. Dans l'usine 4.0, les décisions se prennent essentiellement grâce à l'analyse des données.

Valorisation des données					
Compétences	Assembleur, machiniste et mécanicien	Technicien et agent méthode	Ingénieur	Superviseur	Dirigeant et entrepreneur
Savoir modéliser et gérer des données	2	3	4	1	3
Maîtriser la statistique	2	3	4	3	2
Savoir monter, harmoniser et gérer des bases de données ( <i>data management</i> )	1	3	4	2	3
Analyser et interpréter des statistiques liées aux données ( <i>data science</i> )	1	3	4	2	3

## INTÉGRATION ET AUTOMATISATION

Dans l'industrialisation 4.0, l'intégration des systèmes et l'automatisation des opérations sont envisagées dès la conception des produits. Les entreprises qui font une gestion du *Product Life Management* (PLM) doivent absolument se synchroniser avec les acteurs de la chaîne de valeur. Le but est d'améliorer la productivité. Les enjeux techniques de l'industrialisation forcent l'entreprise à s'appuyer sur des ressources externes. La recherche de synergie des compétences et l'exploitation efficiente du réseau sont essentielles au sein de la chaîne d'approvisionnement. *Cela a pour effet de baisser les coûts de communication et de mise au point des documents (cahier des charges, plans, factures...) et d'accélérer les cycles d'industrialisation par une collaboration au travers du réseau*<sup>12</sup>. L'intégration ne peut se faire sans la maîtrise des écosystèmes informatiques et d'entreprises qui sont en place. Ces écosystèmes sont la base sur laquelle les opérations de l'entreprise peuvent s'appuyer. La mise en place de systèmes automatisés est une compétence spécifique à développer. L'entreprise 4.0 bâtit régulièrement des cahiers des charges sur les exigences de connectivité et d'automatisation de ses équipements.

Selon les types de clients desservis par l'entreprise, les savoir-faire en prototypage des produits, en fabrication additive et en simulation d'usine 3D sont des compétences requises pour faire des affaires. À une échelle plus opérationnelle, les compétences dans l'analyse des mouvements d'un robot et dans la conception d'instructions de travail en 3D accélèrent la mise en production et assurent une plus grande productivité. La mécatronique fait également partie des compétences de demain. *La mécatronique est la combinaison synergique et systémique de la mécanique, de l'électronique, de l'automatique et de l'informatique en temps réel. L'intérêt de ce domaine d'ingénierie interdisciplinaire est de concevoir des systèmes automatiques puissants et de permettre le contrôle de systèmes complexes*<sup>13</sup>.

Intégration et automatisation					
Compétences	Assembleur, monteur, machiniste et mécanicien	Technicien et agent méthode	Ingénieur et scientifique	Superviseur	Dirigeant et entrepreneur
Maîtriser la gestion du PLM collaboratif	1	2	4	2	3
Maîtriser les écosystèmes informatiques et d'entreprises	2	3	3	2	3
Savoir-faire en automatisation des systèmes	2	3	4	2	2
Maîtriser les techniques de prototypage et de fabrication additive	1	2	4	2	1
Apprendre à faire des simulations d'usine en 3D (tech. fabrication du futur)	1	2	3	1	1
Savoir analyser les mouvements d'un robot	2	3	4	3	2
Savoir développer des instructions de travail en 3D	2	3	4	2	1
Maîtriser la mécatronique	1	2	3	2	1

<sup>12</sup> Désindustrialisation, délocalisations, Rapport Lionel Fontagné et Jean-Hervé Lorenzi.

<sup>13</sup> Wikipédia.

## OPTIMISATION DES PROCESSUS

Pour appuyer la stratégie d'affaires, l'entreprise 4.0 doit avoir un alignement adéquat de ses processus d'affaires. Ces processus sont en phase avec les besoins des clients et font foi de l'excellence opérationnelle de l'entreprise. L'innovation client est le point d'ancrage de l'amélioration de ces processus. Afin de réduire le temps de réponse et développer une rapidité à traduire les attentes clients en produits ou services, les entreprises les plus innovantes positionneront une approche agile dans leur culture de gestion de projet. Cette approche agile demande aux équipes de poser et de tester des hypothèses de travail. Pour certains projets, elles entrent en mode expérimentation.

Optimisation des processus					
Compétences	Assembleur, monteur, machiniste et mécanicien	Technicien et agent méthode	Ingénieur	Superviseur	Dirigeant et entrepreneur
Savoir développer et gérer des processus d'affaires	2	3	4	3	4
Savoir-faire en innovation	2	2	4	2	3
Maîtriser l'approche agile	3	3	4	3	3
Développer une pensée scientifique : savoir poser des hypothèses	2	2	4	2	3



## GESTION DES AFFAIRES 4.0 ET COOPÉTITION

Savoir développer et articuler une vision stratégique permet une mobilisation accrue de tous les acteurs qui gravitent autour de l'entreprise. Comme nous le savons, l'environnement d'affaires change rapidement. Face à un avenir qui n'est pas toujours clair, l'entreprise qui saura se doter d'une vision de marché alignée sur les opportunités du 4.0 se démarquera de sa concurrence. Les entreprises 4.0 adopteront nécessairement une approche des affaires basée davantage sur la coopétition. Des synergies d'affaires sont à créer afin de réduire l'impact financier de la transformation. Cette approche dans la manière de réaliser des affaires est encore peu établie au Québec. Cependant, nous remarquons une ouverture pour ce type de coopération entre concurrents dans les entreprises qui sont très avancées dans le 4.0.

Dans les entreprises 4.0, la recherche et le développement sont bien développés. La participation des milieux universitaires est sollicitée. À l'ère du numérique, il est courant de voir des projets de recherches universitaires réalisés sur des problématiques et enjeux d'affaires des entreprises.

Avec l'augmentation de la connectivité des équipements, l'ajout de technologies et la marée de nouvelles données dans les milieux de travail, l'intelligence des affaires prend de l'importance. Elle se positionne au sein de la gouvernance des entreprises. Elle n'est plus uniquement reléguée au service des finances.

Les entreprises 4.0 ont le souci de former leur main-d'œuvre sur la compréhension des états financiers et sur la façon de réaliser des propositions d'affaires. Les employés de tous les métiers sont voués à devenir de meilleurs partenaires dans le succès des affaires. Ces entreprises veulent que leurs travailleurs comprennent les raisons qui motivent les changements. Elles savent qu'une personne bien informée est davantage une alliée qu'une nuisance.

La virtualisation des informations, l'accélération des flux de données et la multiplication des interfaces utilisateurs demandent le développement de compétences en cybersécurité. Ces compétences doivent être déployées à différents niveaux dans l'ensemble des métiers.

Gestion des affaires 4.0 et coopétition					
Compétences	Assembleur, monteur, machiniste et mécanicien	Technicien et agent méthode	Ingénieur	Superviseur	Dirigeant et entrepreneur
Savoir développer et articuler une vision	1	1	3	3	4
Savoir développer la coopétition	1	1	3	2	4
Savoir-faire en recherche et développement	1	1	3	2	2
Maîtriser l'intelligence d'affaires	1	2	3	3	4
Réaliser des propositions d'affaires	1	2	3	3	4
Savoir gérer la cybersécurité	1	2	3	2	2

# CONCLUSION

Il est difficile d'anticiper l'avenir. Plusieurs diront qu'il ne sert à rien d'y réfléchir puisque personne ne peut vraiment déterminer ce qui s'en vient. Ils font confiance au système et au cycle économique qui vont finir par récompenser leur patience. En fait, tant que nous n'aurons pas de raison de changer, nous maintiendrons le statu quo. L'être humain est ainsi fait. Nous changeons parce que nous acceptons l'urgence de la situation. Pour transformer nos habitudes, nous avons tous besoin de prendre conscience de l'état de la situation et d'identifier ce que nous devons changer.

*Dans l'usine du futur, il est fort probable que les machines s'organiseront dans une large mesure, les chaînes de livraison se monteront automatiquement et les commandes se transformeront directement en informations de production et se retrouveront dans le processus de production. Pourtant, les gens resteront essentiels dans un monde d'Industrie 4.0 - en tant que leaders créatifs et penseurs qui utiliseront leur intelligence pour concevoir tous les processus et procédures à l'avance et qui écriront un logiciel pour transmettre cette information aux machines (Siemens, 2017).*

Selon nous, il est certain que :

- Les écosystèmes et les plateformes industrielles sont la prochaine voie de la croissance des entreprises manufacturières. À tout le moins, ils faciliteront les synergies d'affaires. La disponibilité et les coûts de la technologie rendent possible cette transformation. Ce changement sera rapide et disruptif. Les nouvelles règles de la compétition sont en train de se définir.
- Les métiers à tous les niveaux sont en voie de se déspecialiser. Le travailleur de l'aérospatiale de demain devra s'intéresser à l'ensemble des métiers et à la technologie.
- Dès aujourd'hui, les institutions académiques doivent intégrer des compétences 4.0 afin de répondre aux futurs besoins.
- La recherche et les mesures de soutien au développement numérique doivent être accentuées afin d'aider l'industrie manufacturière à demeurer compétitive et assurer le développement des synergies industrielles.
- Les ressources humaines devront moderniser leur processus de formation interne afin d'assurer la transition et le maintien des savoirs.
- Le milieu de l'aéronautique intégrera de nouveaux métiers tels que des ingénieurs informatiques, des ingénieurs de produits, des responsables de technologie et d'innovation, des programmeurs informatiques et des scientifiques des données.
- Ce changement dans la nature des emplois suscitera davantage l'intérêt des jeunes envers le milieu manufacturier, lequel a fortement souffert de la décroissance au cours des 20 dernières années.

Aujourd'hui, trop peu de dirigeants d'entreprise prennent le temps d'aller à la rencontre de leurs clients et des autres acteurs de la grappe industrielle. Comme dans plusieurs situations de notre société moderne, les personnes qui devraient s'asseoir à la table et faire partie de la discussion ne sont pas toujours présentes. Les entreprises de la grappe industrielle demeurent centrées sur elles-mêmes. Le message de l'industrialisation 4.0 semble également être saturé. Plusieurs perçoivent cette révolution comme une mode passagère. Il semble qu'il y ait encore de la place à la sensibilisation et la formation des dirigeants sur l'enjeu d'affaires et sur les retombées de cette transformation.

Un écosystème d'affaires collaboratif est à construire et il ne se fera pas sans une mobilisation collective de l'ensemble des acteurs. L'heure est au décloisonnement des expertises et aux synergies d'affaires. À notre avis, il en va de la survie de nos emplois et de l'ensemble de l'industrie manufacturière. Nous devons quand même saluer certaines initiatives comme celle de MACH FAB 4.0<sup>14</sup> qui propose un cadre pour le développement technologique des entreprises.

Le train du 4.0 est déjà en route. Certains le prendront, d'autres le regarderont passer.

---

<sup>14</sup>MACH FAB 4.0 est une mesure d'accompagnement sur mesure conçue à l'intention des PME. Le but est de favoriser l'implantation des technologies numériques et de la fabrication avancée au sein des PME participantes.

# REMERCIEMENTS

Aéro Montréal remercie le Conseil emploi métropole (CEM) pour son soutien financier qui a permis la réalisation du Guide des compétences 4.0 en aérospatiale.

Ce document a été produit sous la direction du Chantier Relève et Main-d'œuvre d'Aéro Montréal.

Aéro Montréal tient à souligner la collaboration et l'implication des membres suivants du comité de pilotage :

- Marie-Pier Allard, partenaire d'affaires principale, Développement des compétences, Bell Helicopter Textron Canada
- Pierre Ayotte, chef de l'exploitation, Alta Précision
- François Bédard, économiste métropolitain, Conseil emploi métropole
- Aude Clotteau, directrice de la formation continue et des services aux entreprises, École nationale d'aérotechnique (ÉNA)
- Pierre Dugas, conseiller en formation, Service aux entreprises, École des métiers de l'aérospatiale de Montréal (ÉMAM)
- Mélissa Fafard, attachée d'administration, AÉROETS
- Alexandre Grimard-Latulippe, conseiller en apprentissage, Aéronautique, Bombardier
- Julie Guichard, coordonnatrice, Développement des compétences et formation, Arconic
- Mario Héroux, directeur, École des métiers de l'aérospatiale de Montréal (ÉMAM)
- Suzanne Lefebvre, coordonnatrice intérimaire, Conseil emploi métropole
- Anne-Renée Meloche, vice-présidente, Ressources humaines et communications, Groupe Meloche
- Hany Moustapha, professeur et directeur, AÉROÉTS, École de technologie supérieure
- Nathalie Paré, directrice générale, Comité sectoriel de main-d'œuvre en aérospatiale du Québec (CAMAQ)
- Claude Picard, directeur, Organisation du travail et formation, Pratt & Whitney Canada
- Marie-Josée Kasparian, directrice, Stratégie et affaires corporatives, Aéro Montréal
- Patrick Bernier, président, L'Équipe Humania

Nous souhaitons aussi souligner :

- Le savoir-faire de l'équipe d'Arconic
- La vision de Siemens Canada
- Les précieux enseignements d'APN
- L'expérience des gens de Safran
- Les lumières de l'équipe de GE Aviation
- L'exactitude des gens de Bell Helicopter Textron Canada
- Les innovateurs du Groupe Meloche
- L'expertise de CAE
- L'approche pragmatique de Bombardier
- La profondeur d'Abipa Canada
- L'acuité des gens de Dassault
- Les stratégies d'Alta Précision
- La rigueur de Pratt & Whitney Canada
- L'intelligence d'affaires de GLM Conseil
- Les précisions de Sébastien Caron

Enfin, un grand merci à tous les membres du Chantier Relève et Main-d'œuvre d'Aéro Montréal et du comité de pilotage du projet.

Un grand merci à notre partenaire :



## À propos du Chantier Relève et Main-d'œuvre d'Aéro Montréal

Le Chantier Relève et Main-d'œuvre a pour mandat d'assurer la planification, la coordination et la réalisation d'un plan d'action concerté afin de répondre aux grands enjeux en regard de la relève et de la main-d'œuvre aérospatiale au Québec et, ultimement, pour augmenter la compétitivité de l'industrie. Le Chantier Relève et Main-d'œuvre oriente ses actions vers les trois thèmes prioritaires ciblés que sont la promotion des carrières auprès des jeunes, l'adéquation formation-emploi à l'ère de l'Industrie 4.0 et le transfert de connaissances.

## À propos de l'auteur

Depuis 2005, Patrick Bernier est président de L'Équipe Humania, une firme de 33 consultants en gestion des ressources humaines. Il possède plus de 20 ans d'expérience dans l'accompagnement de dirigeants d'entreprise et il est expert en déploiement de stratégies favorisant la croissance des PME. En plus d'un MBA, Patrick détient un baccalauréat en relations industrielles et un certificat en administration des affaires de l'Université Laval. Son équipe et lui ont accompagné, au cours des dernières années, plus d'une vingtaine d'entreprises du secteur de l'aéronautique. Il anime une dizaine de planifications stratégiques par année. Il s'intéresse particulièrement aux changements technologiques et leurs impacts sur le monde du travail.





# SOURCES D'INFORMATION

## Documents consultés

Aerospace 4.0, Hany Moustapha, Professor and Director, AÉROÉTS, École de technologie supérieure, Senior Research Fellow, P&WC, 2016.

Beyond Automation: Digitalization Changes Business Process Design and Execution, Gartner, 2017.

Compétences numériques : Des compétences nécessaires pour soutenir le passage au numérique des PME, CEFRIO, Synthèse, 2016.

Create a Business Manifesto for Digital Workplace Success, Gartner, 2016.

Delivering Business Value With a Digital Workplace, Gartner, 2016.

Digital Business KPIs: Defining and Measuring Success, Gartner 2016.

How Mature Is Your Digital Workplace?, Digital Workplace Group, 2016.

Désindustrialisation, délocalisations, Rapport Lionel Fontagné, Jean-Hervé Lorenzi, 2005.

Digital Humanism Is a Key to Digital Success, Gartner, 2015.

Feuille de route de l'Industrie 4.0, Gouvernement du Québec, MESI, 2016.

Four Fundamentals of Workplace Automation, McKinsey & Company, Michael Chui, James Manyika, and Mehdi Miremadi, 2015.

Guide pratique de l'usine du futur, Enjeux et panorama de solutions, Usine du futur, FIM, AIF, 2015.

Industrie 4.0 : Comment caractériser cette quatrième révolution industrielle et ses enjeux? KOHLER Consulting & Coaching, Dorothee KOHLER et Jean-Daniel WEISZ, 2016.

Industry 4.0 — The Ten Things the CIO Needs to Know, Gartner, 2014.

Introducing the Gartner Digital Government Maturity Model, Gartner, 2015.

Inventaire des compétences critiques en aérospatiale, rapport et recommandations, Aéro Montréal, 2014.

Livre blanc Aéro Talents, Propulser les talents de l'aérospatiale pour l'Industrie 4.0, Aéro Montréal, 2016.

Manufacturers Outlook 2017, Growth 4.0, PLANT, 2017.

Skills 4.0, How CEOs Shape the Future of Work in Asia, The Economist, 2016.

Securing the Future of German Manufacturing Industry, Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industry 4.0, Final Report of the Industry 4.0 Working Group, Acatech, 2013.

The Digital Business Imperative, Forrester, Ted Schadler and Nigel Fenwick, 2017.

2016 Strategic Roadmap for Digital Business Transformation, Gartner, 2016.

## Livres

Industry X.0: Realizing Digital Value in Industrial Sectors, Accenture, Eric Schaeffer, 2017.

Le guide de la transformation digitale, HUB, Vincent Ducrey, Emmanuel Vivier, 2017.

The Digital Transformation Playbook, Columbia Business School, David L. Rogers, 2016.

The Robotics Revolution, The Next Great Leap in Manufacturing, The Boston Consulting Group, Harold L. Sirkin, Michael Zinser and Justin Ryan Rose, 2015.

Transformation digitale : 5 leviers pour l'entreprise, Tartar Pearson, David Fayon et Michaël Tartar, 2014.

Will Democracy Survive Big Data and Artificial Intelligence? Scientific American, Dirk Helbing, Bruno S. Frey, Gerd Gigerenzer, Ernst Hafen, Michael Hagner, Yvonne Hofstetter, Jeroen van den Hoven, Roberto V. Zicari and Andrej Zwitter, 2017.



[aeromontreal.ca](http://aeromontreal.ca)

380, rue Saint-Antoine Ouest, bureau 8000  
Montréal (Québec) Canada H2Y 3X7