

# L'industrie 4.0 :

un virage nécessaire pour améliorer  
la compétitivité des entreprises canadiennes



**Auteur**

Jacques Roy

Centre sur la productivité et la prospérité –  
Fondation Walter J. Somers  
HEC Montréal

3000, chemin de la Côte-Sainte-Catherine  
Montréal (Québec) Canada H3T 2A7  
Téléphone : 514 340-6449

Dépôt légal : quatrième trimestre 2020  
ISBN : 978-2-924208-75-5

Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2020  
Bibliothèque et Archives Canada, 2020

Mise en page : Jérôme Boivin  
Image de page couverture : iStock @elenabs

Cette publication a bénéficié du soutien financier du  
ministère des Finances du Québec et de la Fondation  
Walter J. Somers.

Les textes, opinions, renseignements et informations  
exprimés dans le document n'engagent que la responsabilité  
de leurs auteurs et non celle du ministère des Finances.  
L'information présentée dans ce document ne reflète pas  
nécessairement les opinions du ministère des Finances.

© 2020 Centre sur la productivité et la prospérité –  
Fondation Walter J. Somers, HEC Montréal

# L'industrie 4.0 :

## un virage nécessaire pour améliorer la compétitivité des entreprises canadiennes

### À propos du Centre sur la productivité et la prospérité – Fondation Walter J. Somers

Le Centre sur la productivité et la prospérité – Fondation Walter J. Somers mène une double mission. Il se consacre d'abord à la recherche sur la productivité et la prospérité en ayant comme principal sujet d'étude le Québec. Ensuite, il veille à faire connaître les résultats de ses travaux par des activités de transfert et d'éducation.

### À propos de la Fondation Walter J. Somers

En hommage au fondateur de l'entreprise Walter Technologies pour surfaces, la famille Somers a mis sur pied la Fondation Walter J. Somers. À travers différents dons, la Fondation perpétue l'héritage familial d'engagement envers la communauté et contribue à la prospérité de la société québécoise, d'abord en veillant à améliorer sa productivité, mais également en appuyant l'excellence dans l'éducation des jeunes.

Pour en apprendre davantage sur le Centre, visitez le [www.hec.ca/cpp](http://www.hec.ca/cpp) ou écrivez-nous, à [info.cpp@hec.ca](mailto:info.cpp@hec.ca)

# TABLE DES MATIÈRES

CONTEXTE	4
OBJECTIFS ET MÉTHODOLOGIE	5
L'INDUSTRIE 4.0	6
L'EXPÉRIENCE DES ENTREPRISES QUÉBÉCOISES AVEC LE 4.0	8
CONCLUSION	28

# CONTEXTE

Une étude récente du CPP<sup>1</sup> nous apprend que la compétitivité des entreprises canadiennes a diminué de 16,7 % par rapport à celle des entreprises américaines entre 2000 et 2014. Durant cette période, les gains de productivité observés au Canada ont été gonflés par les effets du taux de change et n'ont pas été suffisants pour maintenir la compétitivité des industries canadiennes. Les entreprises canadiennes ayant négligé d'investir suffisamment pour améliorer leur productivité durant cette période, elles sont devenues plus vulnérables à d'éventuelles menaces pouvant découler d'un accroissement de la concurrence étrangère ou de l'imposition de barrières tarifaires.

<sup>1</sup> Deslauriers *et al.*, « Évolution de la compétitivité des industries canadiennes par rapport à celles des États-Unis », Centre sur la productivité et la prospérité – Fondation Walter J. Somers, Septembre 2018.

Par ailleurs, les entreprises canadiennes sont de plus en plus affectées par le phénomène de la pénurie de main d'œuvre qui découle certes du vieillissement de la population, mais aussi de la difficulté à former la main-d'œuvre disponible et celle provenant de l'immigration pour répondre aux besoins changeants du marché de l'emploi. Bien que la pénurie de la main d'œuvre affecte tous les secteurs de l'économie et tous les niveaux de spécialisation, ce sont les emplois transformés par la révolution numérique qui risquent d'être les plus touchés au cours de la prochaine décennie. En parallèle, les technologies d'automatisation et d'intelligence artificielle caractérisant ce qu'on appelle la 4<sup>e</sup> révolution industrielle, celle qui a donné son nom à l'industrie 4.0, ont le potentiel de pallier certains des problèmes de pénurie de main-d'œuvre affligeant les entreprises de nos jours.

C'est pourquoi il importe de bien comprendre la nature des changements qui découlent de l'implantation des technologies de l'industrie 4.0 (robotique et automatisation, intelligence artificielle, véhicules autonomes, chaînes de blocs, etc.). Il est également nécessaire d'étudier le cas des entreprises ayant adopté ces nouvelles technologies afin de pouvoir partager leur expérience avec celles qui négligent toujours d'investir pour accroître leur productivité.

# OBJECTIFS ET MÉTHODOLOGIE

L'objectif de ce projet de recherche est de mieux comprendre les changements apportés par la révolution 4.0 en étudiant des cas concrets d'entreprises ayant adopté (ou étant en voie d'adopter) des technologies caractérisant l'industrie 4.0 comme la robotique, l'automatisation, l'intelligence artificielle, la fabrication 3D, les données massives et la connectivité des objets. Le but de cette démarche est d'identifier les avantages et autres impacts découlant de ces investissements et de relever les défis et enjeux auxquels sont confrontées les entreprises ayant pris le virage de l'industrie 4.0.

Pour ce faire, nous avons recherché des cas d'implantation de ces technologies dans des entreprises canadiennes, et plus particulièrement au Québec, afin de préparer des mini cas pouvant illustrer les avantages et défis associés à l'adoption des technologies de l'industrie 4.0 dans un contexte canadien. Dans ce but, nous avons élaboré un guide d'entrevue qui a été utilisé dans le cadre d'entretiens en profondeur avec les dirigeants d'entreprises canadiennes ayant été préalablement identifiées. Nous avons ainsi réalisé dix cas d'entreprises manufacturières de différentes tailles et œuvrant dans divers secteurs industriels.

# L'INDUSTRIE 4.0

L'industrie 4.0 tire son nom du fait qu'on l'associe à la 4<sup>e</sup> révolution industrielle comme on l'illustre à la figure 1. La première révolution industrielle est apparue en Angleterre à la fin du 18<sup>e</sup> siècle avec l'invention de la machine à vapeur qui a permis de mécaniser le travail. Le travail des artisans cède la place aux ouvriers réunis dans des usines autour de machines comme celles utilisées pour fabriquer les tissus. Il s'agit d'une révolution, car la technologie, en plus d'accroître la productivité, provoque également des changements sociaux car les ouvriers quittent la campagne pour travailler en usine, dans les villes. Ces changements ne se produisent pas sans causer quelques tumultes; certains ouvriers craignent que les machines ne les remplacent et contribuent à une augmentation du chômage! Mais la société s'ajuste et profite de la richesse engendrée par la mécanisation du travail en créant d'autres types d'emplois et en améliorant la qualité de vie des citoyens.

Il faut attendre le début du 20<sup>e</sup> siècle pour observer l'avènement de la deuxième révolution industrielle initiée par l'électrification des procédés et caractérisée par la production de masse comme l'illustrent les premières chaînes d'assemblage des usines d'automobiles de Ford. On procède alors à la division et à la spécialisation des tâches qui sont minutées dans une recherche toujours plus grande de productivité. C'est alors qu'apparaît la doctrine du Taylorisme, du nom de l'ingénieur Frederick Taylor, qui a défini les grands principes de l'organisation scientifique du travail. Celle-ci vise à identifier les meilleures méthodes de travail et à recruter et former les meilleures personnes pour exécuter les tâches. Avec le temps, on reproche à cette philosophie de gestion de rendre le travail abrutissant et monotone. On tente alors de l'améliorer de différentes façons comme la rotation, l'élargissement et l'enrichissement des tâches et en préconisant davantage d'autonomie et de participation chez les ouvriers.

FIGURE 1

## LES QUATRE RÉVOLUTIONS INDUSTRIELLES

- 1.0** Mécanisation – Fin du 18<sup>e</sup> siècle – Angleterre  
Machine à vapeur et à tisser, révolte des artisans/ouvriers, capitalisme
- 2.0** Production de masse – Début du 20<sup>e</sup> siècle  
Électricité, chaînes d'assemblage Ford, Taylorisme
- 3.0** Automatisation – Années 1950  
Ordinateurs, machines à contrôle numérique, Recherche opérationnelle
- 4.0** Numérique – Aujourd'hui  
Connectivité des données et objets, Robots, IA, Internet, Impression 3D...

On situe la troisième révolution industrielle dans les années 1950 avec l'invention des ordinateurs et des machines à contrôle numérique. Ces machines permettent d'automatiser certaines tâches abrutissantes et éreintantes tout en augmentant à nouveau la productivité. C'est l'avènement de l'automatisation qui révolutionne également le travail intellectuel comme les calculs et la recherche de solutions à des problèmes opérationnels tels que la gestion des stocks et le transport grâce à de nouvelles méthodes issues de la recherche opérationnelle. Cette dernière science a connu des succès lors de la Deuxième Guerre mondiale et sa méthodologie s'applique maintenant aux problèmes complexes de planification en industrie.

On arrive enfin à la quatrième révolution industrielle qu'on peut aussi nommer la révolution numérique. Grâce à l'internet, on peut connecter les objets (machines, colis, voitures, camions, etc.) et les données qui les caractérisent (Internet des objets) afin d'en optimiser l'utilisation. Les robots de dernière génération sont capables de percevoir leur environnement et de s'y ajuster. Ils peuvent également travailler en collaboration avec les ouvriers (cobots). On imprime des objets à partir de dessins virtuels (impression 3D) et l'intelligence artificielle permet des avancées dans l'analyse de problèmes complexes comme la prévision de la demande et l'étude des comportements des consommateurs. De nouveaux outils permettent l'analyse de données massives (big data) et une meilleure traçabilité des produits à travers le monde (chaînes de blocs).

Les entreprises manufacturières ayant adopté les technologies de l'industrie 4.0 sont récompensées par une meilleure performance en termes de compétitivité et de qualité des produits fabriqués. En automatisant et en optimisant leurs procédés manufacturiers et leurs processus d'affaires, elles réussissent à dégager des ressources qui peuvent être mieux utilisées. Elles réussissent aussi à pallier les problèmes de pénurie de main-d'œuvre qui constituent l'un des principaux enjeux au Canada. Ces entreprises font cependant face à de nombreux défis comme la recherche de nouveaux talents qui sauront s'adapter à ce nouveau contexte et en tirer profit ainsi que la nécessité de procéder à des investissements importants dans les nouvelles technologies, ce qui est encore plus problématique pour les petites et moyennes entreprises.

C'est pourquoi il devient encore plus pertinent de comprendre les motifs, obstacles et conditions de succès des entreprises manufacturières québécoises ayant réussi le virage de l'industrie 4.0. C'est l'objet des mini-cas qui sont présentés dans les pages suivantes.

# L'EXPÉRIENCE DES ENTREPRISES QUÉBÉCOISES AVEC LE 4.0

## ADFAST

### Description de l'entreprise

Adfast est une entreprise manufacturière qui compte plus d'une centaine d'employés dans ses trois usines de ville St-Laurent. Elle se spécialise dans la production d'une grande variété d'adhésifs, de scellants et de membranes isolantes pour une clientèle nord-américaine de fabricants et entrepreneurs. Pour desservir ses milliers de clients, elle a recours à huit centres de vente et de distribution en Amérique du Nord. Elle a reçu la certification Vitrine 4.0 du ministère de l'Économie et de l'Innovation qui reconnaît le degré d'avancement important des entreprises ayant entrepris un projet de virage numérique.

### Les technologies mises en place

Depuis 1996, Adfast a entrepris d'automatiser les mouvements de production en investissant dans des équipements modernes. En 2005, on passe à une nouvelle étape en reliant entre elles les trois machines servant à produire du polyuréthane, et ce, sans intervention humaine sur place. Ce fonctionnement en réseau procure une meilleure visibilité des activités de production. En 2015, un programmeur propose un nouveau concept qui permet d'élaborer une base de données documentant les différents types d'arrêts de production, leur durée et leurs causes. Ce nouveau logiciel est développé grâce à l'implication des travailleurs qui participent activement aux différentes étapes de numérisation et permet d'améliorer considérablement la performance de l'entreprise. C'est un travail d'équipe qui mobilise plus de 30 experts de l'automatisation et de l'informatique de l'entreprise.



Source : Site web de Adfast

Aujourd'hui, l'intégration des systèmes ERP, MES (*Manufacturing Execution System*) et WMS (*Warehouse Management System*) permet d'optimiser les activités de production et procure une information en temps réel sur les stocks. À la fin des années 1990, il fallait six opérateurs pour produire l'équivalent de 2 100\$ de ventes par heure de production. Aujourd'hui, trois opérateurs suffisent pour produire l'équivalent de 5 800\$/heure. Plus important encore, on est passé d'une production de 30 articles différents à plus de 1 600 en ayant recours à un algorithme qui optimise le séquençement des couleurs grâce à l'intelligence artificielle. On réussit ainsi à effectuer les changements de produits en minimisant les pertes.

### Les motifs d'adoption

Avant d'investir dans de nouvelles technologies, l'entreprise réalise des analyses de rentabilité car « il faut avoir les moyens financiers et de la discipline pour réussir » selon le président, Yves Dandurand. Il ajoute qu'un plan stratégique est établi afin de « faire des choix terre à terre, procéder à une analyse graduelle des besoins et investir dans des projets qui rapportent rapidement ».

### Les freins à l'adoption de technologies

Selon le président d'Adfast, un des principaux défis est l'intégration de nouveaux experts dans l'entreprise. Certains experts ne prennent pas le temps d'aller chercher la confiance des gens en place, ce qui peut créer des tensions. Il est arrivé que des experts externes n'aient pas réussi à s'intégrer à la culture organisationnelle qui vise à chercher l'adhésion des employés et qu'on ait dû s'en séparer par la suite. Il arrive aussi que l'on insiste trop sur les solutions technologiques et pas suffisamment sur les connaissances de base en gestion des opérations. Il importe de ne pas perdre de vue le modèle d'affaires.

### Les facteurs de succès

Le succès de l'entreprise repose sur le développement d'une culture 4.0 qui transforme toute l'entreprise. L'information est rendue disponible pour tous les employés et ces derniers peuvent faire leur propre diagnostic, ce qui les amène à prendre leurs propres décisions. « Cela démocratise le processus décisionnel », ajoute M. Dandurand.

### L'avenir

Adfast continue à développer une plateforme web B2B qui permet la virtualisation de sa relation avec ses clients. Elle peut ainsi, par exemple, mesurer l'intérêt des entrepreneurs nord-américains pour ses produits sans l'intervention d'un représentant. Avec un million d'entrepreneurs en Amérique du Nord, cette approche permet d'activer les contacts auprès des clients potentiels ayant démontré un niveau d'intérêt et d'activité suffisants sur le web. L'entreprise prévoit également l'ajout d'un nouveau centre de distribution dédié au commerce en ligne, ce qui lui permettra de mieux répondre à la demande de ses clients à partir de la commande, en passant par la production et jusqu'à la distribution des produits. Elle vise ainsi à mieux résister à la venue d'Amazon dans son marché.

Dans le contexte de la pandémie de la COVID-19, l'entreprise a innové en ajoutant une nouvelle ligne de production pour répondre à la demande de désinfectants pour les mains. Elle peut en produire 20 000 litres par jour et les vend au prix coûtant, ce qui a fait chuter les prix de moitié sur le marché.

L'entreprise poursuit également son virage 4.0 en s'attaquant cette fois à son système comptable qu'elle cherche à adapter en temps réel.

## Description de l'entreprise

APN est en activité depuis 1970. Elle fait maintenant partie du groupe APN Global qui regroupe quatre sociétés spécialisées dans la fabrication de pièces et produits complexes en Amérique du Nord. APN conçoit et fabrique des pièces de haute précision pour le secteur aéronautique dans le respect intégral des exigences les plus strictes. Elle répond aux normes AS 9100:2016 et ISO 9001:2015. La société APN Global a connu une très forte croissance au cours des 10 dernières années en réalisant plusieurs acquisitions, notamment en Californie. Cette croissance s'est également manifestée chez APN qui a plus que doublé la superficie de son usine située dans le Parc technologique du Québec métropolitain. APN compte maintenant près de 200 employés et réalise un chiffre d'affaires annuel d'environ 40 millions de dollars. L'entreprise a reçu la certification Vitrine 4.0 du ministère de l'Économie et de l'Innovation qui reconnaît le degré d'avancement important des entreprises ayant entrepris un projet de virage numérique.

## Les technologies mises en place

APN a choisi d'investir dans l'automatisation de ses équipements de production, notamment des robots collaboratifs et, surtout, dans l'intégration et l'interconnexion de ses systèmes. À terme, c'est plus de 7 millions de dollars qui auront été investis.

La plus grande progression vers le 4.0 de l'entreprise fut lorsqu'elle fit la conception et le développement à l'interne de son propre système intégré de production. De manière générale, le CIM (*Computer Integrated Manufacturing*) ou Meta 4.0, permet à tous les employés de l'usine de suivre en temps réel les informations sur les composants produits. Ce système est une solution logicielle qui permet de lier l'ensemble des systèmes qui participent à la production de chacune des pièces et d'encapsuler les savoir-faire pour accélérer la prise de décisions à tous les niveaux. Elle assure un contrôle informatisé et centralisé des procédés de fabrication.

De surcroît, ce logiciel communique avec les machines à commande numérique, les systèmes de mesure automatisés, les systèmes de planification de ressources et les logiciels de fabrication assistée par ordinateur. Les données sont ensuite utilisées afin de visualiser la production en temps réel, d'obtenir des indices de performance

quantifiables, d'identifier rapidement les pistes d'amélioration et d'automatiser l'ensemble de la production. Le système Meta 4.0 interconnecte les différents outils et systèmes informatiques de l'usine, centralise et exploite ensuite ces données pour communiquer de l'information. Ce processus novateur exploite pleinement le potentiel de l'industrie 4.0 en associant chaque composante fabriquée avec son historique de données critiques.

Au niveau décisionnel, le système Meta 4.0 permet d'atteindre une exécution optimale qui englobe à la fois l'inventaire, la gestion des commandes, l'affectation du personnel, l'assignation des tâches et les priorités de travail. Son architecture est hautement intégrée en incorporant les règles de métiers, des algorithmes d'optimisation et l'apprentissage automatique. De plus, cette solution fournit l'information contextuelle et la rétroaction pertinentes pour assurer la conformité des produits à chaque étape.



Source : Site web de APN

## Les motifs d'adoption

Les investissements en technologies et le virage 4.0 sont principalement dus à la vision des dirigeants qui croient fermement en la nécessité d'utiliser les technologies et d'innover pour réussir. Un des clients d'APN, Pratt & Whitney Canada, est reconnu pour ses exigences envers ses fournisseurs. Elle exige de ces derniers qu'ils mettent en place des processus rigoureux pour garantir la qualité de leurs produits et la fiabilité de leurs services. Pour satisfaire de tels clients tout en étant profitable, les dirigeants d'APN se sont tournés vers les technologies afin de soutenir les processus requis par Pratt & Whitney Canada. La mise en œuvre de cette vision a permis à APN d'être certifiée « Supplier Gold », la plus haute reconnaissance chez les fournisseurs de cette entreprise de classe mondiale.

Les dirigeants d'APN ont également constaté que les gains de performance associés à leurs équipements atteignaient un plateau, et ce, même en les modernisant. En fait, ces équipements modernes étaient sous-utilisés. Ce n'est qu'en améliorant les processus entourant les équipements par la connectivité des systèmes et des machines que l'entreprise a réussi à obtenir des gains de 30% à 40% en générant davantage de revenus avec le même parc d'équipements.

Chez APN, on ne réalise pas vraiment d'analyse de rentabilité préalable pour justifier les investissements, car la plupart du temps, les idées d'amélioration proviennent des dirigeants ou de leurs employés et non pas de fournisseurs externes de solutions. Ces idées sont ensuite testées et validées sur des projets pilotes avant d'être déployées à grande échelle. À cette fin, il est intéressant de noter que l'entreprise a comme politique d'embaucher des jeunes talentueux qui sortent de l'École, que ce soient des écoles de formation professionnelle, des Cégeps ou des universités. Ils collaborent également avec des centres de recherche universitaires de renom pour aller encore plus loin dans la recherche et l'innovation.

## Les freins à l'adoption de technologies

Chez APN, le principal obstacle à surmonter est l'amélioration de sa capacité à exécuter et à implanter les projets d'amélioration. À l'instar de nombreuses autres entreprises, les concepts de base en gestion de projets et de gestion du changement doivent être soigneusement appliqués pour obtenir les résultats escomptés.

## Les facteurs de succès

« Pour que ça fonctionne, il faut que ça vienne d'en haut » observe Antoine Proteau, fils d'un des deux copropriétaires et dirigeant de Méta 4.0, une nouvelle entreprise créée pour commercialiser les solutions développées et mises en œuvre chez APN.

En plus des investissements monétaires, APN dédie de 15 à 20 personnes à temps plein, sur un total de 120 employés à la conception et réalisation de projets d'amélioration. Ces investissements sont rentables, car APN réussit à accroître ses ventes de plus de 30% annuellement dans un marché qui se veut très compétitif. Il n'est pas nécessairement le moins cher, mais il se démarque de la concurrence par la qualité de ses produits et le niveau de service offert à sa clientèle.

## L'avenir

APN entend poursuivre sa croissance en intensifiant l'automatisation à l'aide, notamment, d'outils d'intelligence artificielle et l'intégration de ses systèmes.

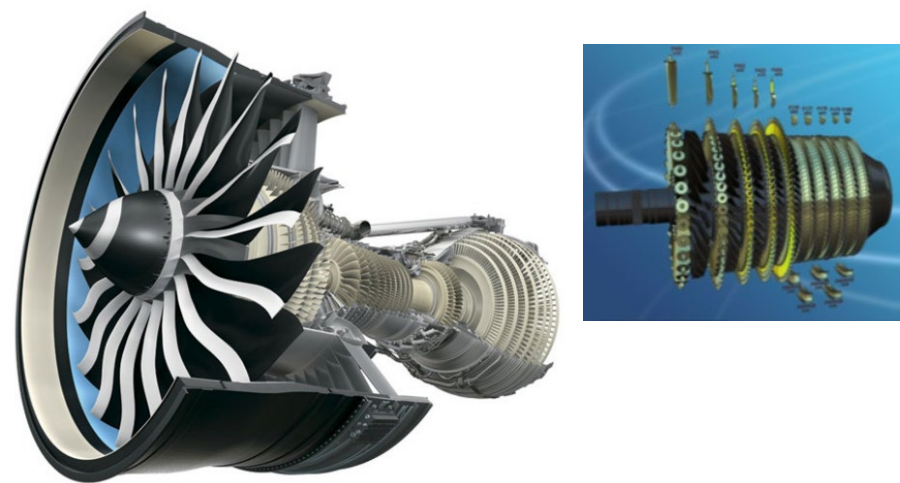
Un conseil aux PME qui s'interrogent sur leur avenir : « Il faut commencer! ». Antoine avance que, dans 5 ans, les entreprises qui n'auront pas entrepris le virage 4.0 risquent fort de compromettre leur existence.

# GE AVIATION – BROMONT

## Description de l'entreprise (2019 pré-COVID)

GE Aviation est la plus importante unité d'affaires de GE avec des ventes de 31 milliards de dollars US et près de 48 000 employés en 2019. L'usine de GE Aviation située à Bromont est l'une des 85 usines de cette division. Elle fabrique des pièces de moteur de très haute précision qui se retrouvent sur différents types d'avions comme les Boeing 737 et les Airbus A-320. Ces moteurs d'avion sont mis en marché par la société CFM, une coentreprise issue de l'union de General Electric et de la française Safran.

L'usine de Bromont compte environ 800 employés qui ont adhéré à la culture de travail en équipe et de gestion participative qui caractérise ce site de GE. Cette philosophie de gestion repose sur l'intégration des systèmes humains et techniques. Cette usine est reconnue comme une des plus performantes du réseau de GE Aviation, et ce, autant pour la très grande qualité de ses produits que pour sa productivité. En effet, les gains annuels de productivité ont été de 5,7% en moyenne au cours des 16 dernières années. GE Bromont est maintenant le site mondial du Centre d'excellence en robotique et automatisation qui travaille à développer de nouvelles applications pour l'ensemble de l'entreprise.



Source : GE Aviation

## Les technologies mises en place

En 2017, GE Aviation annonçait des investissements de 125 millions de dollars sur un horizon de cinq ans à son usine de Bromont. Avec plus de 500 machines contrôlées numériquement ainsi que près de 200 robots, l'usine produisait alors plus de 60 000 aubes de compresseurs de moteurs d'avion par semaine. Cet argent devrait permettre notamment l'acquisition des équipements requis pour la fabrication de composantes de moteurs de nouvelle génération qui sont destinés aux appareils Boeing 737, Airbus A320neo et Comac C919. L'usine devrait également procéder à une intensification de l'automatisation et de la numérisation des équipements existants et accroître la capacité de son laboratoire de vibration.

Aujourd'hui, les robots sont dotés de senseurs et sont de plus en plus connectés. Les senseurs leur permettent de mieux percevoir leur environnement et de s'y adapter.

Au fil des ans, les investissements de plusieurs centaines de millions de dollars ont permis des gains de productivité substantiels. Le coût horaire de production qui en découle est cependant très élevé, mais le coût par pièce produite est parmi les plus bas. Bref, l'entreprise est très compétitive.

## Les motifs d'adoption

Chez GE Bromont, l'automatisation remonte à 1998 alors que l'on cherchait à améliorer la santé et sécurité au travail dans le département de la forge. Les tâches effectuées dans ce département nécessitaient de nombreux mouvements qui augmentaient les risques d'accident. Auparavant, GE Bromont faisait partie du Focus 20 (les 20 pires usines en santé et sécurité). Aujourd'hui, ils sont au premier rang parmi les meilleurs à ce chapitre!

## Les facteurs de succès

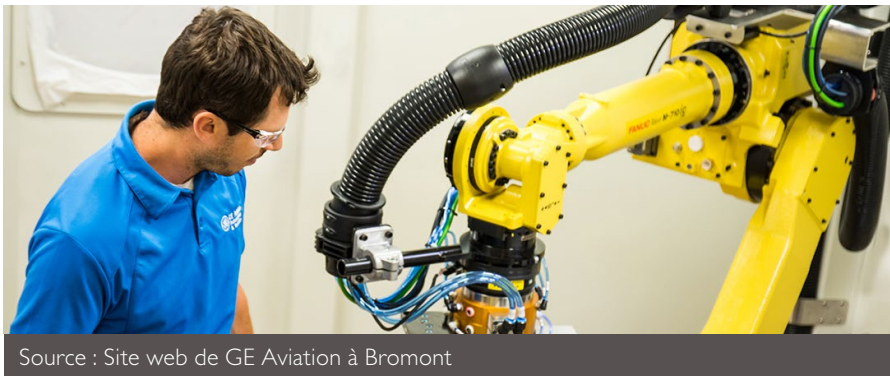
Avant d'automatiser, il importe de bien maîtriser le contrôle des procédés, surtout dans un domaine de fabrication de pièces de haute précision comme c'est le cas chez GE Aviation. On doit donc s'assurer de pouvoir produire à des niveaux de qualité très élevés avant de confier ces tâches à des machines. On doit également maîtriser les activités de maintenance.

Cela n'a pas toujours été facile et certaines initiatives d'automatisation se sont révélées être des échecs (par manque de contrôle des procédés). Selon les dirigeants rencontrés, « il ne faut pas automatiser ce qui est défaillant ».

L'approche socio-tech de GE Bromont a facilité l'implantation des robots. Les employés participent au développement technologique, car ils savent que les gestionnaires vont pouvoir obtenir de nouveaux mandats et ainsi maintenir le niveau d'emploi. Dans un contexte de pénurie de main d'œuvre, il serait impossible de décrocher de nouveaux mandats internationaux sans avoir recours à l'automatisation.

## L'avenir

On a installé des instruments de mesure de la production qui génèrent des millions de points de données, une occasion pour expérimenter les techniques d'analyse de données massives et d'intelligence artificielle.



Source : Site web de GE Aviation à Bromont

# GROUPE LECLERC

## Description de l'entreprise

Groupe Leclerc est une entreprise familiale fondée en 1905 et qui œuvre dans la production de biscuits, barres collations et craquelins. Elle est un chef de file du secteur agroalimentaire sur le marché nord-américain qu'elle dessert avec ses huit usines réparties au Québec, en Ontario et aux États-Unis. Ses produits de qualité sont appréciés des consommateurs partout dans le monde et sont distribués sur les cinq continents. L'entreprise a réalisé un chiffre d'affaires de près de 600 millions en 2019 avec ses quelque 1 150 employés. Son siège social est situé à Saint-Augustin-de-Desmaures près de Québec.

## Les technologies mises en place

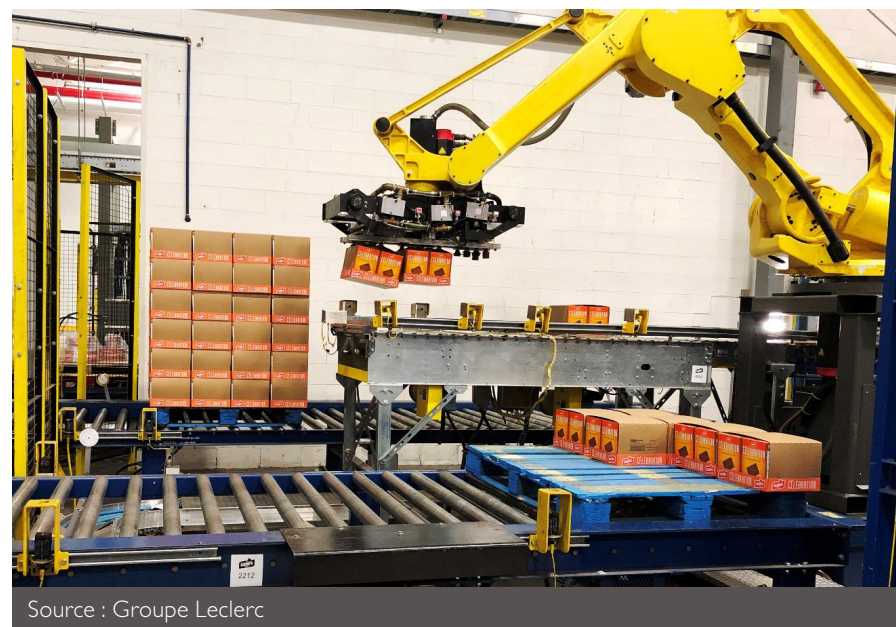
On ne fabrique pas des milliards de barres collations et des millions de kilos de biscuits manuellement. Groupe Leclerc a donc eu recours à l'automatisation de ses activités de production depuis longtemps déjà. Dans un tel environnement où tout est automatisé ou robotisé, incluant l'entrepôt, ce qui importe maintenant, c'est de mieux planifier les activités afin d'éviter les goulots d'étranglement et de gérer les opérations en temps réel. Groupe Leclerc a donc recours aux plus récentes versions des logiciels manufacturiers. Selon Jean-Sébastien Leclerc, vice-président co-manufacturier et infrastructures manufacturières, l'entreprise a été la première à implanter la version S/4 du progiciel SAP au Canada et elle cherche à se coller le plus possible sur ce logiciel. Elle vient d'ailleurs d'intégrer l'interface SAP Fiori qui facilite l'expérience des utilisateurs de SAP en leur fournissant une interface conviviale. SAP Fiori est maintenant intégrée dans quatre des huit usines du Groupe et le sera dans les autres d'ici la fin de 2020.

L'entreprise projette également d'implanter un nouveau logiciel MES (*Manufacturing Execution System*) dans toutes ses usines au cours des deux ou trois prochaines années. Ce type de logiciel permet connaître la performance des équipements en temps réel et de mieux comprendre les causes des arrêts de production. Cependant, de tels logiciels fournissent tellement de données que le défi est d'apprendre à bien choisir celles qui sont vraiment utiles. Pour bien diagnostiquer les problèmes, l'entreprise a implanté les principes et outils du système Toyota. Elle a aussi recours

à la plateforme de communication Poka dont le cofondateur est Alexandre Leclerc, frère de Jean-Sébastien. Poka est une application qui permet de partager des vidéos (comme YouTube) illustrant comment des employés de production réussissent à résoudre des défaillances sur différents équipements manufacturiers. Cet outil est donc utilisé pour faciliter la résolution plus rapide des arrêts de production et aussi dans le cadre de séances de formation des employés.

## Les motifs d'adoption

Avec un très haut degré d'automatisation dans ses huit usines et son entrepôt, un des enjeux du Groupe Leclerc est d'assurer la fiabilité des équipements. On doit minimiser le nombre d'arrêts et leur durée. Pour ce faire, l'entreprise a recours aux technologies de l'information afin d'améliorer la maintenance préventive de ses équipements. On cherche aussi à éviter les goulots d'étranglement dans l'entrepôt en début de journée en espaçant les requêtes dans le temps.



Source : Groupe Leclerc

## Les freins à l'adoption de technologies

Le principal obstacle est le manque de temps. « On a plein de projets, mais on a de la difficulté à libérer les gens et à réserver du temps sur les lignes de production pour les réaliser » affirme Jean-Sébastien Leclerc.

## Les facteurs de succès

La réussite du Groupe Leclerc repose entièrement sur le travail d'équipe et les compétences spécifiques. « Nous avons des équipes mandatées pour explorer et mettre en place les meilleurs plans afin d'optimiser nos chances de réussite dans des délais réalistes, et ce, pour l'ensemble de nos usines canadiennes et américaines, précise M. Leclerc.

## L'avenir

En plus des projets d'implantation en cours (SAP S/4 et MES), Groupe Leclerc cherche des outils afin de mieux analyser la demande future pour ses produits. Jusqu'à présent, aucune des solutions étudiées ne semble convenir à ses besoins. Peut-être faudra-t-il regarder du côté de l'intelligence artificielle?

# LOGISTIK UNICORP

## Description de l'entreprise

L'entreprise Logistik Unicorp offre des services de gestion intégrée des uniformes pour les employés d'agences gouvernementales et d'entreprises commerciales. Parmi ses clients, on retrouve les Forces armées canadiennes, Postes Canada et la STM. Elle habille environ 650 000 personnes avec ses 1 900 employés répartis à travers le monde. Son approche de gestion débute par la conception et le développement de nouveaux produits personnalisés pour chaque client. L'entreprise collabore avec 350 fournisseurs à travers le monde afin d'obtenir les matières premières requises et produire les vêtements selon les spécifications des clients. Logistik Unicorp se distingue par le contrôle de la qualité exercé tout au long de la chaîne de production, incluant le choix et les tests de textiles. L'entreposage et la distribution des uniformes reposent sur un système à radiofréquence (RFID) qui permet le suivi, en temps réel, de la réception à l'expédition.



Source : Site web de Logistik Unicorp

## Les technologies mises en place

Avec 34 informaticiens à temps plein sur un total de 300 employés à ses installations de St-Jean-sur-Richelieu, l'entreprise a véritablement pris le virage numérique. Elle reçoit les commandes de ses clients par Internet et tout le reste est géré par informatique. Elle utilise des robots en entrepôt et assure la traçabilité de ses stocks par la technologie RFID à partir des fournisseurs jusqu'à l'intérieur de ses entrepôts. Logistik Unicorp fut l'une des premières entreprises au monde à intégrer un système de suivi RFID pour chaque article. C'est ce qui lui permet de réduire les coûts de chaque commande et de traiter chacune avec une très grande précision. C'est pourquoi elle n'hésite pas à investir des sommes importantes en sécurité informatique. Ses investissements en robotique et en informatique représentent plus de 3% de ses revenus et se chiffrent en millions de dollars.

Grâce à ses efforts en numérisation des données, notamment celles des commandes des clients, Logistik Unicorp peut mettre à profit les dernières avancées dans le domaine de l'intelligence artificielle. Elle réalise ainsi plusieurs projets en collaboration avec des organismes comme le CEFRIO et des universités comme l'ÉTS. Un de ces projets visait à revoir l'aménagement des aires de stockage afin de minimiser le nombre de pas des employés. Un autre projet consiste à améliorer les prévisions des ventes avec des outils de langage machine, ce qui devrait également améliorer la gestion des stocks.

L'entreprise innove également en investissant dans son propre laboratoire sur les textiles où elle emploie deux chercheurs ayant un doctorat. Elle travaille à l'élaboration de nouveaux textiles comme l'utilisation du chanvre pour remplacer le coton. Elle a également expérimenté les tissus intelligents pour confectionner les habits de pompier du futur, mais le marché n'est pas encore prêt pour ce type de tissu. Elle vient de développer le premier isolant de vêtement composé à 100% de matière végétale, ce qui lui a valu un tout nouveau contrat gouvernemental.

## Les motifs d'adoption

L'entreprise Logistik Unicorp a été fondée en 1993 par le PDG actuel, M. Louis Bibeau, à partir d'un concept qu'il a imaginé pour gérer différemment les programmes d'uniformes. Ce concept de gestion intégrée repose sur l'informatisation des processus et vise à assurer un service hors pair à sa clientèle institutionnelle qui n'était pas satisfaite de la qualité offerte par ses fournisseurs précédents. C'est ce qui a motivé l'entreprise à investir dans son propre laboratoire et dans les équipements requis pour tester les textiles répondant aux exigences de ses clients. L'entreprise s'ajuste à chaque client, que ce soit au niveau des systèmes d'interface informatique ou des besoins spécifiques pour les uniformes.

## Les freins à l'adoption de technologies

Le principal obstacle au développement technologique chez Logistik Unicorp est la pénurie de main d'œuvre dans le secteur de l'informatique.

## Les facteurs de succès

Le concept de gestion intégrée des uniformes mis de l'avant par Logistik Unicorp lui permet de se distinguer de la concurrence. C'est aussi grâce à ses nombreux projets d'innovation (nouveaux textiles, RFID, intelligence artificielle, etc.) qu'elle réussit à se positionner dans cette niche en offrant le meilleur service et les plus hauts niveaux de qualité, sans toutefois être nécessairement le fournisseur au plus bas coût.

Logistik Unicorp s'attire aussi les faveurs de sa clientèle, largement composée d'agences gouvernementales et de sociétés d'État, par son souci pour l'environnement et la recherche de fournisseurs locaux. L'entreprise a notamment inauguré le premier édifice certifié Leeds Or au Canada.

## L'avenir

En mai 2020, en pleine crise de la COVID-19, l'entreprise Logistik Unicorp a conclu une entente avec le gouvernement canadien pour la livraison d'au moins 11 millions de blouses de protection médicale. Ce nouveau créneau illustre la capacité de l'entreprise à utiliser son savoir-faire en conception et fabrication d'uniformes de sécurité pour usages civil et militaire afin de concevoir et fabriquer des blouses de protection médicale de haut niveau technique. C'est par sa capacité d'innover et sa proximité avec ses clients que l'entreprise assurera son avenir. Bien que fortement implantée au Canada, Logistik Unicorp s'intéresse aux marchés internationaux et possède une division en Australie qui offre le même concept de gestion intégrée dans cette partie du monde.

# LUMENPULSE

## Description de l'entreprise

Fondée à Montréal en 2006, Lumenpulse conçoit, développe, fabrique et vend une gamme étendue de solutions DEL de catégorie de spécifications durables et de haute performance pour des environnements commerciaux, institutionnels et urbains. Le siège social de Lumenpulse est situé à Longueuil et la compagnie a maintenant plus de 800 employés.

Les produits Lumenpulse incarnent une philosophie de design qui respecte les buts des spécificateurs d'éclairage et les besoins de l'utilisateur final. La compagnie conçoit et fabrique ses appareils durables de haute performance en familles pour s'assurer qu'ils soient simples à spécifier et configurer. Ses luminaires offrent des options dignes d'un coffre à crayons – une myriade de choix d'optiques, de couleurs, d'accessoires et finis, ce qui permet aux designers de résoudre tout type de défi d'éclairage, du petit bureau intérieur au grand stade et complexe sportif.

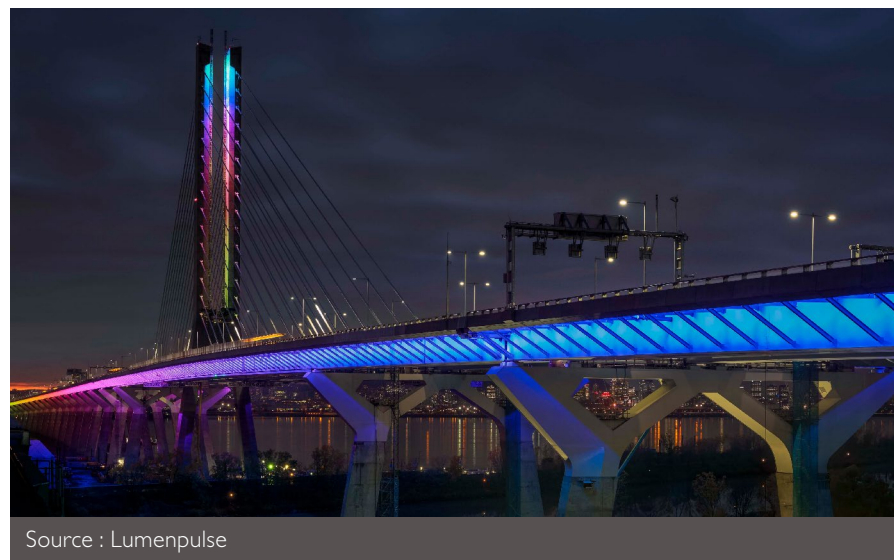
Parmi ses réalisations, on retrouve l'éclairage de la Cathédrale Saint-Alain de Laval en France, le Pier 17 à New York, la Rotonda à Barcelone, BC Place à Vancouver, le Pont Samuel-de-Champlain à Montréal, le Musée Canadien pour les droits de la personne à Winnipeg ainsi que plusieurs autres projets d'envergure. Le succès de ses designs lui a valu une croissance commerciale importante et la reconnaissance de l'industrie qui lui a accordé de nombreux prix.

## Les technologies mises en place et les motifs d'adoption

Lors de la conception d'un projet, les architectes ou designers de lumières choisissent les produits que Lumenpulse doit ensuite livrer aux entrepreneurs chargés de l'exécution des travaux. Chaque projet étant unique, on est vraiment dans un environnement de production sur demande où il est impossible de stocker des produits à l'avance. Lumenpulse conserve quelques pièces utilisées fréquemment, mais la plupart des composantes sont stockées chez ses fournisseurs. Puisque les délais promis pour livrer les produits d'éclairage sont très courts, soit de deux à six semaines, il est primordial pour Lumenpulse de se doter d'un système manufacturier flexible et très performant.

C'est pourquoi l'entreprise s'est dotée de systèmes informatiques de gestion adaptés à son contexte comme Microsoft Dynamics. De plus, en 2014, elle a adopté un outil spécialisé appelé « Product Configurator » qui lui permet d'obtenir des gains importants en temps pour la configuration des systèmes d'éclairage qu'elle doit livrer. Son système Virtual Process ressemble à un MES (*Manufacturing Execution System*) et permet d'assurer la traçabilité des pièces critiques et des employés ayant travaillé sur l'assemblage des produits. Le système permet aussi d'intégrer tous les tests réalisés sur les produits.

Au niveau de l'automatisation de la production, Lumenpulse a fait l'acquisition d'un robot industriel FANUC pour automatiser l'application de silicone sur ses luminaires, un investissement qui s'est rentabilisé très rapidement selon M. Dominic Boulianne, directeur des opérations. L'entreprise a aussi acquis un robot collaboratif moins productif, mais plus convivial, en ce sens qu'il est plus facile à programmer et qu'il peut travailler près des employés sans danger. Mais le véritable virage numérique, c'est au niveau des systèmes d'information qu'il s'est produit.



Source : Lumenpulse

## Les freins à l'adoption de technologies

Un des dangers dans le développement de systèmes, c'est de manquer de focus, selon M. Boulianne. En effet, on risque parfois de trop vouloir en faire, de prendre différentes tangentes. Il vaut mieux prioriser les efforts et éviter les débordements, même si les gens sont bien intentionnés. Pour ce faire, on doit avoir une vision claire d'où on s'en va et préparer un plan stratégique numérique plutôt que de se concentrer uniquement sur les solutions à court terme.

## Les facteurs de succès

Le succès de l'entreprise repose sur l'innovation et la personnalisation des produits. Lumenpulse possède son propre laboratoire de conception, mais elle collabore également avec le CRIQ pour les tests mécaniques. C'est grâce aux systèmes informatiques qu'elle a mis en place que l'entreprise a pu accroître considérablement son chiffre d'affaires au cours des dernières années. On peut ainsi planifier la configuration d'un produit en moins de 24 heures. Les instructions de travail pour l'assemblage et les routines de tests étant tous automatisées, la capacité de production a pu être multipliée très rapidement.

## L'avenir

Lumenpulse continue à développer son système à l'interne pour en faire un véritable MES en intégrant notamment les activités d'expédition. Un des défis pour l'avenir consiste à améliorer ses prévisions, ce qui n'est pas une tâche facile dans un contexte de gestion par projets. À cette fin, l'entreprise a déjà entrepris des démarches de collaboration en vue d'expérimenter les outils d'intelligence artificielle.

# PRATT & WHITNEY CANADA

## Description de l'entreprise

Pratt & Whitney Canada est l'un des principaux acteurs à l'échelle mondiale dans le secteur de la motorisation aéronautique. En effet, près de 65 000 moteurs de Pratt & Whitney Canada propulsent des hélicoptères, avions de transport régional ou avions d'affaires partout à travers le monde. Ayant son siège social à Longueuil, la société possède aussi des installations à Mirabel, en Ontario, en Alberta ainsi qu'en Nouvelle-Écosse. Ses opérations s'étendent aussi outre-mer, puisqu'elle assure la gestion des usines en Pologne et en Chine, et des points de service après-vente à travers le monde. L'entreprise compte environ 6 000 employés au Canada et 10 000 au total. Pratt & Whitney Canada manufacture elle-même une partie des pièces utilisées dans ses moteurs. Elle fabrique aussi des groupes auxiliaires de puissance (GAP) ou ce qu'on appelle en anglais *Auxiliary Power Unit* (APU). Elle est une filiale du conglomérat américain Raytheon Technologies Corporation depuis l'union récente de cette dernière avec United Technologies Corporation (UTC) à qui se rapportait Pratt & Whitney Canada auparavant.



Source : Site web de P&WC

## Les technologies mises en place

L'innovation et la technologie sont au cœur du succès de Pratt & Whitney Canada. Au cours des 25 dernières années, l'entreprise a introduit 100 nouveaux moteurs qui alimentent une variété d'avions. L'entreprise est très engagée en recherche et développement (R&D) avec des investissements de plus de 500 millions de dollars CAD\$ par année, ce qui la classe parmi les meilleurs investisseurs canadiens en R&D.

Pratt & Whitney Canada a toujours cherché à améliorer ses procédés manufacturiers, ce qui l'a naturellement amenée à adhérer à la vision de la fabrication avancée (ou « *advanced manufacturing* » en anglais). Selon M. Walter Di Bartolomeo, vice-président, Intégration de nouveaux produits et services chez Pratt & Whitney Canada au cours des dernières années, l'entreprise a augmenté significativement ses investissements au niveau des technologies manufacturières afin d'améliorer ses capacités à fabriquer des pièces complexes de très haute précision. Pour ce faire, il est important que chacune des opérations soit connectée pour que l'on puisse suivre en continu la santé du procédé et des machines. Plusieurs facteurs peuvent influencer le comportement et la précision des machines : la force appliquée par l'outil, la chaleur ambiante et celle générée par le processus, le refroidissement des outils et des pièces usinées, etc. Tous ces paramètres doivent être analysés afin de garantir la qualité du produit fini pour laquelle il ne peut pas y avoir de compromis dans le secteur des moteurs d'avions. En plus de la qualité, on doit se soucier de la productivité en évitant autant que possible les arrêts de production qui causent des goulots d'étranglement. Il faut apprendre à gérer les tolérances, car par exemple, même si toutes les pièces utilisées sont à l'intérieur des tolérances exigées, on peut se retrouver avec des problèmes de vibration si les pièces ont toutes des écarts trop grands ou trop petits.

Auparavant, les techniciens travaillaient avec des plans en deux dimensions. Aujourd'hui, les modèles de conception assistée par ordinateur (ou *Computer-Aided Design* (CAD)) sont en trois dimensions, ce qui implique de nouvelles instructions pour les machines et un nouvel apprentissage des procédés pour les employés impliqués. D'ailleurs, Pratt & Whitney Canada travaille en étroite collaboration avec les écoles, Cégeps et universités offrant des programmes spécialisés en aérospatiale.

Pour le moment, l'usine de Longueuil compte trois lignes de production connectées. D'ici cinq ans, ce sont plusieurs milliers de machines qui seront connectées, ce qui engendrera une très grande quantité de données qu'il faudra apprendre à analyser. Dans l'exemple cité précédemment concernant les problèmes de vibration, on peut comprendre les relations de cause à effet découlant de la physique (tolérance des pièces). Mais, avec des données massives, il est plus difficile de déterminer ces relations de cause à effet et on prévoit avoir recours à l'intelligence artificielle pour analyser de telles données. Pour ce faire, on a mis sur pied une équipe, un centre d'expertise, en collaboration avec des chercheurs universitaires. Ces analyses devraient permettre à l'entreprise de mieux prévoir les défauts et faciliter la maintenance préventive.

### Les motifs d'adoption

Les investissements en technologie de production avancée permettent d'identifier rapidement les problèmes qui surviennent sur la ligne de production et d'intervenir avant que les coûts de production ne s'accumulent au fur et à mesure que le travail s'effectue. Le même principe s'applique à toute la chaîne d'approvisionnement alors qu'une meilleure visibilité des opérations peut aider à prévenir les risques et se préparer à y faire face. En étant plus productif, on peut se permettre de rapatrier la production localement et ainsi assurer l'approvisionnement fiable et sécuritaire en pièces pour l'assemblage des moteurs.

Avant d'investir dans une ligne de production automatisée, il y a lieu de procéder à une analyse de rentabilité. Si l'on atteint une performance sans défaut, les bénéfices seront obtenus grâce aux économies sur le coût des pièces et de la main-d'œuvre ainsi qu'à des gains de capacité de production.

### Les freins à l'adoption de technologies

Dans le secteur manufacturier de l'aérospatiale, les investissements en technologie et en développement de nouveaux produits sont très coûteux et les risques sont également très élevés. Quant aux bénéfices, ils ne vont se manifester que beaucoup plus tard. Dans un tel contexte, on fait souvent appel aux différents programmes d'aide financière offerts par les gouvernements, car il y a toujours plus de projets que d'argent disponible pour les réaliser. En fait, le secteur manufacturier de l'aérospatiale canadienne atteint un niveau d'intensité de la R&D (dépenses en R&D/PIB) cinq fois supérieur à celui de la moyenne canadienne de l'industrie manufacturière.

### Les facteurs de succès

L'implantation réussie de nouvelles technologies repose certes sur les connaissances et le talent des employés impliqués, mais ce n'est pas suffisant. Selon M. Di Bartolomeo, de bons talents et une mauvaise gestion de projet sont gages d'échec. Il est important de bien gérer et prioriser les projets qui seront retenus. Pratt & Whitney Canada a recours à un comité directeur pour établir les priorités.

### L'avenir

Au cours des cinq prochaines années, Pratt & Whitney Canada veut développer et implanter des systèmes de prévision avancée (« Advanced Prediction »). L'analyse simultanée de nombreux paramètres, en ayant recours notamment à l'intelligence artificielle, sera à l'ordre du jour. On prévoit aussi automatiser des processus administratifs répétitifs comme certaines tâches reliées aux comptes à payer, par exemple. Quant aux robots, ils seront appelés à intervenir une fois que les procédés sont pleinement maîtrisés.



Source : Site web de P&WC

# SANIMAX

## Description de l'entreprise

Sanimax est une entreprise spécialisée dans l'équarrissage, soit la récupération et le traitement de sous-produits agroalimentaires afin de revaloriser les résidus de l'industrie de la transformation de la viande, les graisses et les huiles de cuisson usées, les peaux et les matières organiques. Les substances solides qui en résultent sont ensuite transformées en farine protéinée pour l'alimentation du bétail et la nourriture pour animaux de compagnie tandis que les graisses sont utilisées pour de nombreux dérivés comme les huiles de coupe, peintures, caoutchouc, pneus, encres, solvants, antigels, engrais, et plus encore. De plus, sa division Énergie créée récemment s'occupe de la production de biocarburants propres et durables.

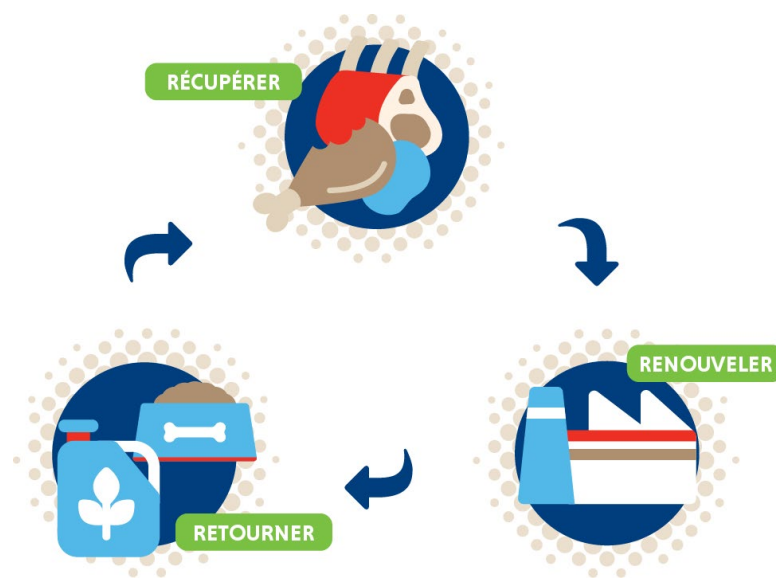
Sanimax se plaît à décrire ses employés comme des virtuoses de la transformation. Ils contribuent fièrement à l'économie circulaire en récupérant les restes dont personne ne veut, les renouvelant et les retournant sur le marché pour fabriquer des articles d'usage courant et des ingrédients industriels de haute qualité.

Pour ce faire, Sanimax possède 17 installations situées au Canada, aux États-Unis et en Amérique du Sud. C'est au Québec qu'on retrouve deux de ses principales usines alors que les États-Unis en comptent deux autres d'importance.

L'entreprise a vu le jour en 1939 et ce sont les petits-enfants du fondateur, André, Martin et Julie Couture, qui la dirigent aujourd'hui. Lors de son 75<sup>e</sup> anniversaire, en 2014, l'entreprise rapportait un chiffre d'affaires de plus de 600 M\$ par année. Ce chiffre a sûrement augmenté depuis, car Sanimax jouit d'une situation privilégiée dans son marché qui lui a permis de doubler ses effectifs en 6 ans. Elle compte aujourd'hui 2 500 employés dans le monde. Elle a reçu la certification Vitrine 4.0 du ministère de l'Économie et de l'Innovation qui reconnaît le degré d'avancement important des entreprises ayant entrepris un projet de virage numérique.

## Les technologies mises en place

L'innovation a toujours joué un rôle important chez Sanimax. Dès 1953, le fils du fondateur, Murray Couture, développe les nouvelles technologies qui serviront à récupérer et à renouveler des sous-produits organiques qui, à l'époque, aboutissaient dans les sites d'enfouissement. Les dirigeants actuels ont poursuivi dans cette voie et n'ont pas hésité à investir dans de nouveaux procédés pour assurer la croissance de l'entreprise. C'est ainsi qu'en 2016, une équipe Électrique et Automatisation a été mise sur pied. Cette démarche s'insère dans un plan de modernisation qui repose sur quatre piliers : 1) la modernisation de l'infrastructure réseautique, 2) la modernisation des équipements de contrôle pour faciliter l'accès aux données de production, 3) la mise en place d'une structure de gestion des données avec l'acquisition du système OSIsoftPi qui permet d'archiver les données de production et de faire leur analyse et 4) la mise en place d'un système de suivi (« reporting ») et d'analyse de données MES (*Manufacturing Execution System*) auquel pourront être intégrées les données du système ERP de l'entreprise.



Source : Site web de Sanimax, 2020

## Les motifs d'adoption

Le but premier du virage technologique amorcé chez Sanimax était d'avoir une meilleure compréhension des procédés et de baser les actions sur des données, soit être capable de faire la corrélation entre une action et l'impact sur le procédé et/ou le produit fini. Chez Sanimax, la période estivale est plus critique, car la chaleur a un impact sur la dégradation de la matière première. Il devient important d'être en mesure d'ajuster le procédé pour s'adapter à ces variations.

Le but à moyen terme du virage technologique amorcé chez Sanimax est d'être en mesure de connaître en temps réel l'état des intrants, de séquencer leur introduction dans le procédé et d'ajuster le procédé pour avoir une qualité d'extrait la plus stable possible.

Le but ultime serait d'avoir assez de données sur les intrants et les différentes étapes du procédé pour être en mesure de faire de l'apprentissage machine (ou « *machine learning* » en anglais) et d'avoir un procédé qui s'adapte automatiquement selon les propriétés des intrants.

Les millions de dollars investis dans les nouvelles technologies de l'information permettent une meilleure connaissance et par le fait même un meilleur contrôle des procédés, ce qui se traduit par une meilleure efficacité de la ligne de production (moins d'arrêts, moins de pertes, plus d'extraits). On peut également utiliser les données recueillies des équipements pour automatiser la maintenance préventive, optimiser les interventions en dehors des heures de production et éviter les arrêts dus à des bris d'équipements.

## Les freins à l'adoption de technologies

Il n'est pas facile d'établir un retour sur l'investissement avec de tels systèmes. Par exemple, investir dans une nouvelle infrastructure de réseautique n'apportera pas vraiment de bénéfices à court terme, mais il s'agit d'une étape nécessaire pour le développement du MES. De plus, moderniser un système de contrôle de la production qui fonctionne déjà peut être assez inquiétant pour certains gestionnaires. Enfin, il y a toujours de la résistance au changement sur le plancher, mais l'entreprise a mis en place une bonne gestion du changement et les employés sont consultés tout au long de la transformation. Quant aux dirigeants, ils partagent la même vision du changement, ce qui est primordial et facilitant.

## Les facteurs de succès

Selon M. Martin Lortie, Chef de secteur, Automatisation, Contrôle et Électricité, le principal facteur de succès d'un tel virage technologique repose sur la vision des dirigeants qui doivent y croire, car le ROI d'un tel projet peut être assez long. Avec le temps, on espère voir une augmentation de l'efficacité des procédés et de la qualité du produit fini qui se répercutera inévitablement sur les ventes réalisées. Comparer les ventes avant et après l'implantation des technologies est ultimement ce qui permettra d'évaluer les bénéfices. Par conséquent, il vaut mieux ne pas trop tarder, car « plus on attend, plus ça coûte cher! ».

M. Lortie rappelle aussi l'importance d'élaborer un plan de modernisation qui soit adapté aux besoins de l'entreprise et de prioriser les investissements en fonction de ce plan en gardant à l'esprit la vision globale d'où on s'en va. Ce plan doit définir comment les éléments, les quatre piliers, doivent s'imbriquer les uns aux autres.

## L'avenir

Pour son usine de Montréal, Sanimax a complété la modernisation réseautique. La modernisation des systèmes de contrôle des procédés est en cours et on espère la compléter d'ici trois ans. Le système d'acquisition de données est bien en place et on optimise son utilisation de semaine en semaine. Il reste à compléter le développement du MES et de lui intégrer un 5<sup>e</sup> pilier, soit le système ERP de l'entreprise. Ceci permettra d'intégrer les données du moment où la matière première est prise en charge ainsi que les données financières au système d'analyse.

Un plan de modernisation est mis en place pour les quatre usines principales d'Amérique du Nord et s'échelonne sur la prochaine décennie. À long terme, Sanimax pourrait envisager d'utiliser l'intelligence artificielle pour être capable d'ajuster ses procédés automatiquement. Pour ce faire, on aura besoin de données valides et fiables.

# SOLAXIS

## Description de l'entreprise

Solaxis est une PME avec un chiffre d'affaires annuel de moins de 10 millions de dollars. Elle est spécialisée dans la fabrication additive de pièces de plastique, ce qu'on appelle aussi l'impression en trois dimensions ou 3D. Ce sont des pièces de production à usage final et de courte série, des prototypes fonctionnels et des outillages spécialisés destinés à de grands donneurs d'ordres (OEM) et des leaders manufacturiers en Amérique du Nord et en Europe. Elle a souhaité réduire la proportion de gabarits et d'outillages fabriqués, ces activités mobilisant des ressources importantes. L'entreprise a bénéficié d'une forte croissance ces deux dernières années avec ses clients actuels et de nouveaux, surtout à l'étranger. Solaxis poursuit l'étude de nouvelles technologies de fabrication additive pour diversifier son offre et consolider sa position. Elle a notamment investi dans de nouveaux procédés afin de pouvoir augmenter le volume de production de petites pièces. L'entreprise a aussi récemment procédé une évolution importante de la version de son système ERP afin de rester à jour.

## Les technologies mises en place

Depuis 2014, les technologies mises en place sont surtout reliées à l'automatisation des processus d'affaires et des liens avec ses équipements de production. Le tout a débuté avec la mise en place d'un logiciel CRM (*Customer Relations Management*) qui lui permet de mieux documenter tout le processus de vente et d'en automatiser les tâches, à partir du premier contact avec le client jusqu'à la soumission finale, en plus de fournir différents indicateurs de performance de ce processus.

La deuxième solution mise en place est un logiciel ERP (*Enterprise Resource Planning*) qui sert à coordonner le processus de production, à partir de la soumission jusqu'à la livraison de la commande. Cet outil a été acquis d'un fournisseur externe, mais il a également requis un assez fort degré de personnalisation et de formation chez ses employés afin de l'adapter au contexte de l'entreprise. Cet outil permet l'enregistrement automatique des données de production et la création automatisée des certificats de conformité pour ses clients. Il permet également d'obtenir des indicateurs de performance comme le calcul automatique des coûts de production.

Le troisième outil, développé en 2015, est une voute d'ingénierie, une sorte de bibliothèque virtuelle qui inclut un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO) et qui utilise des métadonnées et des bases de données SQL pour gérer les dessins techniques dans une optique de gestion du cycle de vie (*Product Life Cycle Management*). Des liens ont été programmés pour relier ces trois outils de gestion dans une optique de système intégré.



Source : Site web de Solaxis

## Les motifs d'adoption

Le virage technologique a pris forme en 2013 alors que l'entreprise envisageait d'obtenir une accréditation ISO. Les employés ont plutôt suggéré au dirigeant de miser sur la mise en place d'un système de gestion de la production du type ERP. L'entreprise s'est alors dotée d'un plan directeur numérique et a adopté les trois logiciels de gestion avec l'aide de consultants et de firmes externes. Chez Solaxis, il n'y a pas vraiment eu d'analyse de rentabilité du projet avant de faire l'acquisition de ces outils de gestion, mais le résultat est que l'entreprise a réussi à presque doubler ses ventes en ajoutant seulement un employé à temps partiel et un autre à l'expédition.

## Les freins à l'adoption de technologies

Au départ, les principales difficultés étaient liées au manque d'information au sujet des technologies de pointe et à leur intégration aux procédés existants. Mais lors de l'implantation, ce sont les communications avec les fournisseurs et la définition des besoins qui ont été les plus ardues. Ces difficultés risquent d'entraîner des pertes d'efficacité au lieu des gains espérés.

## Les facteurs de succès

Le président de Solaxis, François Guilbault, insiste sur l'importance de bien définir le projet et ses besoins avant de commencer et surtout, de s'en tenir à ce qui avait été prévu en évitant les ajouts du genre « *nice to have* » en cours de route.

L'entreprise n'a pas eu recours aux différents programmes de financement offerts par les gouvernements, mais elle apprécie l'aide de la grappe AéroMontréal qui pilote les initiatives MACH et FAB 4.0 pour les PME qui fournissent l'industrie aérospatiale. Le programme MACH est un outil développé par AéroMontréal et Sous-traitance Industrielle Québec pour aider les fournisseurs à évaluer leur rendement. Quant à MACH FAB 4.0, elle est une mesure d'accompagnement à l'intention des PME visant à favoriser l'implantation des technologies numériques et de la fabrication avancée au sein des participants.

## L'avenir

Solaxis est maintenant mieux outillée pour faire face à la concurrence. Elle dispose des données sur lesquelles elle peut se baser pour prendre de meilleures décisions. Elle peut se concentrer sur les tâches à valeur ajoutée et automatiser celles à non-valeur ajoutée comme la paperasse! Elle vise le développement de nouveaux procédés qui lui permettront de s'attaquer à de nouveaux marchés comme la production de plus grands volumes de petites pièces. Elle prévoit également poursuivre le recours à l'automatisation des activités représentant des goulots d'étranglement et des tâches à non-valeur ajoutée.



Source : Site web de Solaxis

# VÊTEMENTS PEERLESS CLOTHING INC.

## Description de l'entreprise

Vêtements Peerless Clothing Inc. a été fondée en 1919 et se spécialise dans la confection de vêtements pour hommes et garçons. L'entreprise est détenue par des intérêts privés et compte quelque 1 000 employés qui travaillent à Montréal dans des installations à la fine pointe de la technologie. C'est à la suite de l'Accord de libre-échange entre le Canada et les États-Unis (ALÉ) que Vêtements Peerless Inc. s'est lancée à l'assaut du marché américain grâce à des investissements en équipements modernes de production dans ses installations montréalaises. Vêtements Peerless Inc. occupe aujourd'hui une place importante sur le marché nord-américain notamment en vertu des contrats de licence exclusive conclus pour la commercialisation de marques reconnues telles que Chaps de Ralph Lauren, Lauren de Ralph Lauren, CK Calvin Klein, Sean John, IZOD, Michael Kors, et DKNY. Les produits Peerless sont disponibles chez tous les détaillants importants des États-Unis et du Canada.

## Les technologies mises en place

L'innovation technologique a permis à Vêtements Peerless de demeurer compétitif dans un marché où la norme est de sous-traiter toute la production dans des pays à bas coûts. En effet, la première implantation d'un système ERP SAP remonte déjà au début des années 2000. Cette implantation et celles qui ont suivi n'ont pas été réalisées uniquement par les gens de technologie d'information, mais plutôt grâce à l'implication de toute l'équipe de gestion. Depuis plusieurs années déjà, l'entreprise a recours à la conception de patrons assistée par ordinateur qui dictent le travail des coupeuses automatisées sur le plancher de production.

Depuis quelque temps, l'entreprise a recours à l'automatisation robotisée des processus (en anglais *Robotic Process Automation* ou RPA) qui permet au système UiPath d'apprendre une liste de tâches à automatiser en observant le comportement d'utilisateurs humains. Cela permet d'automatiser certaines tâches cléricales répétitives liées aux comptes à payer ou à la collecte de données sur les clients, par exemple.

Le plus récent investissement de l'entreprise a été réalisé dans son centre de distribution de 1,2 million de pieds carrés situé à St-Albans au Vermont. Plusieurs millions de dollars ont été investis dans ce centre pour en doubler la capacité et la rapidité de traitement des commandes grâce notamment à l'automatisation. Ce centre peut contenir quatre millions d'habits et sert à approvisionner les nombreux clients (magasins de grande surface, chaînes de détail et boutiques spécialisées) de l'entreprise en moins de 48 heures via son système de communication intégré par EDI. À défaut de réaliser de tels investissements, l'entreprise n'aurait pas été en mesure de répondre à la forte augmentation de la demande qu'elle observe depuis plusieurs années. De plus, l'automatisation est une réponse au problème de pénurie de main-d'œuvre observé un peu partout, incluant dans la région de St-Albans.

Comme plusieurs entreprises de son secteur, Vêtements Peerless observe une augmentation constante des ventes réalisées par Internet, ce qui se traduit par une plus grande proportion de petites commandes (ou nombre de boîtes) à traiter à son centre de distribution et exerce davantage de pression sur ses opérations.



Source : Site web de Peerless

## Les motifs d'adoption

Selon M. Elliott Lifson, vice-président du conseil d'administration, il est primordial pour l'entreprise de maintenir des capacités manufacturières à Montréal, car cela lui permet de conserver la connaissance du vêtement. Cela lui procure également la capacité d'effectuer les retouches et les réparations localement et une plus grande rapidité de réaction. Enfin, le design des vêtements se fait également sur place à Montréal. C'est pourquoi l'entreprise a choisi d'investir dans la technologie pour demeurer compétitive, du moins dans le segment haut de gamme de l'industrie. En effet, plusieurs de ses clients recherchent le logo « fabriqué au Canada » ou « fabriqué aux États-Unis » dans l'usine de Chicago. Pour d'autres segments de marché, l'entreprise fait affaire avec des sous-traitants situés en Asie ou en Amérique du Sud, par exemple.

Chez Vêtements Peerless, environ 60% de la production répond à des commandes de réapprovisionnement de modèles de produits tenus en inventaire. En tenant compte des tailles et des tissus, ce sont plus de 1,5 million de nouveaux produits (SKUs) qui sont mis en marché chaque année. Le reste de la production, soit 40% des commandes, est fabriqué sur commande. Au fil des ans, l'entreprise a développé ses capacités d'analyse de données afin d'améliorer ses projections et de mieux gérer ses stocks. On vise également une meilleure intégration des données afin d'accroître la rapidité d'analyse.

## Les freins à l'adoption de technologies

Selon Pierre Boucher, vice-président, Technologies de l'information et logistique, il est important d'établir une liste de projets avec des priorités qui peuvent toutefois évoluer avec le temps et les circonstances. Il ajoute : « On n'a pas la capacité, en termes de ressources humaines, pour gérer plusieurs projets en même temps ». De plus, il peut s'avérer risqué d'investir dans plusieurs projets en même temps. Pour établir et faciliter la gestion des projets de technologie, on favorise une approche intégrée qui se traduit par l'implication des gestionnaires des autres fonctions.

## Les facteurs de succès

Le succès de l'entreprise repose essentiellement sur son désir de se différencier des autres concurrents en maintenant des capacités de production concurrentielles localement à Montréal. Pour y parvenir, Vêtements Peerless a dû investir, et continue de le faire, dans des solutions novatrices, à l'avant-garde de la technologie, autant dans ses installations manufacturières que dans son nouveau centre de distribution. En ce qui concerne les projets d'implantation de nouvelles technologies, la clé du succès repose sur l'implication de tous les gestionnaires dans l'implantation et la formulation de la vision stratégique.

## L'avenir

L'avenir comporte des défis et de nouveaux projets. Un des défis est sans doute la croissance des ventes par Internet qui vient affecter le travail de réception et d'expédition des commandes au centre de distribution. Heureusement, ce sont ses clients qui se chargent de gérer les retours de marchandises, un défi majeur dans le commerce en ligne. Pour améliorer l'interface avec les clients, on prévoit utiliser des modèles en trois dimensions (3D), ce qui pourrait éventuellement remplacer les échantillons. Ces modèles 3D pourraient aussi servir d'outils pour réaliser des ventes virtuelles de vêtements.

On aurait aimé intégrer l'intelligence artificielle au moment où la conception du nouveau centre de distribution a été faite, mais cela n'a pas été possible. Ce n'est que partie remise, car l'intelligence artificielle pourrait contribuer à améliorer les prévisions, la gestion des stocks et l'acheminement des commandes.

# CONCLUSION

Cette étude avait pour but de mieux comprendre les changements apportés par la révolution 4.0 en étudiant des cas concrets d'entreprises ayant adopté (ou étant en voie d'adopter) des technologies caractérisant l'industrie 4.0. Au total, dix entreprises ont été étudiées, certaines sont très petites avec moins de dix employés, d'autres sont très grandes avec des milliers d'employés. Elles représentent différents secteurs : la haute technologie associée à l'aérospatiale, mais aussi des secteurs plus traditionnels comme l'alimentation et les vêtements.

Ce qui caractérise ces entreprises, c'est évidemment le haut niveau d'automatisation et, parfois, de robotisation, atteint dans l'équipement de production. Mais le plus important, et le moins visible dans la plupart des cas, c'est le haut degré d'interconnectivité entre les machines et les systèmes d'information mis en place qui permettent un suivi continu des activités de production grâce à la collecte et l'analyse de données. En fait, ces données sont devenues tellement massives et complexes que le défi est d'adopter des outils qui en facilitent l'analyse. C'est ici qu'entre en scène l'intelligence artificielle à laquelle plusieurs des entreprises étudiées ont l'intention d'avoir recours au cours des cinq prochaines années, si ce n'est pas déjà fait.

Les entreprises étudiées ont, règle générale, beaucoup de succès dans leurs domaines d'activité respectifs. Elles ont toutes une vision stratégique qui repose sur l'innovation, une vision largement adoptée et supportée par l'équipe de direction. Si les ressources financières sont parfois un frein à la réalisation de projets, ce n'est pas le principal obstacle observé. En effet, une bonne gestion et une priorisation des projets sont considérées comme étant des principaux facteurs de succès. Ces dix cas d'entreprises innovantes peuvent certainement être une source d'inspiration pour toutes celles qui se demandent encore si elles devraient adopter les technologies de l'industrie 4.0. Comme l'ont fait remarquer plusieurs des dirigeants interviewés, l'important c'est de commencer!

Voici donc six leçons qu'on peut tirer des dix cas étudiés.

- 1. Le virage 4.0 commence par en haut. C'est l'équipe de direction qui doit développer la vision et exercer son leadership pour initier le changement et compléter le virage 4.0.**
- 2. Il est primordial d'élaborer un plan stratégique numérique pour guider la réalisation des projets d'implantation de nouvelles technologies et établir les priorités.**
- 3. Il n'est pas toujours nécessaire, ni même souhaitable, de réaliser des analyses de rentabilité (ROI) très poussées. À terme, les bénéfices dépasseront largement les montants investis. C'est une question de compétitivité et même de survie.**
- 4. Il faut que tout soit connecté et intégré : les machines, les employés, les matières premières, les produits finis, et ce, tout au long de la chaîne logistique, qu'elle soit locale ou mondiale.**
- 5. On doit apprendre à gérer et à analyser toutes ces données en temps réel afin d'optimiser la performance opérationnelle de l'entreprise.**
- 6. Avant d'automatiser ou de robotiser un procédé manufacturier, il importe de s'assurer qu'il est sous contrôle et même optimisé. Il en va de même pour les tâches administratives.**

L'objectif global étant d'améliorer la productivité des entreprises et, conséquemment, la compétitivité de notre secteur industriel, les gouvernements auront tout intérêt à accompagner ces dernières dans leur quête de l'industrie 4.0. En effet, les investissements requis sont importants et les retombées peuvent prendre plusieurs années avant de se traduire en bénéfices concrets. Ceci est particulièrement vrai alors qu'il faut relancer l'économie en cette période de COVID-19.