

PLAN D'ACTION  
EN ÉCONOMIE NUMÉRIQUE

# FEUILLE DE ROUTE INDUSTRIE 4.0



**LE MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE,  
DE LA SCIENCE ET DE L'INNOVATION (MESI)  
DÉSIRE REMERCIER :**

**RÉDACTION**

PRODUCTIQUE QUÉBEC

**PRODUCTION**

Pierre Hébert et Mona Moudallal,  
Direction du développement des entreprises (MESI)

**COLLABORATION**

Christian Bégin,  
Direction du soutien à l'entrepreneuriat (MESI)

**CONCEPTION**

Direction des communications (MESI)

Dépot légal - octobre 2016

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

ISBN : 978-2-550-76881-4 (PDF)

ISBN : 978-2-550-76880-7 (imprimé)

© Gouvernement du Québec, 2016

Toute reproduction de ce document est autorisée avec mention de la source.

L'emploi du genre masculin pour désigner des personnes, des titres et des fonctions se fait sans discrimination et n'a pour but que de faciliter la lecture du texte.

# TABLE DES MATIÈRES

## LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

## AVANT-PROPOS

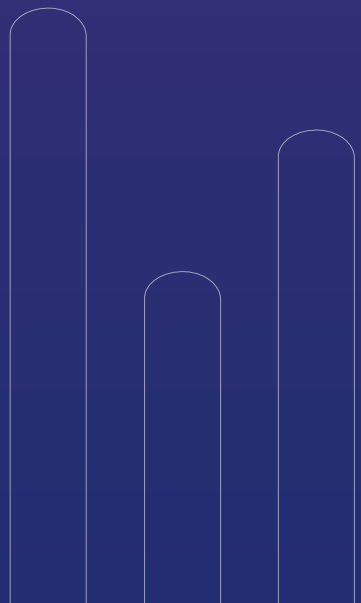
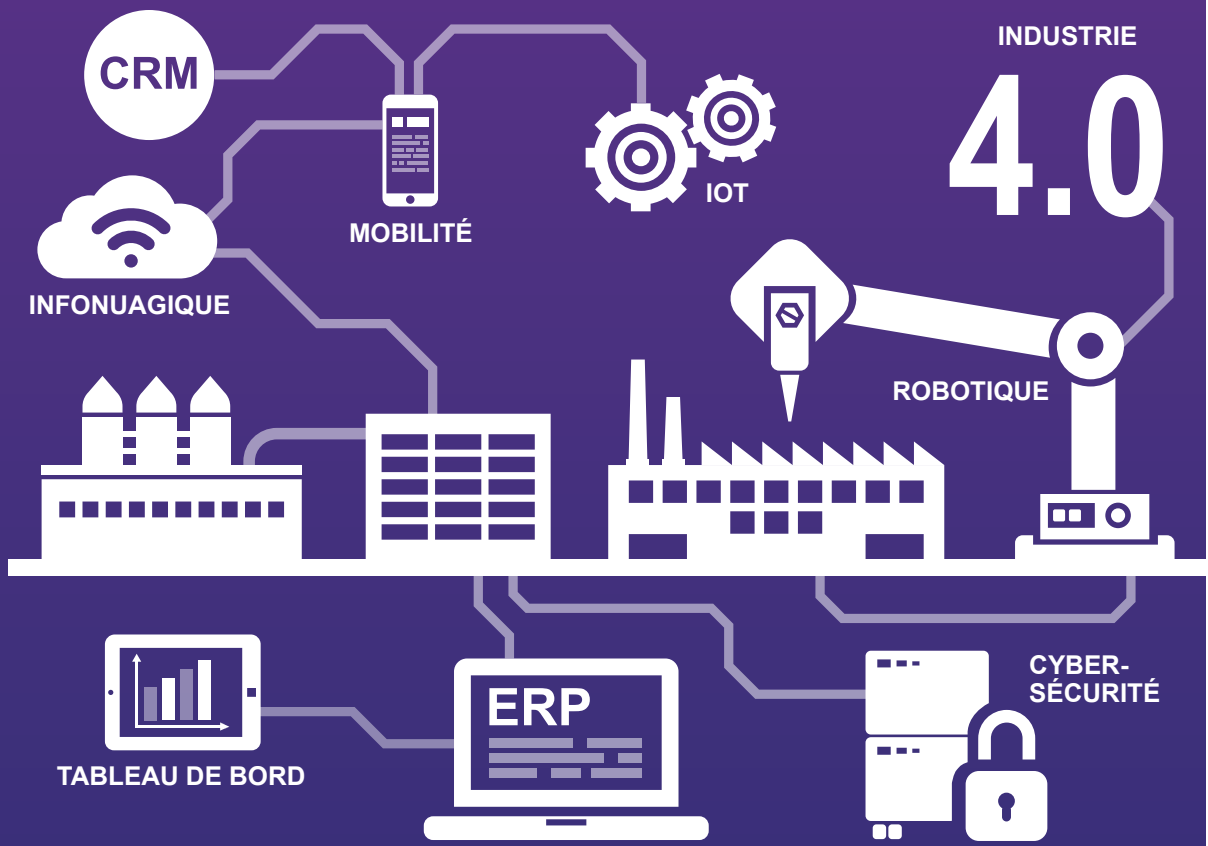
<b>1. INDUSTRIE 4.0 : ORIGINE ET DÉFINITION .....</b>	<b>1</b>
QUATRIÈME RÉVOLUTION INDUSTRIELLE .....	2
DÉFIS 4.0 .....	2
EFFET SUR L'ENTREPRISE .....	3
ENJEU : LES MODES DE GESTION .....	4
ENJEU : LA MAIN-D'ŒUVRE .....	4
ENJEU : LES MODÈLES D'AFFAIRES .....	5
MATURITÉ NUMÉRIQUE .....	6
QUAND DOIT-ON COMMENCER? .....	6
<b>2. AMÉLIORER SA MATURITÉ NUMÉRIQUE .....</b>	<b>7</b>
ÉVALUER LE NIVEAU DE MATURITÉ NUMÉRIQUE .....	8
CULTURE NUMÉRIQUE.....	10
DES DONNÉES AU SERVICE DE L'ORGANISATION.....	10
AUDIT DES TECHNOLOGIES .....	11
STRATÉGIE NUMÉRIQUE .....	12
UN PLAN NUMÉRIQUE .....	13
MÉTHODOLOGIE DE DÉPLOIEMENT .....	13
NE PAS OUBLIER L'HUMAIN .....	14

<b>3. PORTFOLIO DES TECHNOLOGIES NUMÉRIQUES .....</b>	<b>15</b>
CONCEPTION ET INGÉNIERIE .....	17
GESTION ET ADMINISTRATION .....	21
GESTION DE LA PRODUCTION .....	26
FABRICATION .....	29
SERVICES .....	32
<b>4. CONCLUSION .....</b>	<b>37</b>
CONSTATS CLÉS.....	37
RETOUR SUR LES DÉFIS 4.0.....	37
UNE OCCASION À SAISIR .....	38
APPEL À L'ACTION .....	38
BÉNÉFICES ATTENDUS .....	39

## **RÉFÉRENCES**

# LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

APS	Système avancé de planification et d'ordonnancement ( <i>advanced planning and scheduling</i> )	M2M	Machine à machine ( <i>machine-to-machine</i> )
B2B	Entreprise à entreprise ( <i>business-to-business</i> )	MES	Logiciel de pilotage de la fabrication ( <i>manufacturing execution system</i> )
B2C	Entreprise à client ( <i>business-to-consumer</i> )	MOCN	Machine-outil à commande numérique
BI	Intelligence d'affaires ( <i>business intelligence</i> )	PDM	Voir SGDT ( <i>product data management</i> )
CAO	Conception assistée par ordinateur	PLC	Automate programmable ( <i>programmable logic controller</i> )
CNC	Commande numérique par calculateur ( <i>computer numerical control</i> )	PLM	Voir SGDT ( <i>product lifecycle management</i> )
CRM	Gestion de la relation client ( <i>customer relationship management</i> )	RFID	Voir IDRF ( <i>radio frequency identification</i> )
ERP	Voir SIG ( <i>enterprise resource planning</i> )	RTLS	Système de localisation en temps réel ( <i>real time location system</i> )
FAO	Fabrication assistée par ordinateur	SGDT	Système de gestion de données techniques
FMS	Système de fabrication flexible ( <i>flexible manufacturing system</i> )	SIG	Système intégré de gestion
GED	Gestion électronique de documents	TIC	Technologies de l'information et de la communication
IDRF	Identification par radiofréquence	TRG	Taux de rendement global
IOT	Internet des objets ( <i>Internet of things</i> )	VPN	Réseau privé virtuel ( <i>virtual proprietary network</i> )
IP	Protocole Internet	WIP	Travaux en cours ( <i>work in progress</i> )
KPI	Indicateur de performance ( <i>key performance indicator</i> )	WMS	Système de gestion d'entrepôt ( <i>warehouse management system</i> )



# AVANT-PROPOS

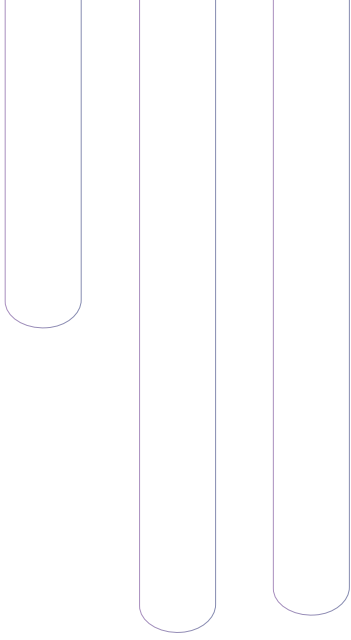
La transformation numérique des PME manufacturières constitue une véritable opportunité pour le développement du secteur manufacturier et la croissance économique du Québec. Cette transformation numérique, appelée aussi Industrie 4.0 ou quatrième révolution industrielle, bouleverse l'entreprise et apporte des changements radicaux non seulement aux systèmes et processus, mais également aux modes de gestion, aux modèles d'affaires et à la main-d'œuvre. Les effets de cette transformation seront à maîtriser à travers une vision globale, une stratégie numérique, une redéfinition des métiers, ainsi qu'une intégration et une utilisation optimale des outils numériques.

Cette transformation numérique se caractérise fondamentalement par l'automatisation et par une intégration de nouvelles technologies à la chaîne de valeur de l'entreprise. L'exploitation et la gestion massive des données, l'interconnexion des machines, la dématérialisation des canaux de communication et de distribution et la restructuration de l'entreprise pour une production flexible et personnalisée, constituent toutes des défis qui demandent à chaque usine d'agir rapidement pour se transformer en une usine connectée et intelligente.

Grâce à ce document qui expose clairement les enjeux, les défis et les dimensions liés à la transformation Industrie 4.0, la PME manufacturière sera sensibilisée aux effets de cette révolution industrielle et amenée à effectuer un premier pas vers l'Industrie 4.0 pour demeurer compétitive dans un environnement innovant.

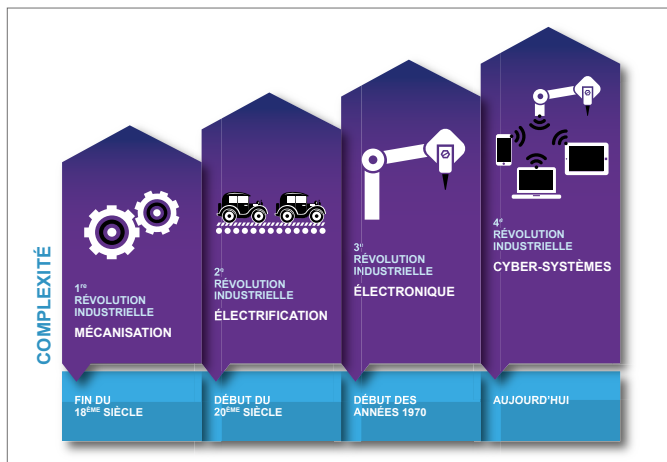
L'appropriation des nouvelles technologies, la maîtrise et le partage des données, la restructuration organisationnelle de l'entreprise et l'élaboration d'un plan numérique nécessiteront des expertises et des ressources actuellement peu présentes dans les PME. Il est cependant urgent d'agir et de saisir l'opportunité de prendre le virage Industrie 4.0.

C'est dans l'objectif d'informer et de sensibiliser les entrepreneurs au sujet de l'Industrie 4.0 et des gains associés à son appropriation que le MESI a réalisé la Feuille de route Industrie 4.0. Cette initiative s'inscrit dans le cadre du Plan d'action en économie numérique, lequel prévoit une campagne de sensibilisation au numérique comprenant plusieurs outils pour accélérer la transformation numérique des entreprises.



# 1. INDUSTRIE 4.0 : ORIGINE ET DÉFINITION

Le concept d'Industrie 4.0 tire ses origines d'une réflexion allemande achevée en 2011. Cette réflexion lancée par le gouvernement de l'Allemagne, puis menée par le monde universitaire de ce pays et les grands partenaires industriels, portait sur l'avenir du secteur manufacturier. L'objectif, pour le moins ambitieux, était de définir les paramètres pouvant positionner le secteur manufacturier allemand comme le plus performant en matière de productivité et de flexibilité. Les résultats de cette démarche ont conduit jusqu'au Québec à la naissance du concept d'Industrie 4.0.



## POURQUOI 4.0?

Le monde industriel a connu une première révolution qui a fait appel à l'énergie mécanique pour aider l'homme à transformer la matière. La deuxième révolution s'est caractérisée par l'utilisation de l'énergie électrique, avec l'avènement des chaînes de montage et des moteurs.

Dans les décennies 1950, 1960 et 1970 sont apparues les machines à commande numérique, les robots, les automates et la logique programmable : cette troisième

révolution a favorisé l'émergence d'une production de masse à des coûts moindres.

Depuis bientôt quarante ans, on a vu l'ordinateur envahir les technologies de production du secteur industriel : dessin, programmation de machines et de robots, perfectionnement des automates. Ceci a entraîné une évolution des stratégies de fabrication allant de la production de masse à l'agilité manufacturière, en passant par le *lean manufacturing*<sup>1</sup> et le juste-à-temps.

1 Définition : [www.institut-lean-france.fr](http://www.institut-lean-france.fr); [www.lean.org](http://www.lean.org).

Depuis son arrivée il y a plus de vingt ans, Internet a permis de partager de plus en plus d'informations entre les individus et les entreprises. Le protocole Internet (IP) permet même de désigner des adresses précises pour envoyer et recevoir de l'information, avec un émetteur et un récepteur qui peuvent être un ordinateur, une imprimante ou même, aujourd'hui, d'autres objets tels des unités de commande numérique ou des automates. Ces données forment de véritables mers d'informations qu'il faut apprendre à gérer.

Industrie 4.0, smart industry,  
smart manufacturing, usine du futur  
ou usine intelligente :  
cinq appellations, une même révolution.

## QUATRIÈME RÉVOLUTION INDUSTRIELLE

La connectivité des données et des objets est le facteur déterminant d'Industrie 4.0. Connectivité des logiciels, des équipements, des données, données massives à traiter, cybersécurité deviennent des éléments essentiels qui permettent de créer de l'intelligence dans un système manufacturier capable d'une plus grande adaptabilité dans la production et d'une allocation plus efficace des ressources.

Voilà qui définit la quatrième révolution industrielle. Les enjeux sont nombreux. Ils transformeront les pratiques de l'ensemble de la société, et particulièrement celles du secteur manufacturier associées aux modes de gestion, à la main-d'œuvre et aux modèles d'affaires.

Le fondement de la quatrième révolution  
industrielle : la connectivité des données  
et des objets entre eux.

## DÉFIS 4.0

La mise en place d'une stratégie numérique intégrée à la stratégie d'entreprise, et incluant l'acquisition de nouvelles technologies, représente certains défis. En voici les principaux :

- La connectivité des logiciels et des équipements, même des équipements en place.
- La standardisation de normes et de processus qui facilite le partage des données.
- La réingénierie des méthodes de travail et des procédés.
- La gestion de la cybersécurité, afin de protéger l'information sensible et le savoir-faire.
- L'accès aux spécialistes en technologies numériques.
- Le développement de nouvelles compétences.

## EFFET SUR L'ENTREPRISE

La démarche Industrie 4.0 nécessite des investissements dans des solutions logicielles, dans des équipements et dans la formation de la main-d'œuvre. La valeur ajoutée que créeront les données numériques amorcera des changements dans les comportements d'opération et de gestion.

Depuis plus de trente ans, l'acquisition de technologies numériques s'est généralement faite à la pièce, l'entreprise répondant à des besoins technologiques pour améliorer sa performance et sa productivité.

L'intégration des technologies de l'information et de l'automatisation est la base d'Industrie 4.0.

Dans des secteurs industriels comme l'aéronautique et l'automobile, l'introduction du dessin informatisé et de la programmation des machines à commande numérique a fait franchir des pas de géant à l'industrie en matière de traitement de l'information

technique. Ces technologies se sont démocratisées et ont pénétré d'autres secteurs industriels. Elles ont cependant évolué au rythme de l'avancement des techniques de programmation et de l'évolution des processus de conception. Elles sont maintenant accessibles à tous, même pour une utilisation personnelle.

De même, les systèmes intégrés de gestion ont allégé les processus, de l'entrée de la commande jusqu'à la livraison du produit. L'intégration des logiciels entre eux, appelée intégration horizontale, réduit encore les risques d'erreurs dans le traitement des données liées à la fabrication : instructions de travail, besoins en matières, étapes de fabrication.

L'infrastructure n'est pas une fin en soi. Il s'agit d'un moyen au service des gens et des processus. Ce sont eux qui lui donnent une véritable valeur.

Les équipements de production automatisés (automates, machines à commande numérique, robots) sont présents depuis plusieurs années. Ce qui est nouveau, c'est la possibilité de relier ces équipements au réseau d'entreprises, de faciliter le transfert de programmes, mais aussi de

permettre la communication entre ces équipements. C'est ce que l'on appelle l'intégration verticale.

L'intégration horizontale et l'intégration verticale nous amènent à une plus grande connectivité et à un partage des données numériques dans un système de fabrication. L'intégration des technologies de l'information et de l'automatisation est la base d'Industrie 4.0.

## ENJEU : LES MODES DE GESTION

La nouvelle génération de travailleurs (cadres ou opérateurs) arrive sur le marché du travail avec une culture numérique. Téléphones intelligents et tablettes font partie du quotidien, et ces appareils deviendront bientôt des outils de travail dans un environnement manufacturier. La plupart des travailleurs sont en effet habitués à accéder à des informations nombreuses et variées et à partager de l'information personnelle et professionnelle sur les réseaux.

Le concept d'Industrie 4.0 vise la fin de l'utilisation des technologies numériques en silo.

Or, la direction de l'entreprise se doit de partager l'information relative à la production et de rendre les membres de tous les niveaux de l'organisation responsables de la productivité et de la qualité des produits fabriqués. Le partage des indicateurs de performance est l'un des éléments fondamentaux permettant à l'entreprise apprenante d'avancer.

La culture d'entreprise doit passer de hiérarchique à responsabilisante et tendre vers une culture d'apprentissage.

Beaucoup d'entreprises ont une culture organisationnelle hiérarchique où l'équipe de direction dicte ce qui doit être fait alors que le personnel exécute les directives. La mise en place de définitions claires des rôles et responsabilités, en plus de l'offre des bons outils de gestion, permet à une entreprise de se diriger vers une culture responsabilisante.

Avec Industrie 4.0, l'entreprise pourra entrevoir la possibilité de se diriger vers une culture d'apprentissage où l'opérateur aura accès en temps réel à l'information pour connaître son niveau de performance ou l'état de son poste de travail et contribuer au contrôle du procédé et du processus liés à sa tâche.

## ENJEU : LA MAIN-D'ŒUVRE

La technologie et l'organisation permettent de dégager l'opérateur des tâches pénibles, répétitives pour qu'il se concentre sur les tâches à forte valeur ajoutée. La migration vers une entreprise numérique aura des conséquences en ce qui concerne les compétences requises pour occuper un poste.

La numérisation de l'entreprise imposera la mise en place de programmes de formation, pour actualiser les compétences du personnel en fonction des nouveaux besoins. Aux compétences de métiers devront s'ajouter des compétences numériques.

### **Ajout de compétences numériques**

L'introduction de technologies telles que la robotisation des opérations de soudage, par exemple, entraînera de facto un ajout aux compétences requises pour travailler dans le service de soudage. Il sera toujours plus facile d'enseigner l'opération d'un robot à un soudeur que d'enseigner à un programmeur l'art de la soudure. Une personne bien au fait des paramètres de l'art de la soudure devra contrôler, ajuster et optimiser les opérations d'assemblage effectuées par des robots soudeurs.

## **ENJEU : LES MODÈLES D'AFFAIRES**

La transformation numérique des entreprises apporte des changements radicaux tout au long de la chaîne de valeur. Une stratégie de production qui repose sur les technologies numériques engendre une diminution du temps de réponse au client, et entraîne ainsi une amélioration du taux de service.

Au-delà de l'application des technologies numériques sur les processus de production, il faut tenir compte des possibles répercussions sur le modèle d'affaires. La commercialisation et la distribution des produits connaissent des changements significatifs. Certaines entreprises manufacturières tendent maintenant vers un modèle d'affaires axé sur les services.

L'exemple du projet pilote de Michelin en Europe, avec sa division Pneus pour camions, illustre bien cela. La compagnie veut facturer le kilométrage utilisé plutôt que de vendre des pneus. Elle essaie donc de fabriquer le meilleur pneu pour fidéliser sa clientèle et s'assurer de revenus récurrents. Ce nouveau modèle d'affaires aura un effet sur la stratégie de production, la stratégie de mise en marché et le processus de facturation client.

### **Un nouveau modèle d'affaires**

Industrie 4.0 donne la possibilité de transformer un ensemble de produits en une plateforme de services (par exemple : vendre des services d'impression au lieu de vendre des imprimantes).

## MATURITÉ NUMÉRIQUE

La notion de maturité numérique est associée à plusieurs facteurs. Le premier concerne la technologie elle-même. Les développeurs de logiciels ont produit des solutions qui n'ont pas toutes les mêmes caractéristiques. Certaines fournissent des fonctionnalités plus évoluées, par exemple relatives à un processus d'affaires plus complexe. La maturité numérique est aussi liée à la mise à jour des solutions. Les fournisseurs offrent des solutions ayant des degrés différents de maturité.

La technologie, le niveau de maîtrise et le degré de partage de l'information sont les éléments qui caractérisent le niveau de maturité numérique.

L'aspect connectivité et partage des données est aussi un élément qui viendra s'ajouter à la maturité numérique. Les versions plus récentes des solutions offrent généralement des caractéristiques plus évoluées.

Dernier élément : la maîtrise de l'outil. L'utilisateur maîtrise-t-il assez le logiciel pour produire les informations nécessaires à l'ensemble des processus qui se serviront de ces données numériques, et ceci pour tous les logiciels interconnectés de l'entreprise?

Par exemple, le dessin peut être utilisé dans des versions de base ou dans un cadre de conception 3D paramétrique, ou encore dans une version utilisant des données techniques qui pourront être partagées. En plus, il est possible de se servir de l'expérience des dessins antérieurs pour accélérer le processus de conception et l'acquisition de connaissances des utilisateurs.

## QUAND DOIT-ON COMMENCER?

À la lumière de ce qui précède, on comprend que la route semblera longue à certains pour atteindre le concept d'usine intelligente. Est-ce réalisable avec les ressources dont on dispose, c'est-à-dire les ressources humaines, technologiques et financières?

### **Avant de penser révolution, penser évolution, pour demeurer compétitif**

Il faut évaluer les technologies présentes dans l'environnement de l'entreprise et déterminer les étapes à franchir. En d'autres mots, il est crucial de démarrer maintenant, quels que soient l'envergure des actifs numériques, le niveau de maîtrise des outils, le degré de maturité de chacune des technologies et, globalement, la maturité numérique de l'organisation.

## 2. AMÉLIORER SA MATURITÉ NUMÉRIQUE



La compétitivité d'une entreprise est tributaire de son engagement dans un processus d'amélioration continue touchant tous les aspects de son organisation. Les technologies numériques jouent un rôle déterminant dans la mise en place des conditions gagnantes de cette compétitivité. Pourriez-vous imaginer recevoir encore toutes vos commandes clients par téléphone, ou encore utiliser une bonne vieille carte routière pour trouver votre chemin? Les technologies numériques font maintenant partie du

quotidien d'une entreprise. Il faut donc vous assurer de disposer des technologies adéquates et d'en faire bon usage.

Les technologies numériques jouent un rôle déterminant dans l'augmentation de la productivité du secteur manufacturier.

La pérennité d'une organisation passe en grande partie par sa faculté d'optimiser ses ressources. Cette optimisation, à son tour, passe inévitablement par un virage numérique, qui doit être planifié et adapté à la mission de l'organisation. En tant que

gestionnaire, vous avez accès à une grande quantité d'informations. Lesquelles sont importantes pour la prise de décision? Où se trouvent-elles? Peut-on y avoir accès rapidement? Sans le recours aux technologies numériques, vous serez condamné à une partie perdue d'avance.

De nos jours, les entreprises peuvent acquérir les mêmes équipements et technologies. L'élément différenciateur est la capacité d'une entreprise à maîtriser et à intégrer ces technologies dans un portefeuille cohérent et performant. C'est ainsi qu'une entreprise peut devenir plus agile, prendre des décisions plus rapidement et se positionner favorablement par rapport à une autre.

# ÉVALUER LE NIVEAU DE MATURITÉ NUMÉRIQUE

Pour être en mesure d'élaborer un plan d'action numérique, il est important de faire le constat de la situation actuelle. Pour établir ce point de départ, il faut énumérer, dans un premier temps, les processus d'affaires de l'entreprise ainsi que les technologies numériques utilisées.

## LES TECHNOLOGIES

Les technologies numériques viennent en appui à un processus d'affaires pour permettre d'en accélérer le temps de traitement, d'en assurer la qualité, et de l'automatiser partiellement ou entièrement. Il faut préalablement que le processus touché soit déjà efficace; il n'y a aucune raison d'informatiser le chaos.

Une évaluation des technologies en place est nécessaire pour s'assurer que l'entreprise dispose de la bonne technologie en fonction de ses besoins actuels et futurs. Par exemple, est-ce que votre système intégré de gestion permet à votre client de passer directement ses commandes? Est-ce que votre centre d'usinage à commande numérique est en mesure de combler tous vos besoins d'usinage?

## MAÎTRISE DES TECHNOLOGIES

Bien que votre entreprise utilise des technologies numériques dans son quotidien, il n'est pas garanti qu'elle en retire les bénéfices escomptés. Une analyse des méthodes d'utilisation des technologies numériques est nécessaire pour s'assurer qu'elles sont exploitées à leur plein potentiel.

### Exemples

#### **L'utilisation d'un progiciel de conception assistée par ordinateur**

L'acquisition de ce type de technologie vise au départ à diminuer le temps de conception de nouveaux produits par rapport à la méthode « crayon, règle et papier ». Or, dans beaucoup d'entreprises, les concepteurs utilisent le progiciel ayant les fonctions de base, laissant de côté les fonctionnalités avancées qui pourraient automatiser certaines étapes de conception ou encore générer automatiquement de l'information additionnelle telle que la liste des pièces, matériaux et quantités requises par le nouveau produit.

### **Définition des rôles et responsabilités**

L'entreprise qui utilise un centre d'usinage à commande numérique et en réalise la programmation n'a pas une approche efficace. Cette façon de faire réduit considérablement la productivité de l'équipement, puisque pendant que l'opérateur le programme, il ne produit pas. Sa programmation devrait plutôt se faire sur un poste de travail distinct, en amont de la production, et le programme ainsi généré devrait être acheminé par le réseau informatique. De cette manière, l'équipement aurait une disponibilité accrue pour la production.

## **INTÉGRATION DES TECHNOLOGIES**

Les technologies numériques d'une entreprise ont souvent été acquises en fonction de besoins précis, sans considération de leur capacité à s'intégrer aux technologies déjà en place.

Les besoins sont souvent dictés par les demandeurs et futurs utilisateurs qui dressent la liste des caractéristiques nécessaires à leurs besoins sans nécessairement considérer la possibilité d'intégration de ces technologies. Cette prise en compte est pourtant importante pour atteindre un haut niveau d'efficacité. Revenons à notre exemple d'acquisition d'un progiciel de conception.

Un progiciel de conception peut très bien fonctionner de façon autonome. Les bénéfices que vous pourrez en retirer ne seront jamais aussi élevés que s'il s'intègre avec les autres technologies de l'entreprise. Dans ce cas précis, une synchronisation bidirectionnelle avec le système intégré de gestion (ERP) permettrait de lier les pièces à des articles du fichier « stock » du système intégré de gestion, pour en extraire les caractéristiques qui s'afficheraient dans les dessins sans que le dessinateur ait besoin d'écrire quoi que ce soit.

Ce partage numérique d'informations entre les départements ou directions est essentiel. Il désenclave les informations et les rend disponibles à ceux et celles qui en ont besoin.

## CULTURE NUMÉRIQUE

L'évolution des technologies numériques améliore certes les outils de gestion et de fabrication d'une entreprise, mais elle impose de faire évoluer l'organisation vers une culture numérique. L'époque où chacun arrivait à une réunion avec ses rapports de gestion en papier est révolue.

Ces opportunités numériques permettent d'envisager de nouvelles possibilités et peuvent mener jusqu'à la révision du modèle d'affaires.

À l'ère numérique, il faut revoir notre relation avec l'information. Puisque cette dernière est saisie en temps réel, avec beaucoup plus de précision et en plus grande quantité, nous n'avons plus le temps d'analyser la panoplie de rapports produits pour nous faire une idée de l'état d'une situation.

C'est l'ère des indicateurs de performance et des tableaux de bord, une ère où l'énergie des gestionnaires est consacrée à l'action plutôt qu'à l'analyse de multiples rapports.

## DES DONNÉES AU SERVICE DE L'ORGANISATION

Ce besoin de changement se traduit dans la façon de gérer l'information. Les données doivent être accessibles à toute personne pour qui elles représentent une valeur ajoutée à son travail. Elles sont la propriété de l'entreprise et non de l'individu responsable de celles-ci. Cette approche fait ressortir le besoin de dépersonnalisation des données. Elle doit également permettre de clarifier les rôles et responsabilités de chacun à ce propos.

Ce changement à la culture organisationnelle doit aller plus loin que ce qui se fait maintenant. Il faut encourager le personnel à se questionner sur le type d'information nécessaire à la prise de décision. Un acheteur aimerait probablement obtenir un meilleur accès aux prévisions de ventes des prochains mois. Un directeur marketing pourrait préférer des données sur les habitudes de consommation de sa clientèle cible. Un responsable de la maintenance pourrait vouloir mesurer à l'aide de capteurs les fonctions vitales d'un équipement pour aider à prévenir les défaillances. Il faut ainsi encourager le personnel à ne pas se contenter du statu quo et à repousser les limites pour améliorer encore la gestion des opérations.

La numérisation de l'ensemble des informations d'une organisation, dont les données se rapportant à son savoir-faire, est essentielle à sa pérennité. Ces données appartiennent à l'entreprise et elles doivent être intégrées dans son système d'information.

Les données d'entreprise sont l'un des éléments d'information à gérer dans une organisation. Les connaissances, l'expérience et l'expertise sont également de tels éléments. Ces données sont habituellement dans la tête des employés et sont partagées au besoin lors de la formation de nouvelles ressources. Mais cette approche a fait son temps, car la fidélité à l'employeur n'est plus éternelle. La rotation de personnel fait qu'à chaque départ, une partie des connaissances de l'entreprise la quitte également. Il existe plusieurs solutions pour remédier à cette situation.

La connaissance des produits est l'un des éléments de base d'une organisation. Combien cela coûte-t-il de former un nouvel estimateur qui sera en mesure d'estimer avec assez de précision pour ne pas mettre en péril la rentabilité? Dans plusieurs cas de ce genre, le configurateur de produit est un outil qui pourrait être utilisé pour gérer la majorité des règles de configuration ou de fabrication d'un produit. Ce configurateur permet de gérer les principaux paramètres et options, ou les groupes d'options, pour qu'un simple utilisateur soit en mesure de réaliser une soumission précise et sans erreur. Dans certains cas, il serait même envisageable de permettre à vos clients d'utiliser ce configurateur pour qu'ils génèrent eux-mêmes leurs soumissions, tout en vous tenant informé de leurs demandes.

## AUDIT DES TECHNOLOGIES

L'auto-évaluation du niveau de maturité numérique est un exercice difficile à quantifier sans un modèle d'évaluation et sans une compétence dans une grande variété de domaines d'expertise. Par contre, en suivant les étapes mentionnées plus haut, vous serez en mesure d'évaluer la pertinence des technologies en place, ainsi que leur degré d'utilisation et de maîtrise. Cette évaluation servira dans l'élaboration d'une stratégie numérique adaptée à la réalité de l'entreprise.

Cette évaluation servira dans l'élaboration d'une stratégie numérique adaptée à la réalité de l'entreprise.

Présenté sous la forme d'un rapport écrit, l'audit livre un diagnostic sur l'utilisation des différents outils (logiciels et équipements) de l'entreprise. Il fait l'inventaire des outils, évalue leur degré d'actualité et de maturité et détermine le degré de

maîtrise des utilisateurs. L'audit livre également des pistes d'amélioration pour l'acquisition de technologies et établit les besoins de formation, de connectivité et d'optimisation se rapportant à la vision numérique, le modèle d'affaires et les processus de l'entreprise.

L'audit sert de fondement à l'élaboration d'une stratégie numérique. Il fixe le point de départ, pour ensuite dresser la feuille de route à suivre.

Il prend en compte les technologies utilisées par les processus d'affaires, soit les activités relatives à la conception, la gestion de la production, les opérations de production, les services et les connaissances numériques. Il mesure les méthodes d'utilisation et le degré de maîtrise de ces technologies.

## Calculer le niveau de maturité numérique

Pouvez-vous dire de votre entreprise qu'elle est intelligente? Quel est son niveau de maturité numérique? Pour répondre à cette dernière question, il faut mesurer ce niveau. Le niveau de maturité numérique est le résultat d'un audit qui entend fournir un indicateur quantitatif lié à la présence d'outils numériques logiciels et d'équipements, à leur maîtrise et à leur intégration.

Niveau de maturité numérique = somme (technologies x maîtrise x intégration).

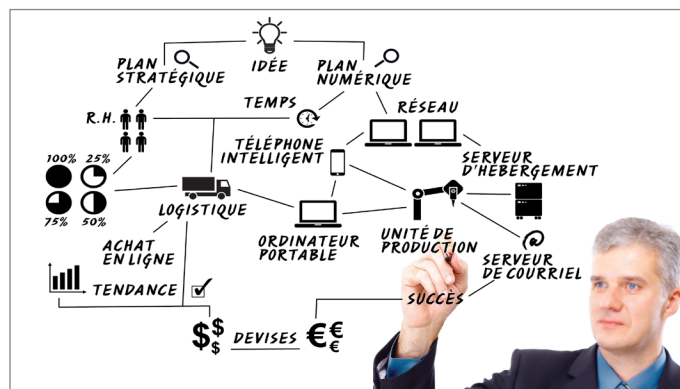
Le niveau de maturité numérique est empirique; aucune théorie complète ne le sous-tend.

Le résultat fournit un indice sur la maturité numérique de l'entreprise.

## STRATÉGIE NUMÉRIQUE

L'émergence des objets connectés et la multiplication des progiciels de gestion et de coordination font ressortir le besoin de se doter d'un plan d'action global.

Ce plan (ou cette stratégie) numérique joue un rôle vital pour assurer la compétitivité, la rentabilité et la prospérité de l'entreprise. Il doit être enchâssé dans la planification stratégique de l'organisation. Il a pour objectifs d'optimiser les outils actuels, de dresser le plan d'acquisition des technologies futures et d'en assurer la cohésion et l'intégration, tout cela en tenant compte du modèle d'affaires.



### Exemple

#### Une entreprise avant-gardiste

Une entreprise du secteur du vêtement pour homme a fait un choix technologique qui lui a permis de se démarquer de ses concurrents. Elle a décidé d'ajouter à son offre un service en gestion de la chaîne logistique. Ce qu'elle propose : fournir un service de réapprovisionnement automatique à sa clientèle directement aux points de vente. Cette entreprise n'offre plus un produit, elle offre une expérience client innovante. Ce positionnement avant-gardiste lui procure un avantage concurrentiel significatif.

## UN PLAN NUMÉRIQUE

Les pistes d'amélioration de l'audit permettent de rédiger un plan numérique qui correspond au modèle d'affaires que l'entreprise veut mettre en place. C'est un outil stratégique qui procure une vue d'ensemble et un échéancier quant aux actions à planifier pour prendre le virage Industrie 4.0.

Le plan sera à l'image du niveau de maturité numérique ainsi qu'à celle de l'équipe de direction et reflétera l'orientation que celle-ci désire donner à l'entreprise. Cette stratégie pourra être traditionnelle, émergente ou avant-gardiste.

### Quel type de stratégie numérique êtes-vous?

- |                        |   |
|------------------------|---|
| <b>Traditionnel?</b>   | Vous adoptez des technologies éprouvées depuis plusieurs années.  |
| <b>Émergent?</b>       | Vous adoptez les dernières technologies pour vous distancer de vos concurrents.   |
| <b>Avant-gardiste?</b> | Les technologies utilisées par les autres ne suffisent plus. Vous voulez redéfinir les standards et repenser l'expérience client. |

## MÉTHODOLOGIE DE DÉPLOIEMENT

Pour bien implanter une nouvelle technologie, il faut s'assurer de répondre à plusieurs impératifs. Si l'évaluation des solutions technologiques offertes a été bien réalisée et que l'analyse des capacités d'intégration aux autres technologies a été effectuée, le déploiement en sera facilité.

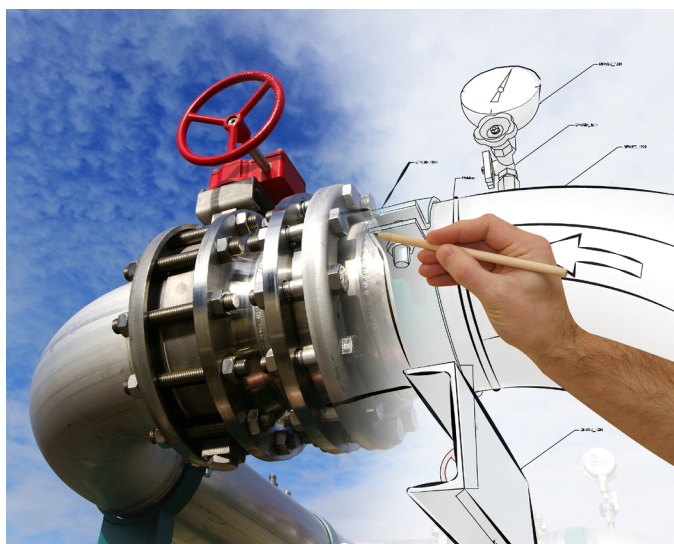
Implanter un nouvel équipement ou un nouveau logiciel nécessite une planification rigoureuse pour faire de ce projet un succès. Dans un premier temps, il est important de faire ressortir les objectifs du projet d'acquisition de la nouvelle technologie, car ils serviront de ligne directrice pour guider les responsables durant l'implantation. Il est également important de faire ressortir les contraintes pouvant influencer l'atteinte des objectifs. Avez-vous une contrainte de disponibilité cyclique? Existe-t-il de la réticence aux changements parmi les membres du personnel touchés par ces changements? L'équipe du fournisseur dispose-t-elle de l'expertise requise pour vous aider à maîtriser la nouvelle technologie? Vos employés ont-ils les aptitudes et connaissances nécessaires pour l'utiliser? Répondre à ces questions permettra d'évaluer les chances de succès du projet.

## **NE PAS OUBLIER L'HUMAIN**

Mettre en place une nouvelle technologie ne consiste pas qu'à installer l'équipement ou l'application et à les mettre en marche. Le changement est souvent angoissant. Une bonne communication avec les employés touchés par celui-ci est primordiale. Il faut aussi s'assurer que l'équipe chargée de son implantation comprend les attentes et est en mesure d'instaurer un protocole pour paramétrer la technologie et l'expérimenter dans un environnement de tests. Une fois que ces tests seront concluants, et seulement à ce moment, vous devriez passer à la formation des futurs utilisateurs et à la mise en route.

L'implantation d'une nouvelle technologie demande souvent des investissements considérables. Il est donc fondamental de donner une très grande importance à son implantation et de s'assurer que le personnel devant l'utiliser saura la maîtriser et l'exploiter à son plein potentiel, assurant ainsi la rentabilité de l'investissement.

# 3. PORTFOLIO DES TECHNOLOGIES NUMÉRIQUES



Les technologies numériques représentent aujourd'hui un large éventail de logiciels et d'équipements qui, connectés, peuvent conduire à Industrie 4.0. Il n'y a pas d'autoroute pour atteindre cet objectif, mais un réseau de routes secondaires y mènent.

L'acquisition de technologies numériques est un processus continu qui peut avoir débuté il y a quelques années. On décrit ci-dessous les technologies numériques permettant d'atteindre Industrie 4.0. Cette description prend en compte une progression réalisable par la plupart des entreprises, qu'elles soient petites, moyennes ou grandes.

Les technologies numériques couvrent une vaste étendue de fonctions dans l'entreprise. Elles peuvent se regrouper selon leurs secteurs d'utilisation.

Tout produit doit, pour voir le jour, passer par une étape de conception et d'ingénierie. Elle permet de définir les spécifications techniques, ainsi que la recette qui décrit comment le produit sera fabriqué. Plusieurs technologies viennent en aide à cette étape. Mentionnons, entre autres, les logiciels de dessin, qui rendent possible la conception en deux ou trois dimensions, et aujourd'hui les logiciels de modélisation et de simulation. Citons également les logiciels de fabrication assistée par ordinateur, qui créent les programmes nécessaires au bon fonctionnement des équipements à commande numérique.

La gestion et l'administration d'une entreprise reposent également sur plusieurs technologies numériques. Plusieurs entreprises disposent d'un système intégré de gestion, agrémenté ou non de solutions satellites (idéalement intégrées) pour répondre à des besoins particuliers comme la gestion de la relation client ou encore le commerce électronique. Le stockage peut, quant à lui, faire usage d'un logiciel de gestion de l'entrepôt et d'outils de logistique qui permettent d'optimiser les processus de distribution et de livraison client. Les entreprises ne disposant pas de système intégré de gestion auront minimalement un logiciel comptable et une application pour traiter la paie.

La gestion d'une entreprise manufacturière couvre plusieurs domaines : ventes et marketing, finances, approvisionnement, etc. La gestion manufacturière ressort de ce lot, car elle revêt habituellement une importance capitale pour la saine gestion de ce type d'entreprise. Plusieurs technologies numériques viennent en aide à ce secteur pour permettre au personnel de disposer en temps réel de l'information nécessaire à la prise de décision. Le suivi des activités nécessite l'utilisation des technologies de code à barres, des solutions logicielles utilisant des écrans tactiles ou des technologies d'identification par radiofréquence (RFID). De façon plus intégrée, l'utilisation d'un logiciel de pilotage de la fabrication (MES, *manufacturing execution system*) permet d'alimenter en temps réel les indicateurs de performance (KPI, *key performance indicator*) d'un équipement critique ou du système de fabrication, indicateurs incluant la mesure du taux de rendement global (TRG).

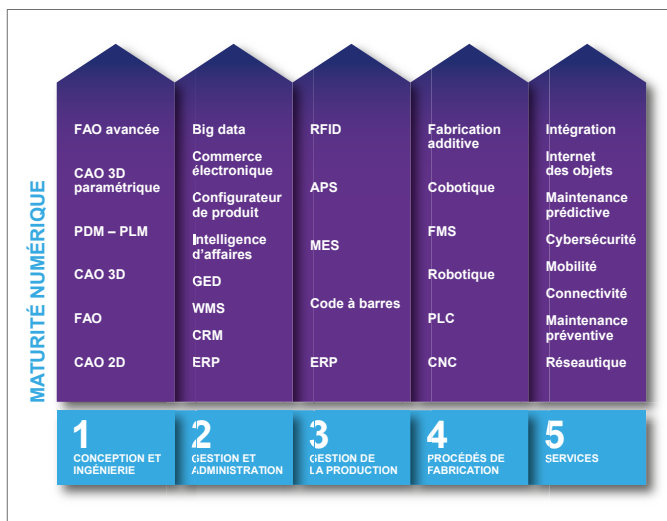
La fabrication utilise de plus en plus d'équipements à commande numérique. De la découpe de la matière à sa transformation, les machines à commande numérique (et maintenant les robots) exécutent ces tâches. On parle aussi de cellules de fabrication flexible. Ces équipements sont soutenus par des logiciels de programmation qui facilitent la mise en course et le fonctionnement. Le contrôle qualité peut également se faire par des équipements de vision artificielle ou des équipements numériques de mesure dimensionnelle.

Toutes ces technologies nécessitent au moins l'utilisation d'un réseau informatique d'entreprise qui achemine l'information d'une technologie à l'autre. Cette infrastructure est plutôt considérée comme un service et intègre plus souvent des technologies de soutien. Leur fonction est d'assurer, de façon fiable et performante, la connectivité entre les différentes technologies.



Il n'y a pas de route unique pour l'acquisition et l'utilisation de ces technologies. L'environnement manufacturier est un facteur déterminant. La progression numérique est liée à la disponibilité des ressources financières, humaines et matérielles, à la stratégie, au rythme de croissance et à la maturité de l'entreprise.

Le tableau suivant présente les principales technologies numériques à considérer pour se diriger vers une entreprise manufacturière intelligente.



Ce tableau montre les principales technologies disponibles ou émergentes, mais pas toutes les technologies disponibles. Il présente les technologies en fonction d'un axe de maturité. Les technologies ayant une haute maturité sont principalement associées à Industrie 4.0.

Pour mieux saisir l'importance de chaque technologie dans l'univers d'Industrie 4.0, l'on trouvera ci-dessous une description plus exhaustive de ces technologies et des occasions de connectivité conduisant au partage de l'information et à l'augmentation de la valeur ajoutée de celle-ci, deux façons de créer de l'intelligence dans le système de fabrication.

## CONCEPTION ET INGÉNIERIE

La conception de produit a été grandement touchée par la venue des technologies numériques de conception. Les logiciels de conception assistée par ordinateur (CAO) ont bouleversé le cycle de développement et de révision de produits, en diminuant le temps associé à la conception.

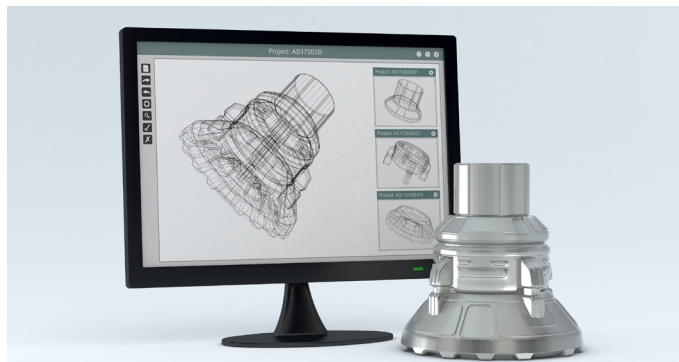
### CAO 2D

Les premières versions des logiciels de conception ont permis de concevoir des produits en deux dimensions (CAO 2D). Le dessin manuel a dans certains cas un avantage de rapidité, plus précisément dans le cas de dessins brouillons. La version électronique offre par contre beaucoup plus de flexibilité pour modifier une conception, ou encore pour développer un nouveau produit en se basant sur un produit existant. Les logiciels excellent ainsi pour créer des variantes de produits existants. Cette technologie permet de diminuer le temps nécessaire à la conception de produits.

## PROGRAMMATION DES MACHINES (FAO)

Le logiciel se chargeant de la programmation des machines se nomme logiciel de fabrication assistée par ordinateur (FAO). Il en existe plusieurs variantes, en fonction du type d'équipement et de sa fonction (coupe, usinage, etc.). Ce type de logiciel existe en version générique pour être utilisé avec des équipements provenant de fabricants différents, ou en version propriétaire qui est développée par des fabricants de machines. Il faut porter une attention particulière à la polyvalence des logiciels génériques, afin de s'assurer qu'ils ont les fonctions nécessaires pour répondre aux besoins du parc de machines de l'entreprise.

Les données géométriques produites par le logiciel de conception sont importées ou partagées dans le logiciel de FAO pour créer le parcours d'outils qui inclut les déplacements en coordonnées cartésiennes selon les choix d'outils et qui comprend aussi les vitesses et les stratégies et méthodes d'usinage à mettre en œuvre. Ce travail de programmation fait en amont de la fabrication permet de libérer du temps précieux de production.



## CAO 3D

L'évolution des logiciels de conception assistée par ordinateur a permis d'ajouter une troisième dimension à la conception. Fini la conception faite en dessinant des lignes; il faut maintenant concevoir le produit comme s'il était réel. Les logiciels de conception adaptés à cette réalité sont appelés des modeleurs solides.

La conception de produits en trois dimensions permet, tout comme celle à deux dimensions, d'imprimer les dessins habituels. Elle offre en plus la capacité de visualiser les produits sous tous leurs angles. On peut ainsi faire tourner le produit dans un environnement virtuel, puis le couper à l'endroit choisi, pour faire ressortir les différents aspects de sa conception. Le produit créé en trois dimensions peut se décomposer en pièces. Ces pièces peuvent être caractérisées pour gérer, entre autres, le type de matière entrant dans leur composition. Il sera ainsi facile de faire ressortir la nomenclature des pièces et matières premières composant le nouveau produit créé.

Les logiciels de conception permettent d'automatiser certaines fonctions répétitives, accélérant ainsi le travail des concepteurs. Plusieurs de ces logiciels permettent également le paramétrage.

Cette approche de conception offre l'avantage de gérer beaucoup plus d'informations que sa contrepartie 2D. Chaque composant du produit fini ou d'un sous-assemblage peut être caractérisé pour en définir les dimensions, en faire la description, indiquer le numéro de pièce et, si nécessaire, définir la matière qui entre dans sa composition. La conception peut alors se faire en lien direct avec le système intégré de gestion de l'entreprise pour que le concepteur puisse piger, de façon volontaire ou imposée, dans la liste des matières premières actives de l'entreprise. Cela réduit les erreurs de saisie des données et accélère la conception, car toutes les caractéristiques de la matière utilisée peuvent alors être des attributs de la pièce. Une fois la conception finalisée, toute l'information ainsi générée pourra être retransmise au système intégré de gestion, réduisant les retards dans la communication entre services tout en assurant une information de grande qualité.

## **SYSTÈME DE GESTION DE DONNÉES TECHNIQUES (PDM ET PLM)**

Un système de gestion de données techniques est un outil servant à la gestion de données liées à un projet de conception. L'utilisation de ce type d'outil favorise le travail collaboratif et améliore la sécurité des données qui font partie d'une base de données stockée dans une chambre forte.



Le système de gestion de données techniques (SGDT) est conçu pour répondre à ce besoin. Ce type de logiciel est aussi connu sous les acronymes anglais de PDM (product data management) et de PLM (product lifecycle management).

Le PLM se différencie du PDM en prenant en charge tout l'aspect gestion du cycle de vie du produit. Cette caractéristique du PLM permet aux entreprises de suivre le cycle de vie d'un produit, de sa création en recherche et développement jusqu'à sa

fin de vie, tout en suivant ses évolutions au fil du temps. Le PLM est principalement utilisé par des entreprises des secteurs de l'automobile et de l'aéronautique, en raison des besoins de traçabilité, mais n'est pas exclusif à ces secteurs.

L'évolution des technologies a permis d'accélérer grandement le cycle de conception et d'ingénierie de produits. L'évolution de la connectivité permet maintenant à toutes ces technologies de s'intégrer dans un tout cohérent et performant. Elle permet également de dépasser les limites des services et de communiquer avec les autres technologies de l'entreprise pour échanger des informations vitales à la bonne marche des opérations.

## CAO 3D PARAMÉTRIQUE

Plusieurs entreprises offrent des produits ayant une série d'options prédéfinies qui encadrent les possibilités de personnalisation. Cette approche que l'on appelle personnalisation de masse (mass customization) est habituellement caractérisée par de longs délais de traitement. Le service d'ingénierie doit personnaliser chaque produit en fonction des choix du client, pour être en mesure de générer les dessins et de préparer l'ingénierie de fabrication.

Ce processus est géré par les logiciels de conception qui permettent de cibler les éléments qui favoriseront la personnalisation du produit et l'automatisation des ajustements nécessaires à l'ingénierie en fonction des choix du client.

Il est ainsi possible de faire du « sur mesure » encadré, où les changements que l'on peut apporter à un produit sont structurés selon des paramètres ou des critères prédéfinis. Cette approche de conception permet d'offrir un produit sur mesure et de réaliser les dessins presque instantanément.



### **Paramétrage**

La conception paramétrique est très répandue dans le domaine des portes et fenêtres. Les données dimensionnelles et les options retenues permettent non seulement de générer des dessins à l'échelle du produit demandé, mais également de préparer automatiquement l'ordre de fabrication. Cette approche réduit considérablement le temps de traitement, permettant à certaines entreprises de lancer la production sans aucune intervention humaine.

Pour des produits paramétrables, il est possible d'éliminer l'intervention humaine dans la personnalisation des dessins d'atelier et la programmation des machines-outils.

## FAO AVANCÉE

Les logiciels de FAO sont en principe incontournables pour les entreprises qui utilisent des équipements à commande numérique. Cependant, si l'on utilise la conception paramétrique, il est possible de générer le programme de façon automatique à partir des données de la prise de commande du système intégré de gestion ERP. Cette méthode élimine

jusqu'à 90 % du temps de programmation, assure une intégrité des programmes ainsi générés, et apporte de ce fait un avantage concurrentiel en matière de délais de livraison. Pour des produits paramétrables, il est possible d'éliminer entièrement l'intervention humaine dans la programmation des machines.

## GESTION ET ADMINISTRATION

Plusieurs entreprises utilisent pour leur gestion un système hybride, non intégré, composé d'un logiciel comptable et de nombreux chiffriers électroniques Excel, développés par et pour les employés. Cette approche répond aux besoins de gestion, mais n'est pas adaptée aux besoins d'information en temps réel, ce qui occasionne des coûts d'inefficacité organisationnelle. Ceci peut faire courir des risques à l'entreprise en raison d'un niveau de service inadéquat, par des coûts de produits trop élevés ou par la prise de décisions stratégiques basées sur de l'information sommaire ou erronée

## SYSTÈME INTÉGRÉ DE GESTION (ERP)

L'adoption des technologies numériques est un élément essentiel pour faire face à la concurrence mondiale. L'acquisition d'un système intégré de gestion (SIG, ou en anglais ERP, *enterprise resource planning*) doit être comprise comme étant une décision stratégique au même titre que l'achat d'équipements automatisés. De plus, l'acquisition et l'implantation qui étaient, il n'y a pas si longtemps hors de prix pour les petites et moyennes entreprises, sont aujourd'hui abordables.

Souvent perçu comme un système informatique, le SIG désigne un outil gérant la planification et le contrôle dans une seule base de données. Il est conçu pour répondre à l'ensemble des besoins logistiques visant l'optimisation des ressources internes et externes, matérielles et humaines, dans le but de combler les besoins et attentes des clients. Les SIG, qui ont énormément évolué au cours des dernières années, sont maintenant en mesure de répondre aux besoins variés des différents environnements de type manufacture, distribution ou service.

En d'autres termes, un ERP est un système intégré de gestion utilisant une seule base de données et permettant d'obtenir les informations nécessaires à la bonne gestion de l'entreprise en temps réel. Un tel outil permet à l'entreprise et à ses gestionnaires de cesser d'être de simples opérateurs (travail en aval, vision à court terme, analyse d'informations désuètes et situation fréquente de crise) pour devenir des opérateurs stratégiques (travail en amont, planification, contrôle et analyses en temps réel), ce qui leur permet de réagir promptement aux situations à court, moyen et long terme.



Un SIG contient toutes les fonctionnalités nécessaires à la gestion d'une entreprise. Il est important de mentionner que peu d'entreprises utiliseront toutes ces fonctionnalités. Étant donné l'interrelation des différentes fonctions, il est important d'effectuer une analyse des besoins avant d'acquérir un système SIG. Certaines entreprises décident d'adopter une approche d'implantation de solutions spécialisées. Elles vont alors implanter plusieurs des meilleures solutions des différents domaines de gestion (CRM, APS, etc.), et tenter de les intégrer en un tout. Cette approche permet de se doter de solutions très poussées dans chacun des domaines de gestion, mais demande un effort supplémentaire pour les intégrer dans un tout cohérent et efficient.

## **GESTION DE LA RELATION CLIENT (CRM)**

La gestion de la relation client (CRM, de l'anglais *customer relationship management*) vise, comme son nom l'indique, à gérer tous les aspects et l'historique de la relation avec les clients. Au minimum, elle sert à centraliser les communications de toute l'entreprise avec les différentes personnes-ressources chez un client et constitue un point central d'information pour les besoins de l'équipe de vente. Elle peut également englober la gestion du cycle de vente, les campagnes et efforts de marketing, ainsi que le soutien après-vente. Cette technologie est souvent acquise en mode autonome, car elle est issue des besoins du service des ventes.

Dans une approche globale, la gestion de la relation client touche tous les services, pour couvrir, entre autres, la gestion des communications. Ainsi, il est possible de prendre connaissance des échanges par courriel, par appel téléphonique, par télécopie ou par un autre moyen avec un client, qui ont été faits en dehors de l'équipe de vente. Cette technologie, pour être exploitée à son plein potentiel, doit soit être intégrée au système de gestion, soit comprendre un pont de communication pour échanger des données de produits ou de clients, par exemple; ces deux options permettront d'éviter la gestion en silo de l'information.

Cette technologie numérique permet non seulement de mieux structurer et de mieux encadrer l'équipe de vente, mais aussi de voir les ventes potentielles et le degré de satisfaction de la clientèle. Elle centralise également les communications pour que chaque intervenant puisse en faire bon usage.



## **SYSTÈME DE GESTION D'ENTREPÔT (WMS)**

Le système de gestion d'entrepôt (WMS, *warehouse management system*) est un système d'information sur la préparation, le suivi et l'exécution des activités en entrepôt. Il vise à optimiser les déplacements des ressources humaines et des machines lors de la manutention des produits et à optimiser l'espace d'entreposage. L'utilisation d'un tel système implique que la saisie de données se

fait par lecteurs de codes à barres ou par puces RFID, pour garantir l'exactitude des transactions et en accélérer la saisie. Son utilisation en mode autonome contribuera à rendre le service efficace, tandis que son intégration avec les autres technologies de gestion saura rendre l'organisation efficiente.

## **GESTION ÉLECTRONIQUE DE DOCUMENTS (GED)**

La gestion électronique de documents (GED) vise à gérer le cycle de vie complet d'un document électronique, allant de sa création à sa destruction en passant par sa modification, sa publication et sa diffusion. Elle s'intègre habituellement bien dans un SIG et permet de rattacher le document à une entité (dossier client, soumission, approbation signée, commande de vente, etc.) pour en faciliter la consultation ultérieure. Son utilisation permet à une entreprise d'envisager la possibilité de se diriger vers un environnement sans papier. Cette migration pourra être complète ou partielle et devra tenir compte de la réalité d'affaires et des besoins. Les documents sont ainsi gérés et publiés en fonction des rôles et responsabilités, assurant sécurité et confidentialité.

## **INTELLIGENCE D’AFFAIRES (BI)**

L’intelligence d’affaires (*BI, business intelligence*) est un système qui vise l’utilisation intelligente des données contenues dans les différents systèmes d’une entreprise pour contribuer à la prise de décisions éclairées. Le système se compose des volets entreposage de données (*data warehouse*), exploitation de données (*data mining*) et systèmes d’aide à la décision; ces volets sont souvent présentés sous forme de tableau de bord.

Bien que cette technologie existe depuis longtemps, l’arrivée d’Industrie 4.0 y apportera son lot de bénéfices et de complexités. L’évolution des technologies de connectivité devrait grandement faciliter l’interrogation des différentes sources d’informations. La venue potentielle d’une multitude de nouveaux objets connectés, par contre, demandera un exercice pointu de structuration des données recueillies pour qu’elles forment un tout cohérent, pertinent et performant.

## **CONFIGURATEUR DE PRODUIT**

L’entreprise qui tente de se démarquer de ses concurrents en offrant des produits personnalisés a besoin d’une aide technologique pour traiter les demandes clients avec autant d’efficacité que pour des produits standards. Le configurateur de produit est adapté pour soutenir ce besoin de gestion.

Au même titre que la conception 3D paramétrique, cet outil vise à prendre les règles d’ingénierie d’un produit, qui résident habituellement « dans la tête » de l’équipe de conception ou d’estimation, pour les transposer dans un configurateur de produit. Ainsi, un vendeur pourra effectuer une soumission et générer automatiquement le prix de vente pour en informer le client. Il pourra également générer la recette de fabrication qui ajuste la gamme de fabrication et la nomenclature du produit à fabriquer en fonction des choix du client. Si besoin est, il sera même possible de générer un dessin ou une photo du produit personnalisé.

L’entreprise qui maîtrise bien son configurateur de produit, et qui applique la même rigueur aux volets de conception et fabrication assistées par ordinateur, peut alors traiter ce type de commande avec autant d’efficacité et de rapidité que pour ses produits courants.



## COMMERCE ÉLECTRONIQUE

Selon Statistique Canada, « les entreprises canadiennes ont vendu pour plus de 136 milliards de dollars de biens et de services sur Internet en 2013 ». Le commerce électronique, qu'il soit de type B2B (*business-to-business*) ou B2C (*business-to-consumer*), est un volet qu'on ne peut plus négliger dans la planification des technologies de l'entreprise. Selon le modèle d'affaires, l'entreprise peut permettre à ses clients actuels ou potentiels la création de soumissions et de commandes, et leur permettre d'en suivre

l'avancement. Cette technologie est souvent distincte d'un système intégré de gestion, car elle doit faire le pont entre l'information (produit, liste de prix, disponibilité, etc.) nécessaire au processus de vente, qui est contenue dans le système intégré de gestion, et le site Web de l'entreprise. L'utilisation de ce type de technologie numérique offre l'avantage de permettre aux clients d'entrer en contact (numérique) avec l'entreprise et d'obtenir l'information recherchée au moment qu'ils jugent opportun. Des entreprises, même manufacturières, ont augmenté notablement leur chiffre d'affaires en utilisant cette technologie qui offre une visibilité sur le monde.

## MÉGADONNÉES (BIG DATA)

Le monde numérique est en perpétuelle évolution. Qui aurait pensé qu'aujourd'hui, un chandail permettrait de mesurer des données biométriques pour fournir de l'information à un athlète sur la qualité de sa performance? Ce chandail est en réalité un objet connecté. Ces objets, selon leurs fonctions et leur évolution, seront en mesure de fournir de plus en plus de données qui devront être prises en charge par les applications de traitement et de présentation des données. L'entreprise devra être à l'affût de l'information fournie par les objets communicants, pour déterminer sa pertinence et la meilleure façon de la traiter. Pour en faciliter l'évolutivité, les applications de traitement et de présentation des données devront être adaptées pour détecter l'ajout d'objets communicants et de fonctions de base remplies par ces derniers. Les objets devront être détectés selon leur type et leur catégorie. Les messages véhiculés par ces objets seront également catégorisés. À un deuxième niveau, des applications de corrélation de données en provenance de divers objets et systèmes pourront apporter une assistance supplémentaire pour l'optimisation de certains processus et la prévention de défaillances.

L'un des principaux défis d'Industrie 4.0 se situe dans le domaine des structures et algorithmes de données. Il y aura toujours de l'acquisition de données pour le suivi de la production et pour la surveillance des principaux équipements. Cependant, il pourrait y avoir beaucoup d'informations à soutirer en appliquant des traitements à l'information provenant des différents capteurs, ainsi qu'en comparant les données à des modèles qui établissent des relations de convergence à partir des données actuelles et historiques. Ainsi structurées, les données sauront encore mieux informer le personnel de l'entreprise pour l'aider dans ses opérations quotidiennes et dans sa prise de décision.

## **GESTION DE LA PRODUCTION**

Plusieurs technologies numériques soutiennent la gestion de la production. Elles permettent habituellement de planifier et de suivre en temps réel l'état de la situation d'une usine de production, pour assurer une réactivité maximale aux aléas du quotidien.

Que ce soit pour établir les priorités, ordonnancer le travail de production, acheminer de l'information à l'usine ou suivre en temps réel l'avancement des étapes de fabrication, les technologies numériques doivent s'intégrer entre elles pour former un tout cohérent, adaptable à la réalité de chaque entreprise.

### **SYSTÈME INTÉGRÉ DE GESTION (ERP)**

Le système intégré de gestion, selon son degré de perfectionnement, peut fournir une multitude d'outils aidant la gestion de la production. Les solutions d'entrée de gamme vont permettre de gérer les coûts de fabrication, les types de matériaux, les composants et les ressources humaines.

Les solutions plus complètes rendront possibles la planification et l'ordonnancement de la production ainsi que certaines fonctionnalités associées aux systèmes d'exécution manufacturière, permettant ainsi à l'entreprise de suivre l'avancement en temps réel de la production.

Certaines solutions spécialisées vont aller plus loin encore en ce qui concerne quelques aspects de la gestion. Le système intégré de gestion offre l'avantage de proposer le tout à l'intérieur d'une seule et même solution et permet d'aller relativement loin dans le pilotage de l'usine en temps réel, pour ainsi en optimiser la productivité.



## CODE À BARRES

Le code à barres est une technologie qui vise à remplacer l'inscription manuscrite d'informations, pour en accélérer la saisie et améliorer la précision des données. Le code à barres représente la codification graphique d'une information. Il existe deux principaux types de codes : le code linéaire et le code à deux dimensions. Ce dernier est aussi appelé « code QR ». Lorsqu'il est transposé sur un document, une étiquette ou un autre substrat, le code

peut facilement être lu par un lecteur optique, qui en décode alors la signification et qui transmet la donnée vers l'application de gestion en attente. Cette technologie, lorsque utilisée en usine, demande un investissement en lecteurs optiques, mais au quotidien, son coût d'utilisation est faible. Elle peut s'intégrer avec plusieurs outils de gestion, comme les ERP, WMS et MES.

## SYSTÈME D'EXÉCUTION MANUFACTURIÈRE (MES)

Dans un environnement de gestion de production assistée par ordinateur, le pilotage (ou *monitoring*) du système de fabrication peut être assuré par un logiciel nommé communément MES (*manufacturing execution system*). Celui-ci peut être autonome ou être intégré à l'ERP.

Le MES est un outil de pilotage de la production, qui collecte et analyse toutes les données nécessaires à l'activité pour guider celle-ci en temps réel.

Lien entre l'ERP et l'usine, il se charge de saisir en temps réel les données de production des automates, des capteurs ou des systèmes de saisie manuelle d'atelier, pour ensuite les acheminer à l'ERP. Le MES réunit les informations recueillies dans tous les maillons de la chaîne, des matières premières jusqu'à l'expédition.

Le principal gain associé à la mise en place de ce logiciel est évidemment une plus grande réactivité. Il réduit de façon significative les tâches administratives des opérateurs et la compilation des données reliées à la productivité. L'investissement nécessaire à l'acquisition de l'outil se justifie par une réduction des temps d'arrêt des machines, par une diminution des rejets et des temps de mise en course, et par une augmentation globale de la productivité.

## PLANIFICATION ET ORDONNANCEMENT (APS)

Le système avancé de planification et d'ordonnancement (APS, *advanced planning and scheduling*) est un outil d'aide à la décision visant l'optimisation et la planification de la chaîne logistique. Conçu pour la recherche de synchronisation des flux, le système gère la totalité des contraintes en matière de ressources, de capacités, de délais et de coûts. Ces atouts permettent à l'APS de proposer une réponse efficace aux faiblesses relevées dans les systèmes traditionnels. Cet outil est aujourd'hui en mesure de synchroniser l'ensemble des ressources de matières, d'équipements, d'hommes et d'outils, pour aboutir à une planification dite « optimale ».

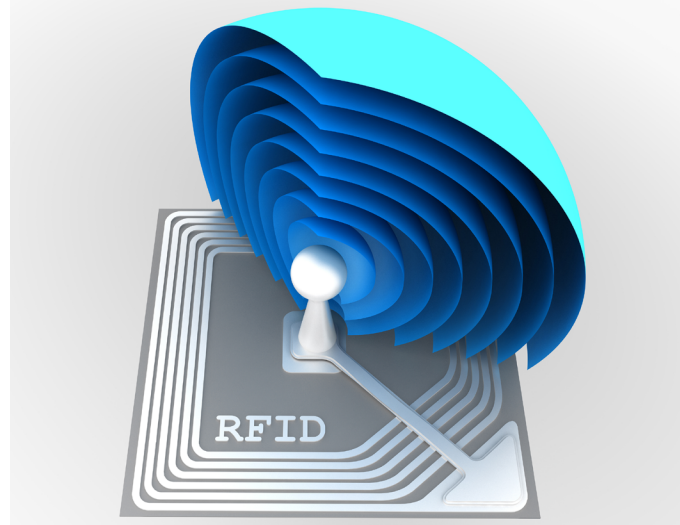
Pour être efficace, le système doit être connecté aux ordres de fabrication et à la disponibilité des matières. L'APS est rarement utilisé en mode autonome, et un pont avec l'ERP est presque toujours nécessaire.

Comme l'APS peut gérer une multitude de contraintes, son utilisation permet d'optimiser l'ordonnancement du travail à effectuer dans l'usine. Sa mise en place devra être perçue comme un travail à long terme. Au-delà de la configuration initiale, tout changement des caractéristiques de l'usine provoquera une modification des règles d'ordonnancement. Ces mises à jour contribueront à une amélioration notable de la productivité et à une diminution des stocks de produits.

## L'IDENTIFICATION PAR RADIOFRÉQUENCE (RFID)

L'identification par radiofréquence (IDRF; en anglais RFID, pour *radio frequency identification*) est une technique qui permet d'identifier des objets en utilisant une puce mémoire ou un dispositif électronique capable, à l'aide d'une antenne radio, de transmettre des informations à un lecteur spécialisé. La technologie se positionne favorablement comme substitut à la saisie manuelle d'informations ou à l'usage des codes à barres.

Les équipements de technologie RFID sont les lecteurs, les points d'accès et les identifiants (puce mémoire). Une analyse préalable doit être réalisée pour positionner les lecteurs et points d'accès de façon optimale, ce qui permettra ensuite de répondre à des exigences complexes dans des environnements qui peuvent être hostiles et des emplacements potentiellement éloignés.



### Avantages

- Éliminer le papier du système d'acquisition de données.
- Retracer facilement les travaux en cours (WIP, *work in progress*).
- Intégrer les données dans de multiples systèmes.
- Accéder aux données avec des appareils mobiles ou sans fil.
- Implanter des systèmes d'alerte.
- Gérer en temps réel.

Cette technologie, qui offre l'avantage d'une détection automatique et d'une fiabilité de lecture même dans les environnements hostiles, permet la détection de multiples identifiants simultanément. Elle s'intègre bien aux outils de gestion qui requièrent beaucoup de saisies de transactions, tels que les ERP, MES et WMS.

## FABRICATION

L'usine numérique n'en est qu'à ses premières phases de développement. Plusieurs technologies ont été implantées depuis quelques décennies. Industrie 4.0 montre de nouvelles possibilités pour améliorer les performances des équipements numériques. En effet, la connectivité, l'intégration verticale des équipements ou même la communication machine à machine (M2M, *machine-to-machine*) permettront d'automatiser plusieurs aspects de la production. Cette approche est maintenant plus accessible financièrement pour l'entreprise moyenne, ce qui va l'influencer jusque dans sa stratégie de fabrication.



### MACHINE À COMMANDE NUMÉRIQUE (CNC)

Les machines-outils à commande numérique (MOCN) sont commandées par un ordinateur communément appelé contrôleur, de là l'acronyme CNC (*computer numerical control*). Ces machines-outils peuvent être des fraiseuses, des tours, des poinçonneuses, des découpeuses (laser, plasma, oxyflamme) ou des presses-plieres.

Le développement des dernières décennies s'est orienté sur les contrôleurs et leur possibilité de communiquer de façon plus conviviale. Les protocoles de communication ont évolué et l'information recueillie par ceux-ci en cours de fonctionnement peut même être maintenant partagée avec des logiciels MES, entre autres.

La standardisation de la communication est un des enjeux d'Industrie 4.0, et les fabricants consacrent des efforts à créer des standards dans les protocoles de communication. Les équipements récents sont même connectés au réseau Ethernet des entreprises.

Ceci peut constituer les premiers pas vers Industrie 4.0, quelle que soit l'étendue du parc de machines de l'entreprise.

## **AUTOMATES PROGRAMMABLES (PLC)**

Un automate programmable industriel (PLC, *programmable logic controller*) est un système électronique permettant de piloter en temps réel des processus logiques, séquentiels et combinatoires. Ces processus commandent des équipements de production, dont des servomoteurs, des pompes et d'autres équipements relatifs à la transformation.

D'une part, les dernières générations d'automates sont beaucoup plus faciles à programmer et, d'autre part, elles fournissent des données partageables avec d'autres applications. L'automate connecté par Ethernet ou Wi-Fi devient un des éléments connectés de l'environnement Industrie 4.0.

La communication avec d'autres solutions permet de rétroagir sur le procédé afin d'améliorer les performances et les tolérances de fonctionnement.

Le traitement de ces informations à valeur ajoutée devient un élément d'intelligence du système manufacturier.

## **ROBOTIQUE**

Les robots sont utilisés depuis plusieurs années dans des applications typiques incluant la manipulation, le soudage, la peinture, l'assemblage et la finition. Avec des instruments de vision, la robotique industrielle inspecte les produits, rapidement et précisément. Les pièces manipulées peuvent être de grandes dimensions et de poids très élevés.

Le robot est un équipement qui a besoin de programmation pour fonctionner. Cette tâche demandait autrefois des compétences avancées en informatique. L'évolution constante de la technologie a toutefois rendu la programmation de plus en plus conviviale et intuitive.

Le robot peut être manipulé manuellement par l'opérateur dans un mode de préparation des tâches, que ce soit à l'aide d'un dispositif de simulation ou d'un dispositif d'apprentissage.



Les robots remplissent des tâches répétitives de façon précise. Ils peuvent travailler en continu avec un cycle de travail prédéterminé. Les robots conventionnels nécessitent un environnement de travail sécurisé. Par contre, ils peuvent travailler dans des environnements hostiles.

L'évolution de cette technologie a permis d'en diminuer le coût d'entrée, la rendant maintenant accessible à beaucoup plus d'entreprises. La robotique peut ainsi automatiser les tâches répétitives tout en assurant un niveau de qualité très élevé.

## SYSTÈME DE PRODUCTION FLEXIBLE (FMS)

Un système de production flexible (FMS, *flexible manufacturing system*) n'est pas une technologie numérique en soi. Ce type de système est plutôt composé de différentes technologies numériques complémentaires. Citons par exemple des équipements à commande numérique pour la découpe, le perçage ou l'usinage de matériaux. Quand elles sont regroupées, mais surtout intégrées, elles peuvent former une cellule de travail hautement flexible, en mesure de s'adapter à différentes réalités de production.

## COBOTIQUE

La robotique n'est pas nouvelle en soi, mais son évolution a permis de passer à une nouvelle étape en ce qui concerne ses possibilités d'utilisation. Les robots collaboratifs, ou « cobots », représentent une tendance lourde témoignant des nouvelles évolutions de la robotique.



Un cobot agit comme un assistant et intervient de façon ciblée dans des tâches complexes et délicates qui ne sont pas automatisables. Il dispose également de caractéristiques d'apprentissage.

Ce type de robot est capable de prendre un objet, de le donner à un humain, dans un environnement de coopération qui ne serait pas adapté aux robots plus traditionnels. Les cobots peuvent être facilement reprogrammés, déplacés (par exemple en les montant sur une plateforme mobile) et redéployés à différentes

étapes de la chaîne de production. Les pièces manipulées sont généralement de plus petites dimensions et de poids limité par rapport à ce que manipulent les robots traditionnels.

## FABRICATION ADDITIVE

La fabrication additive est la technique de fabrication de produits en trois dimensions dans laquelle le relief des éléments à façonner est obtenu par un procédé d'impression. Ce procédé consiste à déposer successivement des couches de matière les unes sur les autres selon un modèle numérique conçu par ordinateur.

Cette technologie est utilisée depuis plusieurs années dans le domaine du prototypage rapide. Plusieurs procédés ont été développés depuis vingt ans : stéréolithographie, dépôt de fil tendu, impression 3D, frittage sélectif par laser et fusion sélective par laser.

Aujourd'hui, les procédés sont adaptés à différents matériaux et permettent de plus en plus de fabriquer des pièces fonctionnelles. Comme les pièces fabriquées ont des propriétés mécaniques, elles constituent des produits finis utilisables dans des assemblages. Toutes sortes de polymères sont utilisées en fabrication additive, et même des poudres métalliques.

Ce type de fabrication peut être envisagé pour des pièces personnalisées de courte série. Le procédé est rapide, mais demeure dispendieux.

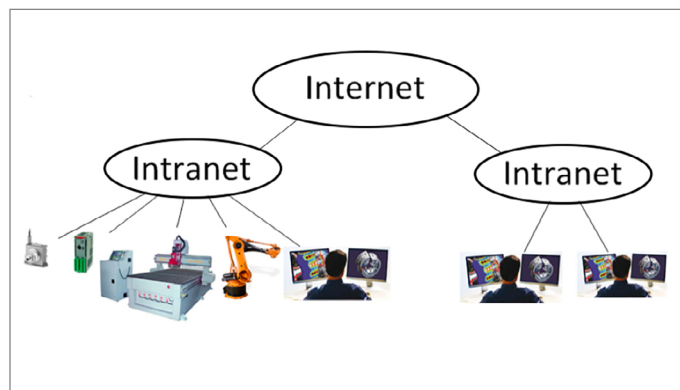
## SERVICES

Le volet services d'une entreprise, bien que rarement impliqué dans les opérations quotidiennes, joue un rôle déterminant dans l'atteinte de l'efficacité organisationnelle. L'entreprise en général subira l'influence d'Industrie 4.0, mais l'usine sera probablement le secteur le plus touché.

## RÉSEAUTIQUE

Toutes les technologies numériques dépendent d'un réseau de communication pour échanger les données qu'elles génèrent. Les technologies associées à la gestion de réseaux ont également beaucoup évolué pour améliorer la vitesse et la stabilité de la communication, ainsi que pour faciliter leur paramétrage.

Le réseau d'une entreprise peut être simple ou complexe, en fonction de sa structure et du nombre d'objets (ordinateurs, équipements de production à commande numérique, capteurs, téléphones intelligents, etc.) devant se connecter. Dans plusieurs cas, il pourra s'avérer nécessaire de les diviser en plusieurs sous-réseaux, interreliés par un lien Internet sécurisé.



Autrefois, exclusivement filaires, les réseaux doivent maintenant s'adapter à la nouvelle réalité des technologies numériques. L'émergence d'une multitude d'objets connectés impose maintenant au réseau d'entreprise le besoin de soutenir des technologies sans fil (par exemple Wi-Fi, Bluetooth et cellulaire), pour en faciliter l'intégration.

## **MAINTENANCE PRÉVENTIVE**

Les logiciels de maintenance existent depuis longtemps. Les premières versions permettaient de noter l'historique d'entretien des différents équipements. Avec les évolutions et la venue d'outils d'analyse, les logiciels ont intégré la notion de maintenance préventive. Les outils d'analyse aidant, les décideurs sont maintenant en mesure non seulement d'observer un historique des entretiens, mais aussi de bâtir un calendrier d'interventions dans le but de conserver les équipements dans un état de marche optimal. Ce calendrier d'entretien doit tenir compte de la planification de la production, afin que les temps d'arrêt planifiés soient pris en compte dans l'ordonnancement de la production.

Avec des équipements en bon état de marche, la qualité des produits fabriqués s'en trouvera rehaussée, tout comme la productivité qui subira moins d'arrêts non planifiés.

## **CONNECTIVITÉ**

Il est bien connu que la tendance actuelle dans la société est d'échanger de plus en plus d'informations entre les personnes. Il suffit de penser aux réseaux sociaux comme Facebook et Twitter. La même tendance s'observe dans le monde industriel. La nature des informations diffère, mais il est possible d'en tirer des parallèles intéressants.

L'évolution des technologies permet maintenant d'intégrer les différentes parties du traitement de l'information à l'intérieur d'un seul système. Pour un module de surtension de moteur électrique, par exemple, il est possible de cibler un problème et d'envoyer un courriel automatiquement à un membre du personnel. On voit ainsi qu'il est primordial que la connectivité joue un rôle déterminant dans le choix final de la nouvelle technologie. Ceci facilitera l'intégration de celle-ci dans le portfolio des technologies numériques de l'entreprise.

## **MOBILITÉ**

La mobilité à des fins personnelles est aujourd'hui courante et elle donne accès à une multitude de services. Par contre, la mobilité d'affaires n'est pas aussi répandue, bien qu'il y ait évolution dans ce sens. Les systèmes intégrés de gestion adoptent de plus en plus des technologies d'accès utilisant Internet. Cette approche en facilite grandement le déploiement chez les membres du personnel, même lorsqu'ils travaillent à distance. Internet offre également l'avantage de faciliter le déploiement vers des téléphones intelligents ou des tablettes électroniques.

La mobilité va également favoriser le déploiement de nouvelles technologies numériques dans les lieux de production. Ces technologies vont permettre de localiser et de suivre tout ce qui est mobile dans l'usine, afin d'assurer la surveillance dynamique des opérations.

Un système de localisation en temps réel (RTLS, *real time location system*) combiné à des puces actives est en mesure de remplir ce rôle. Des puces RFID pourront être associées à des équipements, à des produits ou à des travailleurs et permettront de les localiser dans le bâtiment, ou encore de mesurer la température, l'humidité, la vibration, etc. Ces nouvelles données pourront servir au contrôle qualité ou aux analyses d'optimisation des opérations.



## CYBERSÉCURITÉ

La multiplication des données et des systèmes dans l'entreprise fait ressortir l'importance de l'aspect sécurité informatique. Lorsque les technologies étaient connectées sur le réseau interne et centralisées dans un même bâtiment, sécuriser le tout était plus facile. La venue d'une multitude d'objets connectés, souvent délocalisés et accessibles via Internet, impose maintenant la gestion de la cybersécurité.

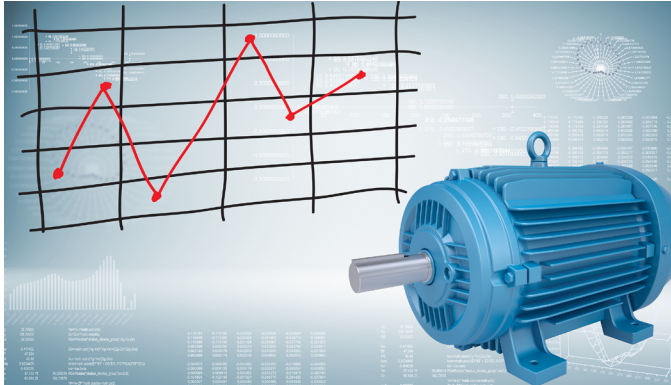
Plusieurs systèmes industriels faisant partie de l'usine du futur ne nécessitent aucun lien avec l'extérieur et peuvent fonctionner à l'intérieur de l'organisation dans une première phase de déploiement. Dans une deuxième phase, il pourrait s'avérer intéressant d'ouvrir une porte au fournisseur de l'équipement, pour qu'il puisse vous accompagner à distance lors de questionnements ou de problèmes. Il existe cependant du matériel de réseautique adapté à ce genre d'utilisation, qui permettra de contrôler et de limiter l'accès aux systèmes.

Pour les compagnies exerçant leurs activités dans plusieurs emplacements, il existe des moyens éprouvés de relier les usines ou certains équipements de production de manière sécuritaire, des moyens comme le réseau privé virtuel (VPN, *virtual private network*) adapté aux équipements de production.

En conclusion, il est primordial d'intégrer les éléments de cybersécurité dans la mise en place de l'infrastructure informatique de l'entreprise.

## MAINTENANCE PRÉDICTIVE

Avec l'arrivée de nouvelles technologies et la démocratisation des outils de gestion de la maintenance, il est maintenant envisageable de passer à la maintenance prédictive. La mise en place de capteurs de conditions sur les équipements stratégiques va permettre de suivre l'état de santé des équipements et de prévenir les problèmes.



Par exemple, pour ajouter un objet connecté de type capteur de température sur un moteur, il pourrait suffire d'entrer dans le capteur l'information sur le moteur surveillé, de configurer les niveaux d'alerte et d'ajouter la fonction d'arrêt du moteur si un seuil est franchi. Ainsi, le système de supervision disposerait de toutes les informations nécessaires à l'ajout de ce capteur connecté et de ses actions éventuelles.

Les équipements ainsi connectés, leur état de santé pourra être suivi en temps réel, avec des tableaux de bord donnant d'un seul coup d'œil la situation générale. L'entreprise pourra ainsi observer une diminution des bris d'équipement et, par le fait même, un gain de productivité.

## INTERNET DES OBJETS (IOT) OU OBJETS CONNECTÉS

L'Internet des objets (IOT, pour *Internet of things*) nous offre de plus en plus d'objets connectés et communicants. Un tel objet peut être un capteur ou un système en mesure d'être connecté selon un protocole standard, c'est-à-dire respectant les standards Internet, et qui est capable de s'identifier et de fournir diverses informations se rapportant à sa fonction et à ses possibilités. Ainsi, l'ajout d'un objet communicant sera facilité par son degré d'autonomie et sa capacité à communiquer avec les autres objets. Il pourra générer des données qui serviront à informer les systèmes de supervision de la production et de la maintenance, comme ceux qui se trouvent dans les systèmes MES.

Un système communicant devrait être en mesure de fournir de l'information sur son utilisation, sa production et l'état de ses outils. Les données générées peuvent être directement utilisables ou requérir un traitement préalable qui permettra leur interprétation.

La multiplication des données disponibles va imposer une structure et de la rigueur dans leur gestion. Les données offriront par contre des outils repoussant les limites de l'information fournie pour un processus décisionnel. Il sera également possible d'accroître le degré d'interaction avec le client, permettant dans certaines situations de rester connecté, pour potentiellement planifier et anticiper ses besoins.

## INTÉGRATION DES TIC ET DE L'AUTOMATISATION

L'intégration des technologies de l'information et de la communication (TIC) peut être horizontale ou verticale. L'intégration horizontale désigne l'intégration des solutions logicielles aux différentes étapes de la fabrication et de la planification. Le but de cette intégration est de livrer des données selon l'approche du flux tendu, afin de réduire le cycle de traitement allant de l'entrée de la commande client jusqu'à la livraison du produit manufacturé.

L'intégration verticale est l'intégration des différents systèmes d'équipements à différents niveaux hiérarchiques (actuateurs et senseurs, commandes, gestion de production, pilotage), afin de livrer une solution constante de bout en bout.

L'intégration apporte une valeur ajoutée certaine au traitement de l'information commerciale, technique et de gestion. La multiplication des technologies numériques dans l'entreprise va rendre cette tâche d'intégration de plus en plus complexe, bien que la tendance soit de se diriger vers des standards de communication universels. Le besoin d'intégration doit être considéré comme la fondation permettant d'atteindre l'efficacité organisationnelle. La qualité et l'étendue d'intégration des différentes technologies numériques utilisées permettront de qualifier l'entreprise d'entreprise Industrie 4.0.

Ces différentes technologies (connectivité, Internet des objets, mégadonnées, etc.) permettent de partager de l'information des équipements de production vers des logiciels qui traitent l'information et la présentent sous forme d'indicateurs de performance. Ces indicateurs apportent de l'information à valeur ajoutée à l'opérateur ainsi qu'aux gestionnaires. Cette information a des conséquences directes sur la performance du système de fabrication et peut même générer des rétroactions sur le procédé, augmentant le niveau d'intelligence du système.



# 4. CONCLUSION

Le concept d'Industrie 4.0 correspond à une nouvelle façon d'organiser les moyens de production : l'objectif est la mise en place d'usines dites intelligentes, capables d'une plus grande adaptabilité dans la production et d'une allocation plus efficace des ressources, et ce, pour répondre plus rapidement au marché, d'une façon plus personnalisée et à moindre coût.

## CONSTATS CLÉS

Plusieurs études<sup>2</sup> démontrent ce qui suit :

- Industrie 4.0 introduit des défis importants. Les gouvernements et les associations industrielles peuvent soutenir les entreprises.
- L'Internet des objets améliore la productivité et l'efficacité des ressources (une augmentation de l'ordre de 20 % en efficacité sur un horizon de cinq ans).
- L'Internet des objets transforme l'entreprise dans son ensemble et doit faire partie des préoccupations des dirigeants.
- La connectivité trace la voie à de nouveaux modèles d'affaires.
- D'ici 2020, plus de 80 % des entreprises auront numérisé leur chaîne de valeur.

## RETOUR SUR LES DÉFIS 4.0

À la lumière de ces constats et pour optimiser la productivité et l'agilité manufacturière des entreprises, il est important de rappeler les défis de la transformation Industrie 4.0 :

- La connectivité des logiciels et des équipements, même des équipements en place.
- La standardisation de normes et processus qui facilite le partage des données.
- La réingénierie des méthodes de travail et des procédés.
- La gestion de la cybersécurité, afin de protéger l'information sensible et le savoir-faire.
- L'accès aux spécialistes en technologies numériques.
- Le développement de nouvelles compétences.

<sup>2</sup> PWC, *Industry 4.0 : Opportunities and challenges of the industrial Internet, 2014* : [www.strategyand.pwc.com/media/file/Industry-4-0.pdf](http://www.strategyand.pwc.com/media/file/Industry-4-0.pdf).

## UNE OCCASION À SAISIR

L'acquisition de technologies émergentes, l'appropriation et l'usage plus intensif des technologies numériques auront des répercussions positives sur le positionnement en matière de modèle d'affaires, sur la proximité grâce aux technologies mobiles, sur les processus grâce à l'interconnectivité des données et sur les personnes en raison de l'augmentation de l'intelligence d'affaires.

Considérant la transformation déjà en marche en Allemagne, en France, aux États-Unis, en Chine et au Brésil, il est impératif que les entreprises manufacturières québécoises prennent le virage numérique Industrie 4.0 afin de regagner une place dynamique dans l'économie.

La pérennité du secteur manufacturier passe inexorablement par l'innovation et une productivité sans cesse améliorée. L'acquisition de technologies numériques bien intégrées et la gestion efficace des données de l'entreprise sont des facteurs de succès dans cette nouvelle révolution industrielle, des facteurs menant à l'usine intelligente.

## APPEL À L'ACTION

Industrie 4.0 est à la portée de toute entreprise voulant se doter d'un système de fabrication qui lui permettra de fabriquer de petits lots personnalisés afin de répondre aux besoins de la clientèle.

L'équipe de direction doit développer une vision globale des technologies numériques.

### Principales étapes à suivre

- Audit :** Réaliser un constat portant sur l'environnement numérique de l'entreprise, la situation de la connectivité et les qualifications de la main-d'œuvre. L'audit permet la définition des forces et des faiblesses.
- Plan numérique :** Élaborer un plan numérique. Il est important de définir un horizon précis, d'établir un échéancier réaliste pour acquérir et intégrer des solutions, et d'assurer la connectivité des objets.
- Suivi :** Assurer un suivi régulier à l'aide d'indicateurs de performance déterminés au départ, telle la valeur ajoutée par employé.

## BÉNÉFICES ATTENDUS

Industrie 4.0 apportera plus de rapidité dans le traitement de l'information et diminuera le temps en suivi et en reddition de comptes. L'ensemble du système manufacturier sera plus efficient.

La productivité des utilisateurs, des opérateurs et des gestionnaires sera améliorée.

L'information sera de meilleure qualité, plus transparente et mieux structurée.

Déjà, l'information est accessible en temps réel, peu importe le lieu, en raison des technologies mobiles et de l'infonuagique (*cloud computing*), et la traçabilité des données est assurée.

Industrie 4.0,  
c'est se donner l'infrastructure  
et les moyens pour innover,  
être compétitif, saisir les occasions d'affaires  
et prospérer.

Cet environnement numérique apportera une plus grande adaptabilité. L'effet le plus marquant de la gestion *lean* de l'information est qu'elle permet la production de petits lots personnalisés, ce qui est adapté à la réalité de beaucoup de PME.

### CADRE DE LA TRANSFORMATION INDUSTRIE 4.0



# RÉFÉRENCES

## LIVRES ET ARTICLES

*L'usine connectée*, Gimélec, septembre 2013, [www.gimelec.fr/Publications-Outils/Industrie-4.0-l-usine-connectee-Publication](http://www.gimelec.fr/Publications-Outils/Industrie-4.0-l-usine-connectee-Publication).

*Industrie-4.0 : les leviers de la transformation*, Gimélec, septembre 2014, [www.gimelec.fr/Actualites/Actualites-Gimelec/Le-Gimelec-publie-Industrie-4.0-les-leviers-de-la-transformation](http://www.gimelec.fr/Actualites/Actualites-Gimelec/Le-Gimelec-publie-Industrie-4.0-les-leviers-de-la-transformation).

*Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*, Acatech, avril 2013.

*Guide pratique de l'usine du futur*, FIM, France, octobre 2015.

*Raising your Digital Quotient*, McKinsey & Company, décembre 2015.

*Industry 4.0 : Opportunities and challenges of the industrial Internet*, PWC, 2014.

*Directing the ERP Implementation*, Michael Pelphrey, CRC, 2015.

*Les défis de la transformation numérique du modèle industriel allemand*, Dorothée Kohler et Jean-Daniel Weisz, La Documentation française, 9 mars 2016.

## SITES WEB

[www.smartindustry.com/](http://www.smartindustry.com/)

[www.smartmanufacturing.com/](http://www.smartmanufacturing.com/)

[www.lnsresearch.com/about](http://www.lnsresearch.com/about)

## VIDÉOS

*Industrie connectée, bienvenue en 2020*, Schneider Electric France, [www.youtube.com/watch?v=B7Z3P4rBwzA&nohtml5=False](http://www.youtube.com/watch?v=B7Z3P4rBwzA&nohtml5=False).

*(R)EVOLUTION?! – Industry 4.0 in 4 dimensions*, MHP, [www.youtube.com/watch?v=MZkY9HNCiMO](http://www.youtube.com/watch?v=MZkY9HNCiMO).



*Économie, Science  
et Innovation*

Québec 