

## L'Aérospatiale 4.0<sup>MC</sup>

*Hany Moustapha*

*Professeur et directeur, AÉROÉTS*

*École de technologie supérieure*

*Fellow Sénior de la recherche, P&WC*

“L'Aérospatiale 4.0<sup>MC</sup>” est un programme intégré de recherche, d'éducation et de formation, créé par AÉROÉTS, pour répondre aux besoins de l'Industrie 4.0.

### **Industrie 4.0**

« Industrie 4.0 » est un terme simplifié désignant un « système de production cyberphysique » dont le concept a été introduit en Allemagne en 2005 pour désigner la quatrième révolution en cours dans l'industrie manufacturière. L'Industrie 1.0 (1784) se caractérisait par la production mécanique et à la vapeur; l'Industrie 2.0 (1870) par l'énergie électrique, la production en série et la première chaîne de montage; l'Industrie 3.0 (1969) par l'électronique, les technologies de l'information et des communications (TIC) et l'automatisation.

L'Industrie 4.0 se caractérise quant à elle par l'automatisation et la numérisation, la connaissance, l'optimisation et la gestion des actifs, la fiabilité, l'exactitude, la variabilité, le partage et la sécurité des données, le suivi des pièces de leur conception à leur fin de vie : le « filon numérique », l'analytique des données et l'intelligence artificielle (IA). Les mégadonnées sont les « matières premières » de l'Industrie 4.0. Il s'agit du passage du matériel au numérique (le « jumeau numérique »), du carbone au silicone, des grappes à l'infonuagique, de la conception déterministique à la probabilistique et de la certification expérimentale à l'analytique. C'est la « démocratisation de la technologie » où “les humains, les ordinateurs, les machines et les produits collaborent numériquement et communiquent de façon ininterrompue grâce à des processus intégrés et optimisés à tous les niveaux de la chaîne de valeur du produit, à la fois à l'intérieur de l'entreprise et en amont (fournisseurs) et en aval (clients) de l'entreprise”.

Des études publiées par Deloitte (2014 et 2015) soulignent les quatre enjeux et solutions associés à la transformation numérique de l'Industrie 4.0 : le réseautage vertical des petits systèmes de production, de la logistique et des services intelligents; l'intégration horizontale des partenaires financiers et des clients de partout dans le monde; l'ingénierie de bout en bout tout au long du cycle de vie du produit et l'accélération grâce à des technologies exponentielles. Le rapport de Deloitte énumère les cinq technologies de pointe qui alimentent l'innovation de rupture : l'intelligence artificielle, la robotique de pointe, les réseaux (Internet sur les choses, les données, les services et les gens), la fabrication de pointe (imprimantes 3D) et les plateformes connectées collaboratives

(informatique et externalisation ouverte). Selon Deloitte, des PDG du monde entier estiment que les trois principaux vecteurs de la compétitivité manufacturière sont le talent, la compétitivité des coûts et la productivité de la main-d'œuvre.



Au cours de la dernière décennie, plusieurs initiatives adéquatement financées ont favorisé la mise en place de l'Industrie 4.0 : Smart Factory de l'Allemagne (2005) et son démonstrateur de l'Industrie 4.0, Digital Factory de Siemens (2012), Brilliant Factory de GE (2014), l'usine du futur de l'UE (2013) et le réseau national pour l'innovation en fabrication des États-Unis (2013).

Au Canada, il convient de mentionner que Pratt & Whitney Canada (P&WC) avait déjà cerné ces besoins dès l'an 2000 avec sa vision d'une « entreprise numérique virtuelle » regroupant tous les aspects de la conception, de la fabrication, de la chaîne d'approvisionnement, du service à la clientèle, etc. En 2012, P&WC lançait son programme ICEMAN (Intelligent Cells Manufacturing) et, en 2014, son centre de fabrication de pointe ainsi que son programme de gestion de la vie d'un produit en entreprise (EPLM).

Lors du dernier Forum Innovation organisé par Aéro Montréal, en avril 2016, les participants à l'atelier sur l'Industrie 4.0 ont convenu à l'unanimité que cette dernière n'est pas qu'une usine, mais bien la totalité de l'entreprise : conception, usine et chaîne d'approvisionnement numérique, intelligente et virtuelle.



## **L'Aérospatiale 4.0<sup>MC</sup>**

### **Mission**

Mobiliser les points forts des établissements scolaires pour répondre aux besoins de l'Industrie 4.0 en termes de recherche et développement, d'éducation et de formation, en mettant l'accent principalement sur l'industrie aérospatiale. Les activités en lien avec l'Industrie 4.0 toucheront la totalité de l'entreprise, incluant la numérisation, la simulation et l'intégration de la conception, de la fabrication, de l'entretien, de la chaîne d'approvisionnement, du service à la clientèle, des ressources, etc.

### **Objectifs**

- Construire sur les forces existantes des établissements scolaires
- Répondre aux besoins de l'industrie pour la mise en œuvre de l'Industrie 4.0
- Toucher la totalité de l'entreprise : marketing, ingénierie, usines, clients, chaîne d'approvisionnement, etc.
- Développer un programme de recherche et développement avec une approche intégrée
- Construire un laboratoire pédagogique d'entreprise numérique et virtuel avec tous les outils de simulation logiciels
- Développer des cours de courte durée et des programmes universitaires pour préparer le personnel hautement qualifié du futur
- Collaborer avec les fournisseurs industriels et logiciels (Siemens, Dassault, etc.)
- Recherche de fonds : CRIAQ, CARIC, MITACS, CRSNG, etc.

### **Volet recherche et développement**

Axé sur la totalité de l'entreprise (ingénierie, opération, client, etc.) pour parvenir à une « Entreprise Numérique Intelligente » incluant les aspects de la fabrication-production afin de développer une « Usine plus Intelligente ».

### **L'Entreprise Numérique Intelligente**

Afin de parvenir à une « Entreprise Numérique Intelligente », les entreprises doivent développer des flux de travail pleinement intégrés et ininterrompus du démarrage à l'après-vente. Cette transformation touchera toutes les divisions opérationnelles à l'intérieur d'une entreprise qui ont une incidence sur la « chaîne de valeur d'un produit » : le marketing, l'ingénierie de conception, les essais en développement, la fabrication, la chaîne d'approvisionnement, le support à la clientèle, le centre de service, etc. Il s'agit d'une transformation de la division opérationnelle traditionnelle, optimisée pour fonctionner en « silos », à une entreprise optimisée pour la chaîne de valeur. Des technologies innovantes et multidisciplinaires doivent être développées dans chaque organisation de la compagnie.

Les quatre principaux secteurs de recherche et développement requis pour une entreprise numérique intelligente sont :

**1.0 L'Intégration Verticale** : L'habileté de l'entreprise à être hautement réactive aux changements d'approvisionnement et de demande, aux délais et aux défauts par le

biais de systèmes de production cyberphysiques. Pour atteindre cet objectif, différents niveaux hiérarchiques de l'entreprise doivent être mis en réseau en utilisant des systèmes informatiques intégrés. Ceci comprend : la modélisation et la simulation intégrée des systèmes, la surveillance d'état et l'analyse prédictive, les modèles d'intelligence distribuée pour le transport autonome décentralisé, le contrôle qualité statistique basé sur les mégadonnées, etc.

2.0 L'Intégration Horizontale : La mise en réseau de toutes les étapes du procédé dans la chaîne de valeur, incluant les partenaires externes et les clients. Ceci comprend : la gestion des priorités dans le développement de produit, les chaînes d'approvisionnement intelligentes, la planification logistique intelligente, la création de réseaux d'approvisionnement adaptés, le séquençement et la prévision des projets en temps réel, la prise de décision qui tient compte du risque, etc.

3.0 Through-Engineering: Axer ses efforts sur la totalité du cycle de vie du produit. Intégrer et coordonner la conception, le développement et la fabrication avec le cycle de vie et avoir accès aux données et aux informations à chaque étape. Ceci comprend : l'étude multicritères de la performance du développement de produit après l'implantation de la gestion du cycle de vie, les agents intelligents et collaboratifs, et la gestion dynamique et distribuée des priorités pour accroître la performance du développement de produit, etc.

4.0 Technologies de Rupture: Conception et optimisation multidisciplinaire, simulation du produit en développement. Optimisation multidisciplinaire de l'usine, dans laquelle toutes les disciplines de la fabrication (matériaux, formage et procédés d'assemblage, outillage, usinage, robotique, manutention des matériaux, fabrication additive, etc.) peuvent être modélisées, simulées et intégrées. Intelligence artificielle. Fabrication additive (FA). Les systèmes intelligents de fabrication : usinage à porte fermée, prise de mesures en cours de procédé, compensation dynamique, suivi des tendances, surveillance des procédés, assurance de contrôle des procédés, traçabilité des données de qualité et de procédé, etc.

Beaucoup de projets ont déjà été accomplis depuis 2008 et de nouveaux projets sont envisagés et en discussion avec les partenaires industrielles et universitaires. Exemples: établir une échelle de maturité pour industrie 4.0 : « Aéro 4.0<sup>MC</sup> KPI », la modélisation et la simulation intégrée des systèmes, essais de développement intelligent et virtuel, la planification logistique intelligente, optimisation multidisciplinaire de l'usine, robotique de précision, interaction robots-humains et robots collaboratifs (cobots), fabrication additive, modélisation et simulation d'usinage, système de maintenance prédictive et « MACHFab4.0 » , un programme de partenariat entre Aéro Montréal, AÉROÉTS, le CEFRIO et STIQ, qui vise à doter les PME québécoises du domaine aérospatial de processus, d'outils et de programmes de formation qui leur permettront d'automatiser et de numériser leurs installations.

## **Volet éducation et formation**

Comme le souligne le rapport de 2015 de Boston Consulting Group (BCG), l'Industrie 4.0 entraînera des changements importants à la main-d'œuvre de demain. Malgré une utilisation accrue de la robotique et de l'informatisation, nous assisterons à une nette augmentation des emplois. Il s'agira alors de conserver les effectifs, de réorganiser les modèles organisationnels, de procéder à un recrutement stratégique et de planifier les besoins en main-d'œuvre.

Les établissements d'enseignement doivent répondre aux besoins de l'Industrie 4.0, fournir un plus large éventail de compétences et combler le fossé des compétences dans le domaine des TIC. Le rapport de BCG souligne les dix incidences qu'aura l'Industrie 4.0 sur la main-d'œuvre :

1. Le contrôle de la qualité par les mégadonnées : les algorithmes basés sur les données historiques détectent les problèmes de qualité et réduisent les défaillances du produit;
2. La production robotisée : des robots humanoïdes flexibles s'acquittent de certaines opérations telles que le montage et l'emballage;
3. Les véhicules logistiques sans chauffeur : les systèmes de transport entièrement automatisés se déplacent sans encombre à l'intérieur de l'usine;
4. La simulation d'une chaîne de production : un logiciel novateur simule et optimise une chaîne de montage;
5. Le réseau d'approvisionnement intelligent : le contrôle du réseau d'approvisionnement dans son ensemble permet de prendre des décisions mieux éclairées en matière d'approvisionnement;
6. La maintenance préventive : le matériel de surveillance à distance permet d'apporter les réparations avant que surviennent pannes;
7. Les machines en tant que service : les constructeurs vendent un service, y compris la maintenance, au lieu d'une machine;
8. La production auto-organisatrice : on optimise l'utilisation et les résultats des machines automatiquement coordonnées;
9. La fabrication additive de pièces complexes : des imprimantes 3D créent des pièces complexes en une seule étape et éliminent le montage;
10. L'augmentation du travail, de la maintenance et du service : la quatrième dimension facilite l'encadrement opérationnel, l'aide à distance et la documentation.

Nous aurons besoin de « **scientifiques des données industrielles** » possédant de solides connaissances en TIC et en IA, en conception d'interface utilisateur, en analytique de pointe, en analyse de cause fondamentale et en programmation des statistiques. Nous aurons également besoin de « **coordonnateurs de robots** » qui superviseront les robots, les répareront et effectueront leur entretien urgent. Les programmes de formation des techniciens, des ingénieurs et des administrateurs devront fournir des compétences en TIC grâce à des outils d'apprentissage virtuel.

AéroFormation, un consortium créer en 2013 entre l'École des métiers de l'aérospatiale de Montréal (EMAM), l'École nationale d'aérotechnique (ENA) et le Centre aérospatial de perfectionnement (CAPE - Université McGill et ÉTS), en partenariat avec Aéro Montréal et le CAMAQ, répondra aux problématiques énoncées plus haut. L'objectif est d'élaborer diverses formations continues et de courte durée pour préparer les ouvriers spécialisés, les techniciens et les ingénieurs aux nouvelles compétences exigées par l'Industrie 4.0. Des cours sur «l'Aérospatiale 4.0 » sont déjà planifiés pour novembre 2016 et avril 2017. Ces cours seront également offerts aux étudiants des Instituts aérospatiaux de Montréal (IAM) et du programme de formation orientée vers la nouveauté, la collaboration et l'expérience en recherche du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) en fabrication aérospatiale (FONCER-CREATE)



Juillet 2016