Des pistes pour aborder l'ère du 4.0

Louis RIVEST, ing., Ph.D.
Professeur titulaire
Département de génie de la production automatisée
ETS Montréal
louis.rivest@etsmtl.ca

Prof. Christophe DANJOU – École Polytechnique, Montréal
Prof. Robert PELLERIN – École Polytechnique, Montréal

20 juin 2018

© Rivest, Danjou, Pellerin, 2018

Contenu

- La 4e révolution industrielle
- Comment se positionner?
- Exemples de positionnements 4.0

La 4e révolution industrielle

Présentation basée sur le rapport:

PME 2.0 - Le passage au numérique

Industrie 4.0: Des pistes pour aborder l'ère du numérique et de la connectivité

C.DANJOU, R.PELLERIN & L.RIVEST

CEFRIO, 2017

© Rivest, Danjou, Pellerin, 2018

La 4e révolution industrielle

- Initialement apparu en 2011 à la faveur d'un effort allemand, le terme 'Industrie 4.0' évoque une 4ème révolution industrielle [Drath & Horch, 2014].
- Plusieurs termes sont associés à cette 4e révolution :
  - *SmartManufacturing*, Usine du futur, Manufacturing Renaissance …
  - Termes qui interpellent l'usine et la production manufacturière

© Rivest, Danjou, Pellerin, 2018

La 4e révolution industrielle

- Les éléments à la base de l'I*ndustrie 4.0* sont:
  - La présence de **communication en temps réel** pour **surveiller et agir** sur les processus physiques.
  - Les **systèmes communiquent et coopèrent** entre eux, et avec les humains, pour **décentraliser la prise de décisions**.
- *L'Industrie 4.0* met donc l'accent sur le numérique et la **connectivité ubiquitaire**

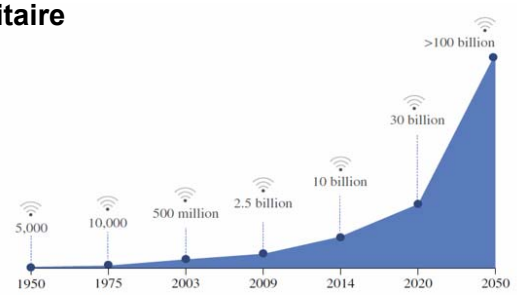


Figure 1 : Historical and forecasted number of connected devices in the world (Geng, 2017)

© Rivest, Danjou, Pellerin, 2018

La 4e révolution industrielle

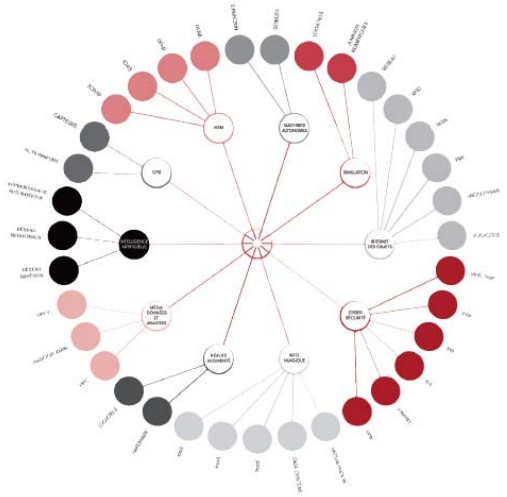
- Définition

Industrie 4.0 est une stratégie qui s'appuie sur le **numérique** et la **connectivité ubiquitaire**, grâce à différentes technologies, afin de **transformer les processus, les produits et les services** par une prise de **décision en temps-réel et décentralisée** permettant l'apparition de nouvelles capacités pour les systèmes, en coopération avec les humains, pour aller de la **surveillance à l'autonomie**.

© Rivest, Danjou, Pellerin, 2018

La 4e révolution industrielle

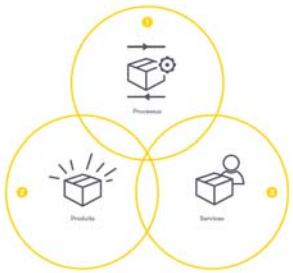
Quelles sont les technologies en jeu dans cette 4e révolution industrielle?



© Rivest, Danjou, Pellerin, 2018

Douze positionnements stratégiques

- Le numérique et la **connectivité ubiquitaire** favorisent le développement de nouveaux processus manufacturiers, mais aussi permet l'émergence de nouveaux produits ou services.
- L'*Industrie 4.0* se décline donc en termes de:
  - Processus
  - Produits
  - Services



© Rivest, Danjou, Pellerin, 2018

Douze positionnements stratégiques

Déclinaison processus, produits et services

- L'*Industrie 4.0* promet une transformation des modes de production.
- Les décisions de production sont adaptées en temps réel par des machines autonomes et la communication entre systèmes cyber-physiques.
- Vers le 'lot unitaire'.

Adapté de [Kohler & Weisz, 2015]

© Rivest, Danjou, Pellerin, 2018

Douze positionnements stratégiques

Déclinaison processus, produits et services

- Les **produits** connectés permettent la collecte de données en temps réel.
- Ces données peuvent être transmises et analysées pour permettre au système de s'adapter ou d'agir sur son environnement.

Adapté de [Kohler & Weisz, 2015]

© Rivest, Danjou, Pellerin, 2018

Douze positionnements stratégiques

Déclinaison processus, produits et services

- La disponibilité des données et les possibilités d'analyse amènent des opportunités de développement de nouveaux **services** (*data-based services* – [Geissbauer et al., 2016]).

Adapté de [Kohler & Weisz, 2015]

© Rivest, Danjou, Pellerin, 2018

Douze positionnements stratégiques

L'émergence de l'*Industrie 4.0* impose deux défis majeurs aux chefs d'entreprises:

1. Imaginer, envisager, anticiper, de quelle façon les technologies peuvent se combiner pour transformer les produits, les processus et les services offerts ; et
2. Maîtriser ces technologies, souvent extérieures au cœur de métier de l'entreprise, afin d'être en mesure de créer ces nouveaux processus, produits ou services.

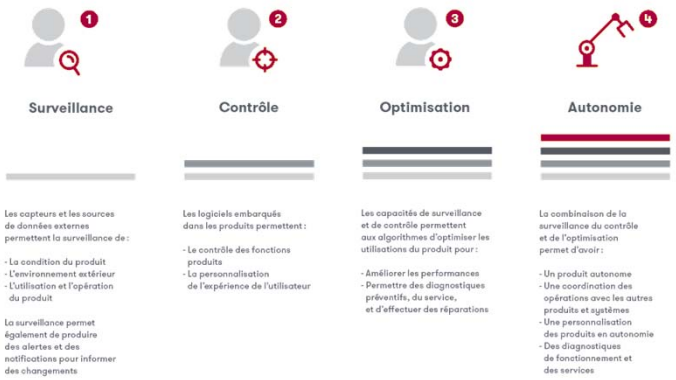
On se concentre ici sur le 1er défi en quadrillant l'espace de solutions pour dégager douze positionnements stratégiques.

© Rivest, Danjou, Pellerin, 2018

Douze positionnements stratégiques

Capacités de surveillance, contrôle, optimisation ou autonomie

- La disponibilité massive de fonctions de connectivité permet donc la mise en œuvre de nouvelles capacités pour les processus, produits et services.



Adapté de [Porter & Heppelmann, 2014]

© Rivest, Danjou, Pellerin, 2018

Douze positionnements stratégiques

Capacités de surveillance, contrôle, optimisation ou autonomie

Surveillance :

- Grâce à des capteurs le système surveille son état ou celui de son environnement.
- Grâce à ses capacités de connectivité, le système émet des alertes auquel un humain donnera suite.
- Ex.: Montre fitbit: nombre de pas, sommeil, …

© Rivest, Danjou, Pellerin, 2018

Capacités de surveillance, contrôle, optimisation ou autonomie

Contrôle :

- Grâce à des capteurs le système surveille son état ou celui de son environnement.
- Le système est contrôlé par des algorithmes qui déterminent une action simple pour répondre aux changements de son état ou de son environnement.
- Ex.: Capteur de température sur roulements à billes de la broche

© Rivest, Danjou, Pellerin, 2018

Capacités de surveillance, contrôle, optimisation ou autonomie

Optimisation :

- Le riche flux de données de surveillance, associé à la capacité de contrôle, permet d'optimiser les performances du système.
- Ex.: ventilation selon polluant ou température de la pièce

© Rivest, Danjou, Pellerin, 2018

Douze positionnements stratégiques

Capacités de surveillance, contrôle, optimisation ou autonomie

Autonomie :

- Les capacités de surveillance, de contrôle et d'optimisation se combinent pour conférer de l'autonomie au système.
- Un système autonome est capable d'apprendre de son environnement, d'auto-diagnostiquer ses besoins et de s'adapter aux préférences de l'utilisateur.
- Exemple: l'aspirateur autonome Roomba de iRobot

© Rivest, Danjou, Pellerin, 2018

Douze positionnements stratégiques

	Surveillance	Contrôle	Optimisation	Autonomie
Processus				
Produits				
Services				

© Rivest, Danjou, Pellerin, 2018

Contenu

- La 4e révolution industrielle
- Comment se positionner?
- Exemples de positionnements 4.0

Exemples de positionnements 4.0

ÉTS – Le génie pour l'industrie

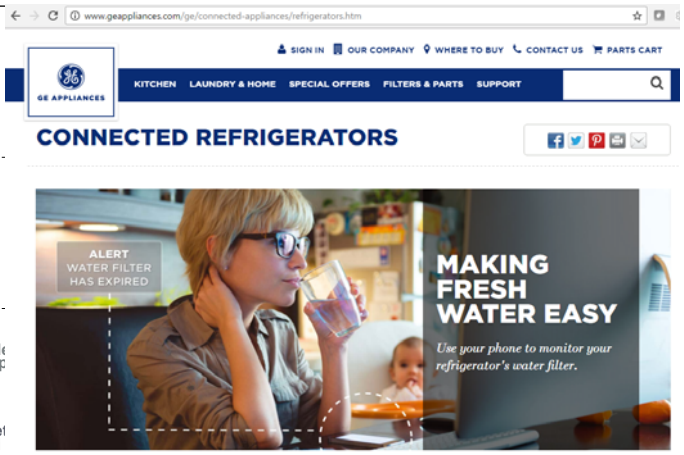
	Surveillance	Contrôle	Optimisation	Autonomie
Processus	Masonite Poka & Worximity	Taupie Shaper	Parc éolien ITMI; Lunettes DAQRI	SmartFactory
Produits	Réfrigérateur avec alarme Raquette Babolat	Voiture Tesla; Moteurs John Deere; Emballage 4.0	Éoliennes WTC	Voiture autonome; Robot Roomba
Services	Gant de Golf Zepp; Bracelet Proxxi	ProGlove; Ampoule Philips; PowerSuit; Bracelet Up2	Ventilateur BigAss	Fermes connectées

© Rivest, Danjou, Pellerin, 2018

20

Exemples de positionnements 4.0

Processus	Masonite Poka & Worximity			
Produits	Réfrigérateur avec alarme			
Services	Raquette Babolat, Smart Socks Sensoria, Gant de Golf Zepp, Chandail Hexoskin, Bracelet Proxxi			
	Surveillance	**Contrôle**	**Optimisation**	**Autonomie**



© Rivest, Danjou, Pellerin, 2018

Exemples de positionnements 4.0

Processus	Masonite Poka & Worximity	
Produits	Réfrigérateur avec alarme	
Services	Raquette Babolat, Smart Socks Sensoria, Gant de Golf Zepp, Chandail Hexoskin, Bracelet Proxxi	
	Surveillance	

Bracelet Proxxi

- Bracelet connecté équipé de capteurs pouvant détecter le niveau de tension environnant et la proximité de la source.
- L'utilisateur reçoit une série de vibrations croissantes en fonction de sa distance à la source et du niveau de tension.
- Conçu pour prévenir les blessures ou la mort en alertant le porteur avant qu'il ne pénètre un champ électrique haute tension.
- La société mère reçoit des alertes de sécurité et des informations sur la conduite des équipes, les emplacements dangereux, afin de prévenir les comportements à risque.

© Rivest, Danjou, Pellerin, 2018

Exemples de positionnements 4.0

	Surveillance	Contrôle	Optimisation	Autonomie
Processus	Masonite Poka & Worximity	 Toupie Shaper	Usine Bosch Rexroth Lunettes DAQRI Parc éolien ITMI	SmartFactory
Produits	Réfrigérateur avec alarme	Voiture Tesla Moteurs John Deere	Éoliennes WTC	Voiture autonome Robot Roomba
Services	Raquette Babolat Smart Socks Sensoria Gant de Golf Zepp Chandail Hexoskin Bracelet Proxxi	Emballage 4.0 ProGlove Ampoule Philips PowerSuit Bracelet Up2	Ventilateur BigAss	Fermes connectées

© Rivest, Danjou, Pellerin, 2018

Exemples de positionnements 4.0

La toupie Shaper Origin utilise la vision par ordinateur pour déterminer son emplacement sur la surface à découper.
Ses moteurs affinent la position de la broche, de manière à corriger en temps réel sa trajectoire en fonction de la position du corps de la machine, guidé par les mains de l'opérateur.

© Rivest, Danjou, Pellerin, 2018

Exemples de positionnements 4.0

	Surveillance	Contrôle	Optimisation	Autonomie
Processus	Masonite Poka & Worximity	 Toupie Shaper	Usine Bosch Rexroth Lunettes DAQRI Parc éolien ITMI	SmartFactory
Produits	Réfrigérateur avec alarme	Voiture Tesla Moteurs John Deere	Éoliennes WTC	Voiture autonome Robot Roomba
Services	Raquette Babolat Smart Socks Sensoria Gant de Golf Zepp Chandail Hexoskin Bracelet Proxxi	Emballage 4.0 ProGlove Ampoule Philips PowerSuit Bracelet Up2	Ventilateur BigAss	Fermes connectées

© Rivest, Danjou, Pellerin, 2018

Exemples de positionnements 4.0

	Surveillance	Contrôle	Optimisation	Autonomie
Processus	Lunettes de réalité augmentée DAQRI - Smart Glasses: • La R/A ajoute des infos numériques en lien avec la réalité environnante. • Pour assister un usager dans la réalisation de ses tâches. • Pour fournir aux opérateurs des données et des instructions en lien avec la prochaine étape de travail. • .Pour obtenir une assistance à distance, en utilisant la caméra de suivi pour relayer ce qu'ils voient à des collègues.		Usine Bosch Rexroth Lunettes DAQRI Parc éolien ITMI	SmartFactory
Produits				
Services				

© Rivest, Danjou, Pellerin, 2018

Exemples de positionnements 4.0

Lunettes de réalité augmentée:

- 2 exemples d'usages en R/A
- Fournir information pour optimiser les processus

© Rivest, Danjou, Pellerin, 2018

Exemples de positionnements 4.0

	Surveillance	Contrôle	Optimisation	Autonomie
Processus	Masonite Poka & Worximity	Taupie Shaper	Parc éolien ITMI; Lunettes DAQRI	SmartFactory
Produits	Réfrigérateur avec alarme Raquette Babolat	Voiture Tesla; Moteurs John Deere; Emballage 4.0	Éoliennes WTC	Voiture autonome; Robot Roomba
Services	Gant de Golf Zepp; Bracelet Proxxi	ProGlove; Ampoule Philips; PowerSuit; Bracelet Up2	Ventilateur BigAss	Fermes connectées

© Rivest, Danjou, Pellerin, 2018

Exemples de positionnements 4.0

iRobot® Roomba® 980
Wi-Fi® Connected Robot Vacuum

Item # R980020

$799.99

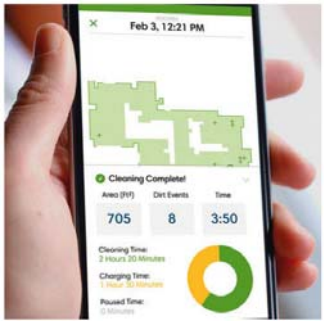
- L'aspirateur autonome adapte sa trajectoire selon l'analyse de son environnement…

http://store.irobot.com/default/roomba-vacuuming-robot-vacuum-irobot-roomba-980/R980020.html

© Rivest, Danjou, Pellerin, 2018

Exemples de positionnements 4.0

- Il optimise la puissance d'aspiration en fonction de la surface
- Il retourne à sa base lorsqu'il faut recharger les batteries
- Bien sûr, une apps sur le téléphone permet de suivre le travail…



http://store.irobot.com/default/roomba-vacuuming-robot-vacuum-irobot-roomba-980/R980020.html

© Rivest, Danjou, Pellerin, 2018

Exemples de positionnements 4.0

	Surveillance	Contrôle	Optimisation	Autonomie
Processus	Masonite Poka & Worximity	 Toupie Shaper	 Parc éolien ITMI Lunettes DAQRI	SmartFactory
Produits	Réfrigérateur avec alarme Raque... Babolat	Voiture Tesla Moteurs John Deere Emballage 4.0	Éoliennes WTC	 Voiture autonome Robot Roomba
Services	 Gant de Golf Zepp Bracelet Proxxi	ProGlove Ampoule Philips PowerSuit Bracelet Up2	Ventilateur BigAss	Fermes connectées

© Rivest, Danjou, Pellerin, 2018

31

Conclusion

- Numérique et connectivité ubiquitaire à la base de l'ère 4.0
- L'*Industrie 4.0* n'est pas que dans l'usine!
- La grille d'analyse proposée combine les dimensions:
  - Processus, produits, services
  - Les capacités de surveillance, contrôle, optimisation ou autonomie
  - Douze positionnements stratégiques
- A chaque organisation sa stratégie
  - Commencer avec des projets limités ?

© Rivest, Danjou, Pellerin, 2018

32