

Colloque de recherche: Laboratoire POLY-Industries 4.0

Des cas concrets de réussite à 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



© Rivest, Danjou, Pellerin et CEFRIO, 2017

25 août 2017

1



Contenu

Douze positionnements stratégiques

Exemples de réussites 4.0

Conclusion



Le génie pour l'industrie

Des cas concrets de réussite à l'ère du 4.0

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

Christophe DANJOU, Robert PELLERIN & Louis RIVEST

CEFRIQ, 2017

...propose une grille d'analyse pour comprendre les principaux enjeux de l'Industrie 4.0...

Les exemples sont beaucoup plus détaillés pour cette présentation...



© Rivest, Danjou, Pellerin et CEFRIQ, 2017

3

ÉTS
Le génie pour l'industrie

Douze positionnements stratégiques

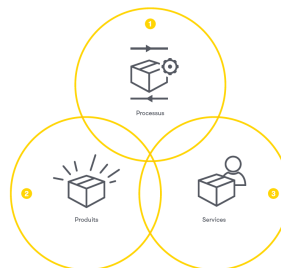
SmartManufacturing, Usine du futur, ... que pour l'usine?

Le terme *Industrie 4.0* prend appui sur la **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**, favorisant ainsi le développement de nouveaux:

- Processus
- Produits
- Services



© Rivest, Danjou, Pellerin et CEFRIQ, 2017

4

ÉTS
Le génie pour l'industrie

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 1^{er} défi en quadrillant l'espace de solutions pour dégager douze positionnements stratégiques.

Douze positionnements stratégiques

Déclinaison processus, produits et services



- L'*Industrie 4.0* promet une transformation des modes de production, passant de la production de masse à une production individualisée (lot unitaire).
- Les processus sont plus agiles et reconfigurables pour s'ajuster aux besoins du client et maximiser la création de valeur.
- Les décisions de production sont adaptées en temps réel par des machines autonomes et la communication entre systèmes cyber-physiques.

Adapté de [Kohler & Weisz, 2015]

Douze positionnements stratégiques

Déclinaison processus, produits et services

Processus



Produits



Services



- Les **produits** connectés permettent la collecte de données en temps réel.
- Ces données peuvent être analysées immédiatement et permettre au système de s'adapter à son environnement de manière autonome, ou être utilisées ultérieurement pour le développement de nouveaux produits ou services.

Adapté de [Kohler & Weisz, 2015]

Douze positionnements stratégiques

Déclinaison processus, produits et services

Processus



Produits



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]).
- Cela permet le développement de nouveaux marchés.

Adapté de [Kohler & Weisz, 2015]

Douze positionnements stratégiques

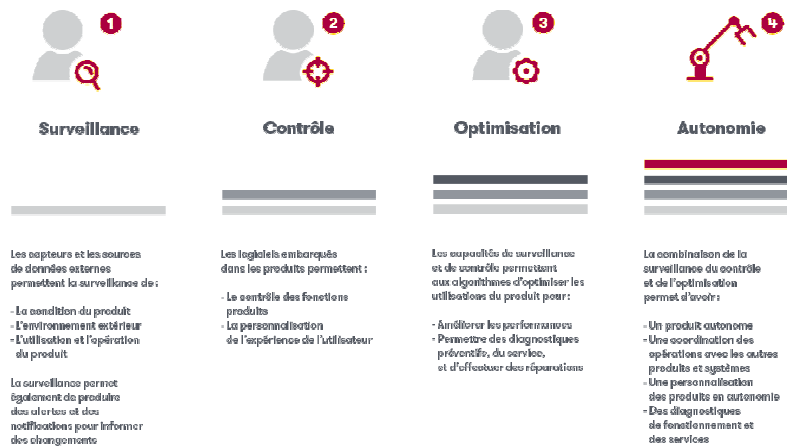
Capacités de surveillance, contrôle, optimisation ou autonomie



- La disponibilité massive de fonctions de connectivité permet la mise en œuvre de nouvelles capacités pour les processus, produits et services.
- Ces nouvelles capacités peuvent être regroupées en quatre classes : la surveillance, le contrôle, l'optimisation et l'autonomie.

Douze positionnements stratégiques

Capacités de surveillance, contrôle, optimisation ou autonomie



Adapté de [Porter & Heppelmann, 2014]

Douze positionnements stratégiques

Capacités de surveillance, contrôle, optimisation ou autonomie



Surveillance

Les capteurs et les sources de données externes permettent la surveillance de :

- La condition du produit
- L'environnement extérieur
- L'utilisation et l'expiration du produit

La surveillance permet également de produire des alertes et des notifications pour informer des changements

Surveillance :

- Les capacités numériques et de connectivité sont mises en œuvre pour surveiller l'état ou le fonctionnement du système et de son environnement.
- Grâce à des capteurs, ou à des sources de données extérieures, le système peut émettre des alertes, mais n'exerce pas lui-même d'action.
- Cette surveillance permet de suivre l'évolution des caractéristiques du système et de disposer d'un historique de fonctionnement afin d'éclairer une éventuelle prise de décision.
- Ex.: Le réfrigérateur General Electric émet une alerte de porte ouverte sur le téléphone de son propriétaire.

Douze positionnements stratégiques

Capacités de surveillance, contrôle, optimisation ou autonomie



Surveillance

Les capteurs et les sources de données externes permettent la surveillance de :

- La condition du produit
- L'environnement extérieur
- L'utilisation et l'expiration du produit

La surveillance permet également de produire des alertes et des notifications pour informer des changements



Contrôle

Les logiciels embarqués dans les produits permettent :

- Le contrôle des fonctions produits
- La personnalisation de l'expérience de l'utilisateur

Contrôle :

- Le système est contrôlé par des algorithmes qui déterminent une action simple pour répondre aux changements de son état ou de son environnement.
- Cette fonction permet à l'utilisateur d'interagir avec le système pour en personnaliser le comportement.
- Ex.: Mise en marche d'un ventilateur qui assure un apport d'air frais lorsque la concentration d'un polluant atteint un certain seuil.

Douze positionnements stratégiques

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.
- Le système peut mener des analyses sur les données de fonctionnement ou d'utilisation et appliquer des algorithmes afin d'optimiser l'utilisation et l'efficacité du système.
- Exemple, WTC optimise l'orientation des pales de ses éoliennes pour réguler la puissance générée.



Optimisation



Les capacités de surveillance et de contrôle permettent aux algorithmes d'optimiser les utilisations du produit pour :

- Améliorer les performances
- Permettre des diagnostics préventifs, du service, et d'effectuer des réparations



Autonomie



La combinaison de la surveillance du contrôle et de l'optimisation permet d'avoir :

- Un produit autonome
- Une coordination des opérations avec les autres produits et systèmes
- Une personnalisation des produits en autonomie
- Des diagnostics de fonctionnement et des services

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.
- Ces systèmes autonomes peuvent agir en coordination avec d'autres produits ou systèmes de leur environnement.
- Exemple: l'aspirateur autonome Roomba de iRobot adapte sa trajectoire selon l'analyse de son environnement, optimise la puissance d'aspiration en fonction de la surface et retourne à sa base lorsqu'il faut recharger les batteries.



Autonomie



La combinaison de la surveillance du contrôle et de l'optimisation permet d'avoir :

- Un produit autonome
- Une coordination des opérations avec les autres produits et systèmes
- Une personnalisation des produits en autonomie
- Des diagnostics de fonctionnement et des services

Douze positionnements stratégiques

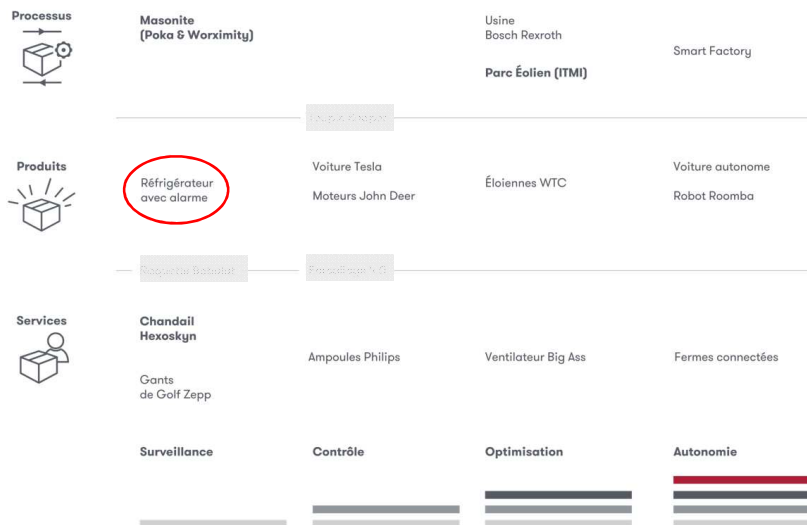


© Rivest, Danjou, Pellerin et CEFRIQ, 2017

15

ÉTS
Le génie pour l'industrie

Exemples de PPS 4.0



© Rivest, Danjou, Pellerin et CEFRIQ, 2017

16

ÉTS
Le génie pour l'industrie

Exemples de PPS 4.0

The screenshot shows the GE Appliances website with a navigation menu on the left. The 'Produits' (Products) section is highlighted, and 'Réfrigérateur avec alarme' (Refrigerator with alarm) is circled in red. The main content area features a banner for 'CONNECTED REFRIGERATORS' with a woman drinking water and a text overlay: 'ALERT WATER FILTER HAS EXPIRED' and 'MAKING FRESH WATER EASY'. Below the banner, there are four horizontal bars of varying lengths representing different product categories.

© Rivest, Danjou, Pellerin et CEFRIQ, 2017

17

ÉTS
Le génie pour l'industrie

Exemples de PPS 4.0

The screenshot shows the Zepp Labs website with a navigation menu on the left. The 'Produits' (Products) section is highlighted, and 'Gants de Golf Zepp' (Golf Zepp gloves) is circled in red. The main content area features a large image of a golf glove and a smartphone displaying a golf swing analysis app. The app screen shows a golf ball, a club, and a score of 72. Below the glove and phone, there are four horizontal bars of varying lengths representing different product categories.

© Rivest, Danjou, Pellerin et CEFRIQ, 2017

18

ÉTS
Le génie pour l'industrie

Exemples de PPS 4.0

Analyseur d'élan 3D Golf 2 de Zepp

179,95 \$

Véritable entraîneur personnel, l'analyseur d'élan 3D Golf 2 de Zepp s'associe à une app pour iPhone pour vous aider à mieux comprendre votre élan. Fixez simplement le capteur sur votre gant pour faire progresser votre technique.

Analyseur d'élan 3D

Mesurez les principaux aspects de votre élan : la vitesse et l'inclinaison du bâton, la vitesse de la main, le tempo, la longueur de l'élan arrière et plus encore. Puis, passez en revue une représentation 3D de votre élan sous n'importe quel angle. La fonction de saisie vidéo automatique de Zepp se charge même de filmer chacune de vos prouesses, pour vous permettre de comparer données et vidéos.



<https://www.apple.com/xf/shop/product/HJZ52ZM/A/analyseur-d%E2%80%99C3%A9lan-3d-golf-2-de-zepp>

© Rivest, Danjou, Pellerin et CEFRIO, 2017

19

ÉTS
Le génie pour l'industrie

Exemples de PPS 4.0



Image extraite de : <https://www.youtube.com/watch?v=ETsk72Lc-pk>

© Rivest, Danjou, Pellerin et CEFRIO, 2017

20

ÉTS
Le génie pour l'industrie

Exemples de PPS 4.0



Masonite
(Poka & Worximity)



Réfrigérateur
avec alarme



Chandail
Hexoskyn

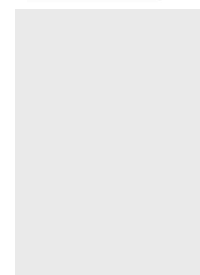
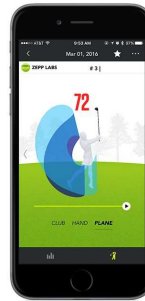
Gants
de Golf Zepp

Surveillance

Surveillance :

Les capacités numériques et de connectivité sont mises en œuvre pour surveiller l'état ou le fonctionnement du système et son environnement extérieur.

Ainsi, le système peut émettre des alertes, mais n'exerce pas lui-même d'action corrective.



© Rivest, Danjou, Pellerin et CEFRIQ, 2017

21

ÉTS
Le génie pour l'industrie

Exemples de PPS 4.0



Masonite
(Poka & Worximity)

Usine
Bosch Rexroth

Parc Éolien (ITMI)

Smart Factory



Réfrigérateur
avec alarme

Toupie Shaper

Voiture Tesla

Moteurs John Deer

Éoliennes WTC

Voiture autonome

Robot Roomba



Chandail
Hexoskyn

Gants
de Golf Zepp

Ampoules Philips

Ventilateur Big Ass

Fermes connectées

Surveillance

Contrôle

Optimisation

Autonomie

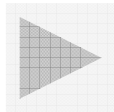
© Rivest, Danjou, Pellerin et CEFRIQ, 2017

22

ÉTS
Le génie pour l'industrie

Exemples de PPS 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.



Film 1min 50sec @ <https://youtu.be/Xo0CiJjTGJE>

© Rivest, Danjou, Pellerin et CEFRIQ, 2017

<https://shapertools.com/#Howitworks>

23

ETS
Le génie pour l'industrie

Exemples de PPS 4.0



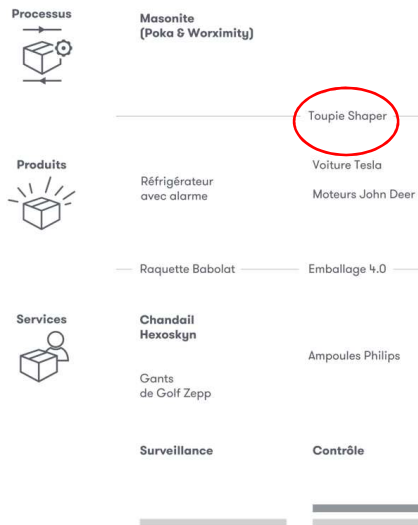
Pour le bricoleur occasionnel, il s'agit d'un produit de l'ère 4.0.
Pour un fabricant de meubles, elle contribue au processus de production, de manière transparente à son propre client.

© Rivest, Danjou, Pellerin et CEFRIQ, 2017

24

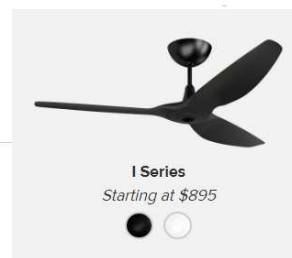
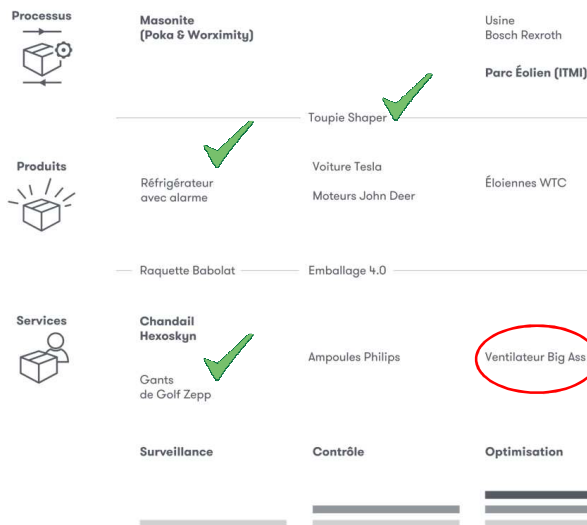
ETS
Le génie pour l'industrie

Exemples de PPS 4.0



Contrôle :
Le système est contrôlé par des algorithmes qui déterminent une action simple du système pour répondre aux changements de son état ou de son environnement.

Exemples de PPS 4.0



Exemples de PPS 4.0

Un système à capacité d'optimisation peut mener des analyses sur les données de fonctionnement ou d'utilisation et appliquer des algorithmes afin d'optimiser l'utilisation et l'efficacité du système.

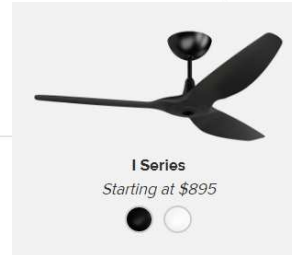
Usine
Bosch Rexroth
Smart Factory

Parc Éolien (ITMI)

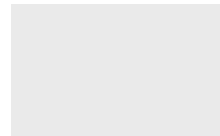
Éoliennes WTC

Ventilateur Big Ass

Optimisation



I Series
Starting at \$895



© Rivest, Danjou, Pellerin et CEFRIQ, 2017

<http://www.bigassfans.com/products/haiku/>

27

ÉTS
Le génie pour l'industrie

Exemples de PPS 4.0

Le ventilateur Haiku, de Big Ass, s'actionne lorsqu'il détecte l'entrée d'utilisateurs dans une pièce et régule sa vitesse en fonction de ses préférences, de la température et de l'humidité de l'environnement.

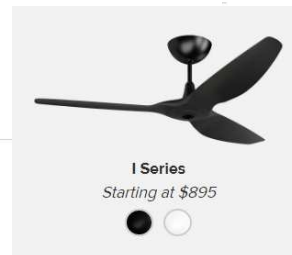
Usine
Bosch Rexroth
Smart Factory

Parc Éolien (ITMI)

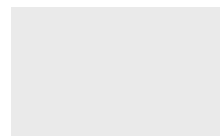
Éoliennes WTC

Ventilateur Big Ass

Optimisation



I Series
Starting at \$895



© Rivest, Danjou, Pellerin et CEFRIQ, 2017

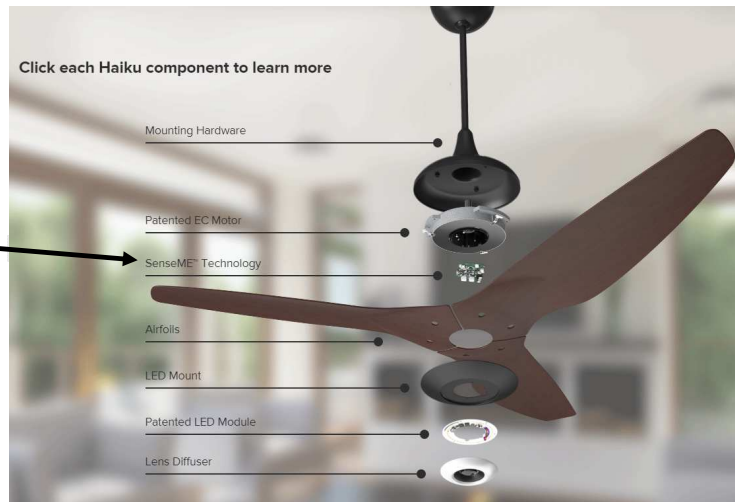
<http://www.bigassfans.com/products/haiku/>

28

ÉTS
Le génie pour l'industrie

Exemples de PPS 4.0

SenseME
Technology



© Rivest, Danjou, Pellerin et CEFRIQ, 2017

<http://www.bigassfans.com/products/haiku/>

29

ÉTS
Le génie pour l'industrie

Exemples de PPS 4.0



Image extraite de : <https://youtu.be/p0OviQRm4W0>

© Rivest, Danjou, Pellerin et CEFRIQ, 2017

30

ÉTS
Le génie pour l'industrie

Exemples de PPS 4.0



Smarter Lighting

Smarter Lighting simplifies your life by automatically dimming and brightening in response to changes in ambient light. That means you save energy and your room is always lit exactly how you like it.



Motion Sensing

Built-in motion sensors save energy by turning your fans and lights on automatically when you enter the room and off when you leave – no switches necessary.



Haiku Home App

Use the Haiku Home app to conveniently set and adjust your comfort and lighting preferences, group multiple fans and lights, and update product firmware.



© Rivest, Danjou, Pellerin et CEFRIQ, 2017

<http://www.bigassfans.com/products/haiku/>

31

ÉTS
Le génie pour l'industrie

Exemples de PPS 4.0



Processus
Masonite
(Poka & Worximity)

Usine
Bosch Rexroth
Parc Éolien (ITMI)



Toupie Shaper



Réfrigérateur
avec alarme

Voiture Tesla
Moteurs John Deer

Éoliennes WTC



Robot Roomba

Raquette Babolat

Emballage 4.0

Services
Chandail
Hexoskyn
Gants
de Golf Zepp

Ampoules Philips

Ventilateur Big Ass

Fermes connectées

Surveillance

Contrôle

Optimisation

Autonomie

© Rivest, Danjou, Pellerin et CEFRIQ, 2017

32

ÉTS
Le génie pour l'industrie

Exemples de PPS 4.0

Un système autonome est capable d'apprendre de son environnement, d'auto-diagnostiquer ses besoins et de s'adapter aux préférences de l'utilisateur.

Les systèmes autonomes peuvent agir en coordination, en temps réel, avec d'autres produits ou systèmes de leur environnement.



Robot Roomba

Fermes connectées

Autonomie



Exemples de PPS 4.0

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

Item # R980020

\$799.99

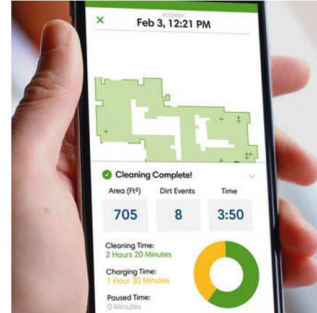
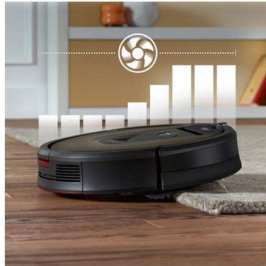
- L'aspirateur autonome adapte sa trajectoire selon l'analyse de son environnement...



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

Exemples de PPS 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 et CEFRIQ, 2017

35

ÉTS
Le génie pour l'industrie

Conclusion

- Le numérique et la connectivité sont à la base de l'ère 4.0
- Un chemin unique pour chaque organisation...
- La grille d'analyse proposée combine les dimensions:
 - Processus, produits, services
 - Le capacités de surveillance, contrôle, optimisation ou autonomie
 - Douze positionnements stratégiques aux entreprises
- Les perspectives sont illustrées via 5 exemples
- Pas parlé de techno!

© Rivest, Danjou, Pellerin et CEFRIQ, 2017

36

ÉTS
Le génie pour l'industrie