



**CONSORTIUM DE RECHERCHE EN INGÉNIERIE  
DES SYSTÈMES INDUSTRIELS 4.0**

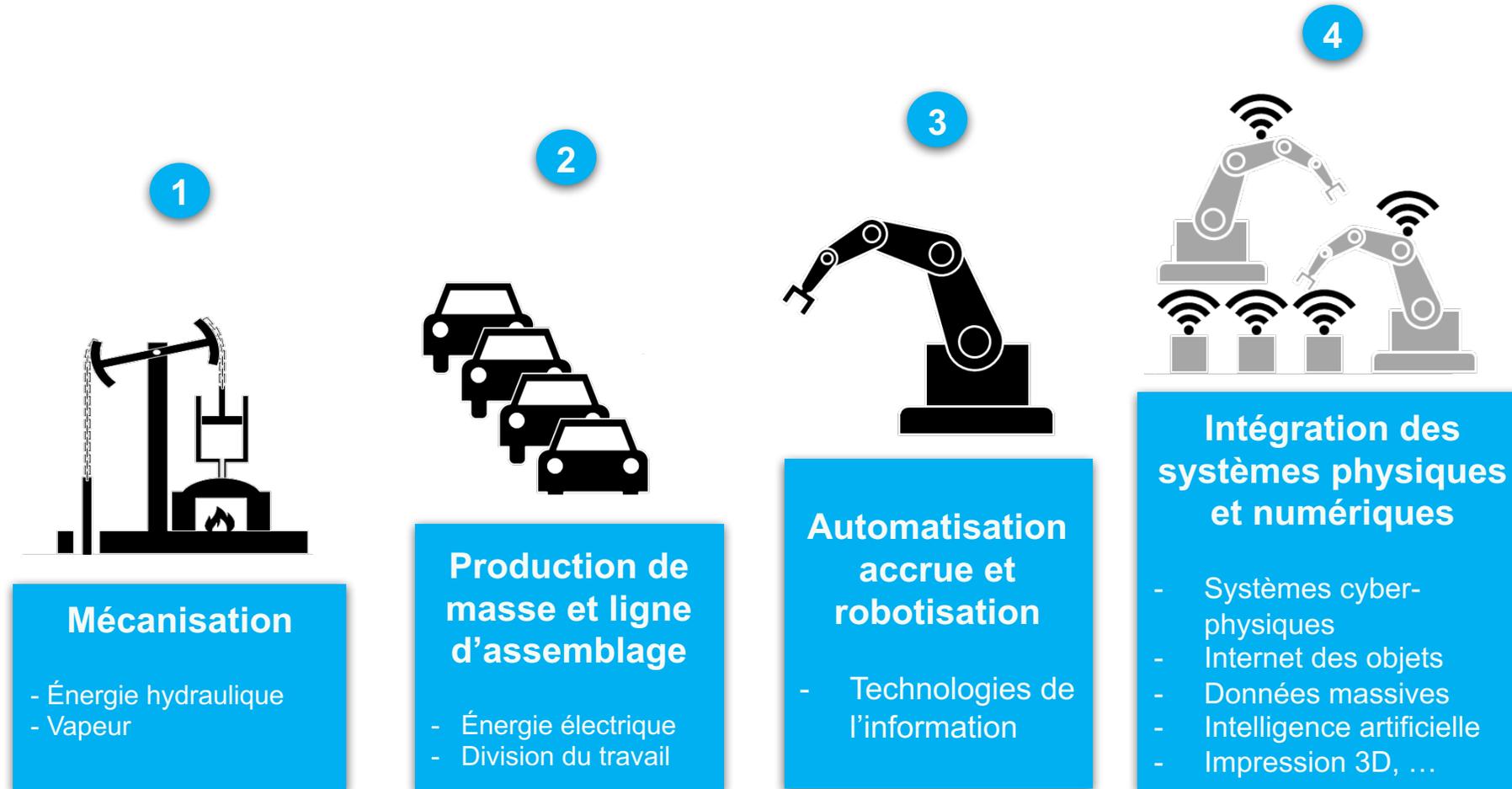
# **Industrie 4.0 et intelligence artificielle : sur mesure pour le Québec manufacturier**

Professeur Jonathan Gaudreault, ing., Ph.D.

[jonathan.gaudreault@ift.ulaval.ca](mailto:jonathan.gaudreault@ift.ulaval.ca)



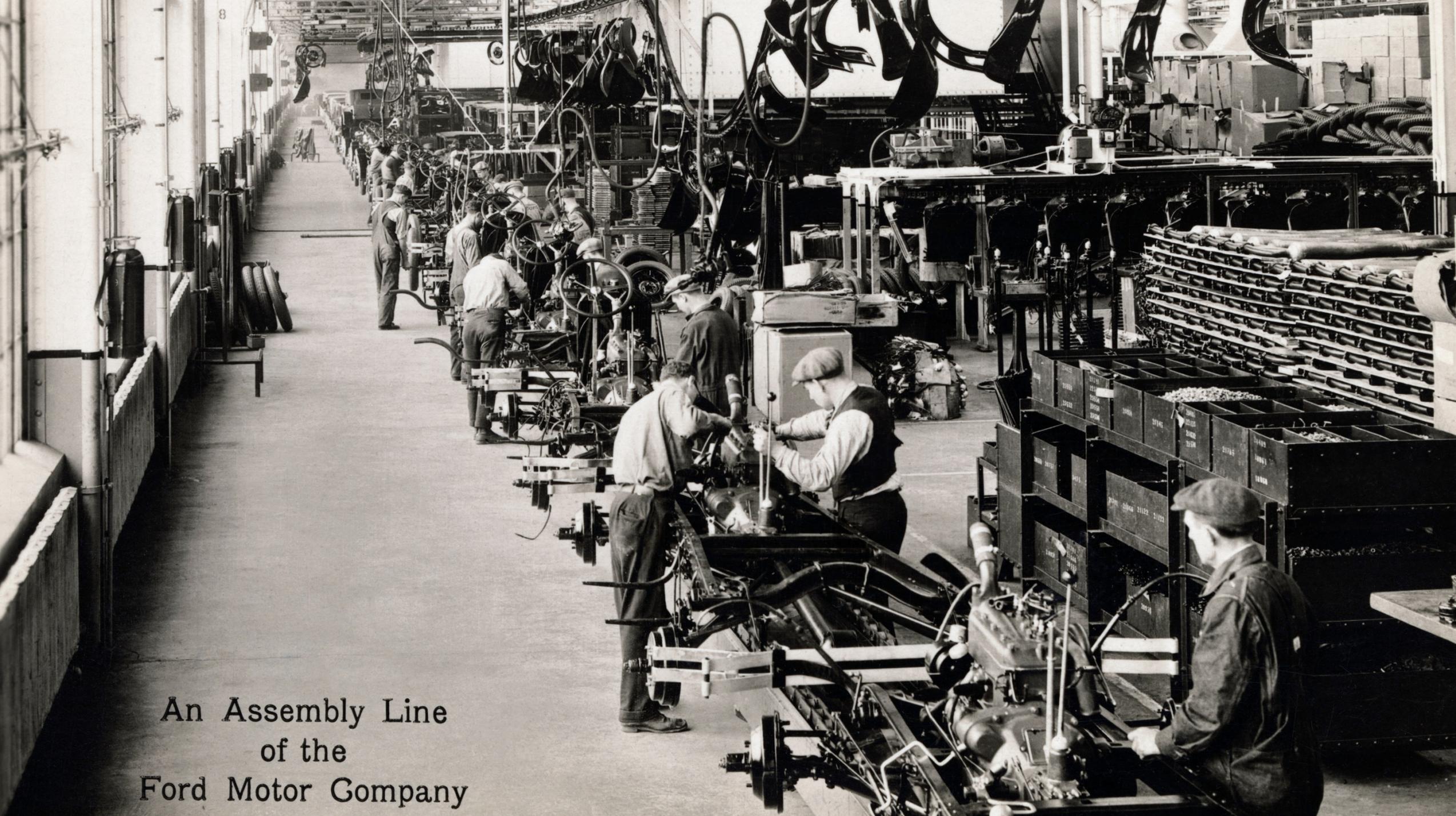
# Secteur manufacturier - Une quatrième révolution industrielle ?



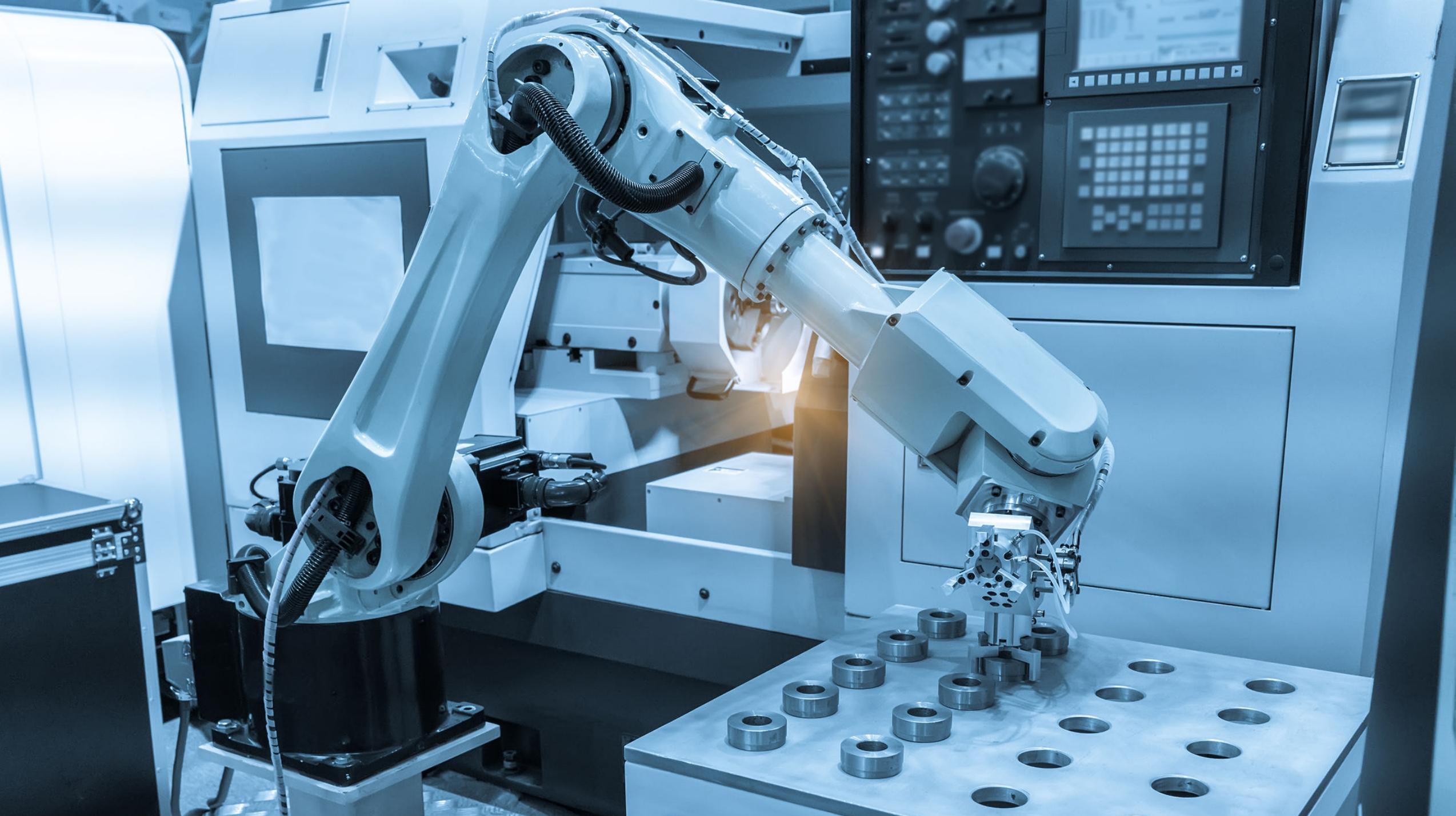
*Illustration d'après C. Roser*



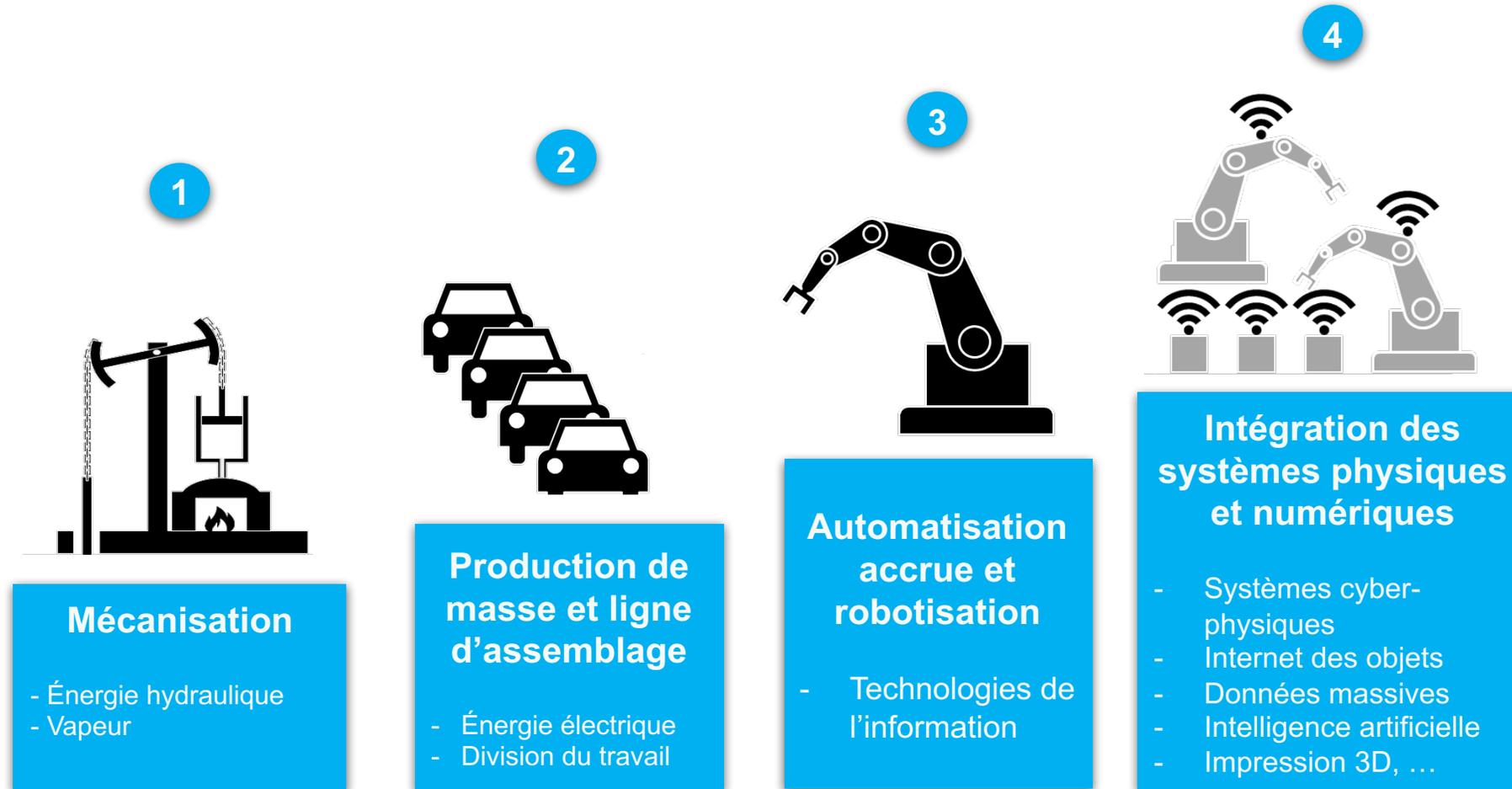




An Assembly Line  
of the  
Ford Motor Company



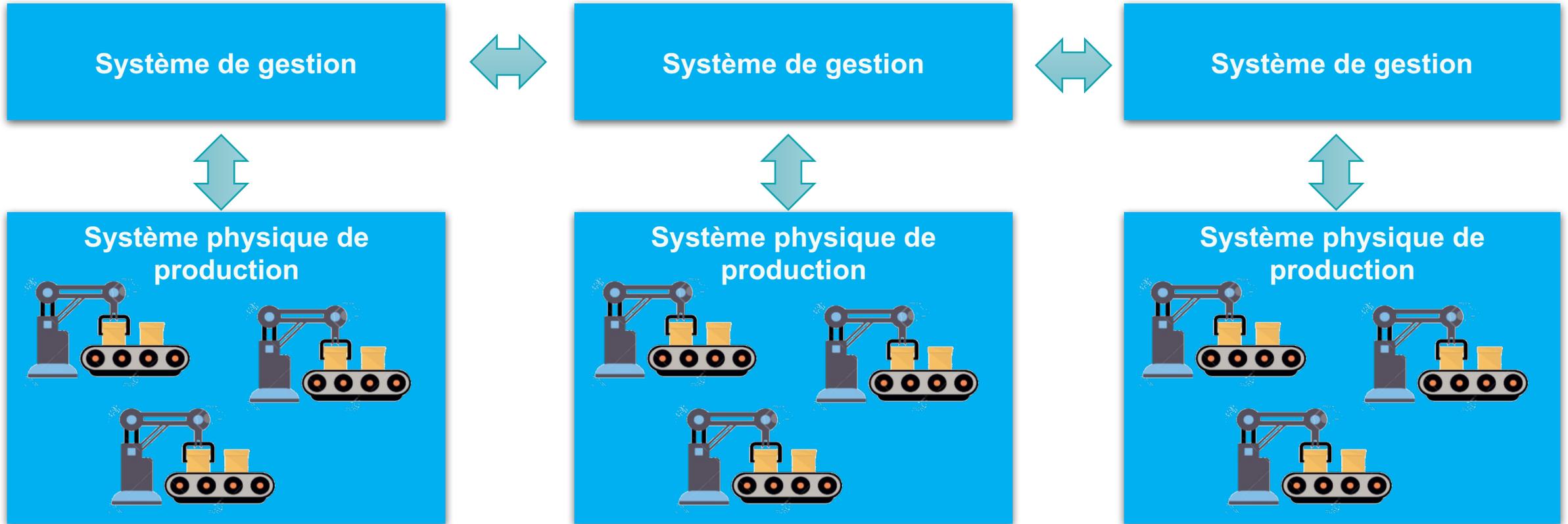
# Secteur manufacturier - Une quatrième révolution industrielle ?



*Illustration d'après C. Roser*

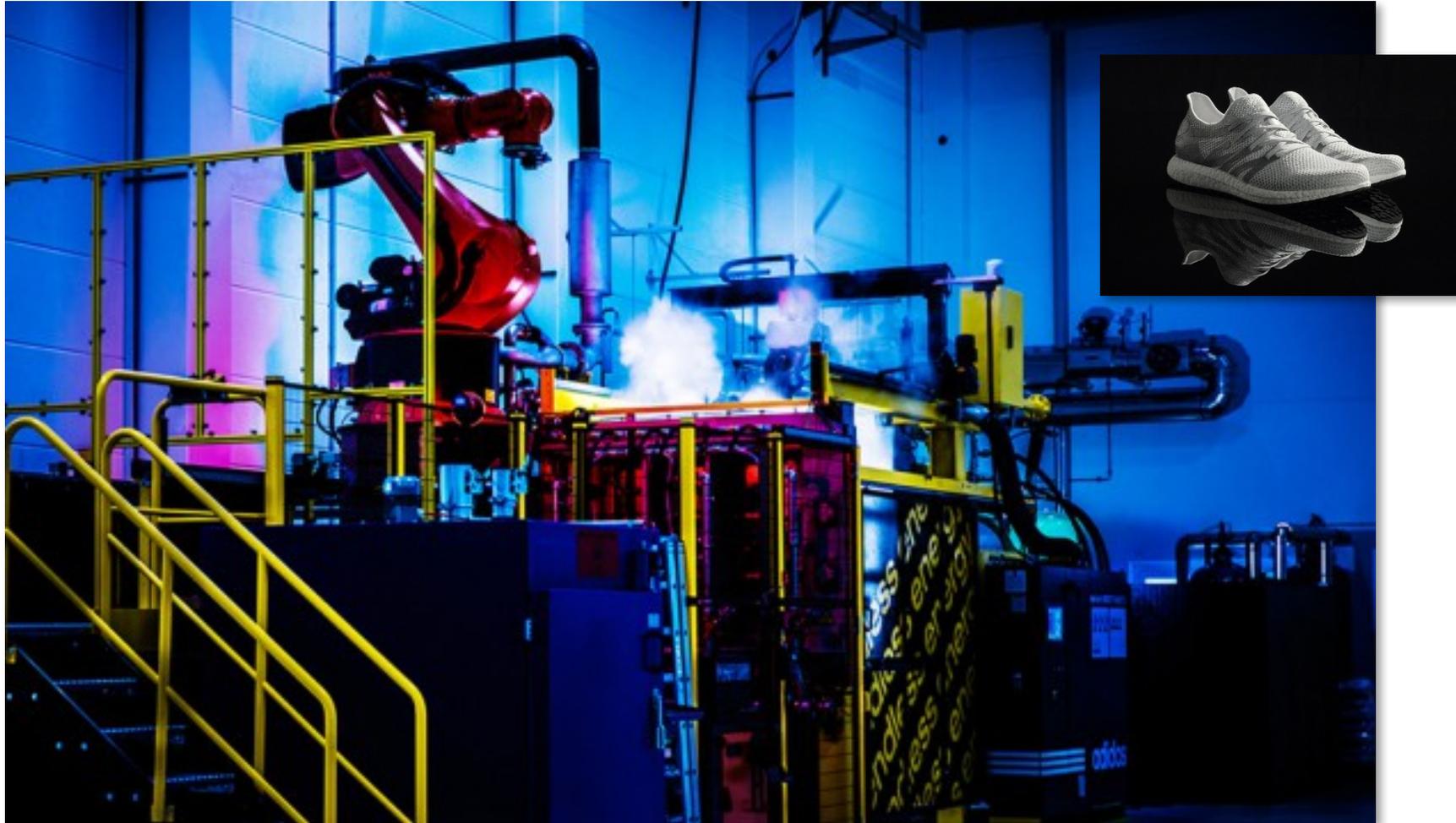


# Intégration des systèmes physiques et numériques





# SpeedFactory (Adidas)



**CONSORTIUM DE RECHERCHE EN INGÉNIERIE  
DES SYSTÈMES INDUSTRIELS 4.0**



**UNIVERSITÉ  
LAVAL**

« Nous ne produisons pas des voitures,  
nous produisons un système qui fabrique des voitures »



- Elon Musk



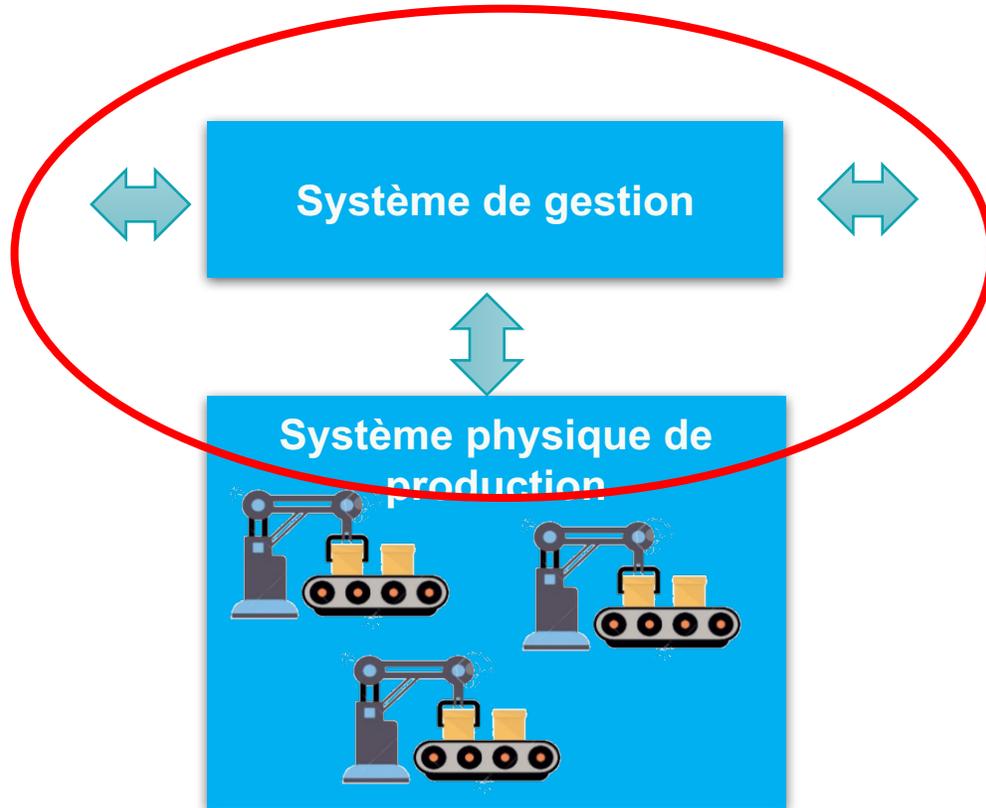
CONSORTIUM DE RECHERCHE EN INGÉNIERIE  
DES SYSTÈMES INDUSTRIELS 4.0



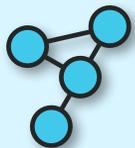
UNIVERSITÉ  
LAVAL

# Le défi : automatisation des processus

Coordonner; décider ce qui doit être fait, quand, par qui, où...



Source: Le Devoir



# La science des données

Analyse descriptive

- Observation
- Conservation

**Big Data**,  
traitement de la  
langue naturelle, etc.

Analyse prédictive

- Développer des modèles prédictifs
- Anticipation

Statistique,  
**Simulation**, etc.

Analyse prescriptive

- Modèles prescriptifs
- Recommandation
- Action

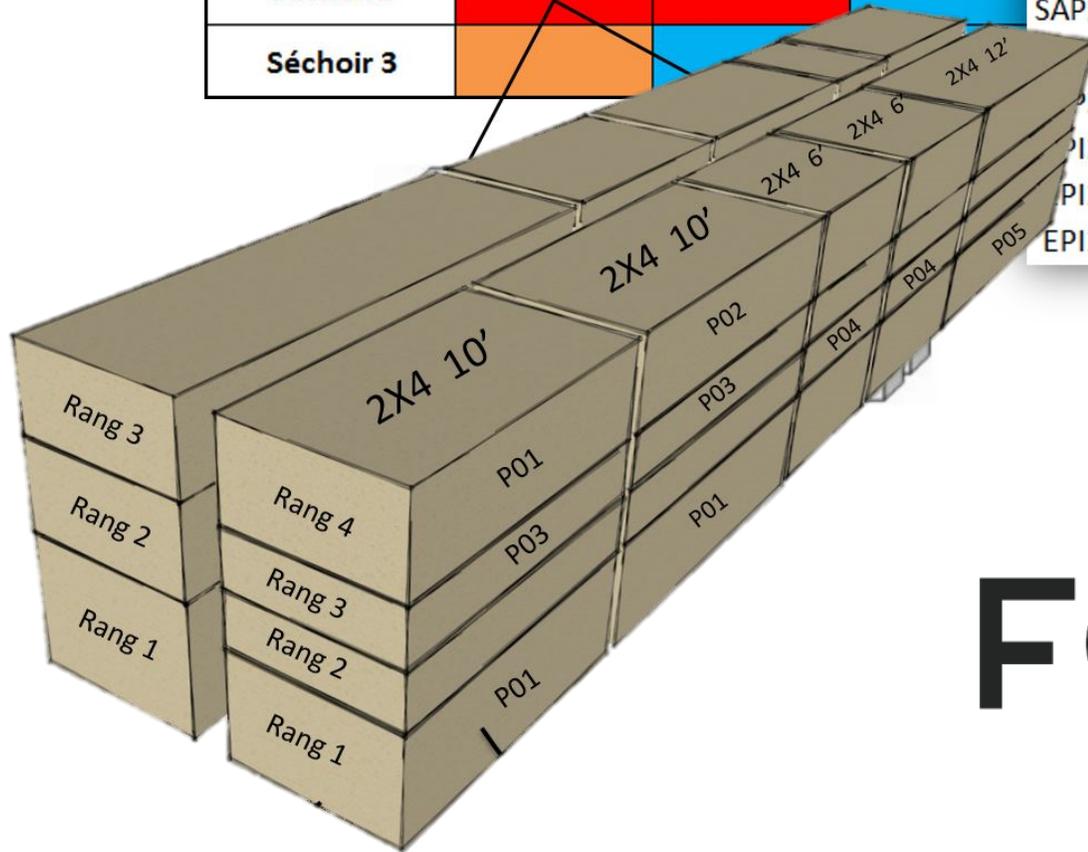
**Intelligence artificielle**,  
Apprentissage automatique,  
Planification, Ordonnancement,  
Recherche opérationnelle, etc.

*D'après IBM*



Jours	Ma		Me		Je		Ve		Sa		Di		Lu		Ma		Me		Je		Ve		Sa		Di		Lu	
Périodes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Séchoir 1	Orange				Blue								Orange				Light Pink		Blue									
Séchoir 2	Red				Blue								Orange				Purple											
Séchoir 3	Orange				Blue								Green				Orange											

Légende	
SAP2030	Green
P2040	Blue
P2060	Light Pink
P12030	Red
P12040	Orange
EPI2060	Purple



# FORAC



**CONSORTIUM DE RECHERCHE EN INGÉNIERIE  
DES SYSTÈMES INDUSTRIELS 4.0**



# Identifier un arbre grâce à l'apprentissage automatique



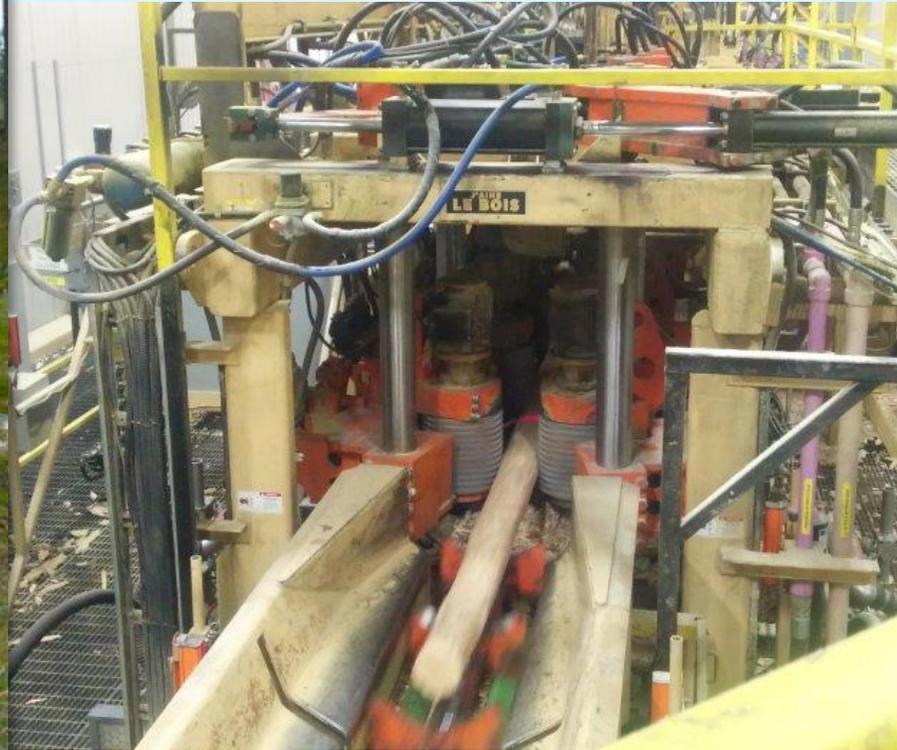
Épinette blanche



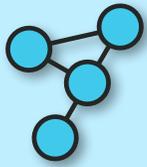
Épinette noire

*Carpentier, Giguère, Gaudreault 2017*





*philippe.giguere@ift.ulaval.ca*



## CONSORTIUM DE RECHERCHE EN INGÉNIERIE DES SYSTÈMES INDUSTRIELS 4.0

« Accroître les capacités  
québécoises en conception  
et pilotage des systèmes  
industriels 4.0 »



[ multiplier la perfection ]



# APN - Usinage de précision pour l'industrie aéronautique

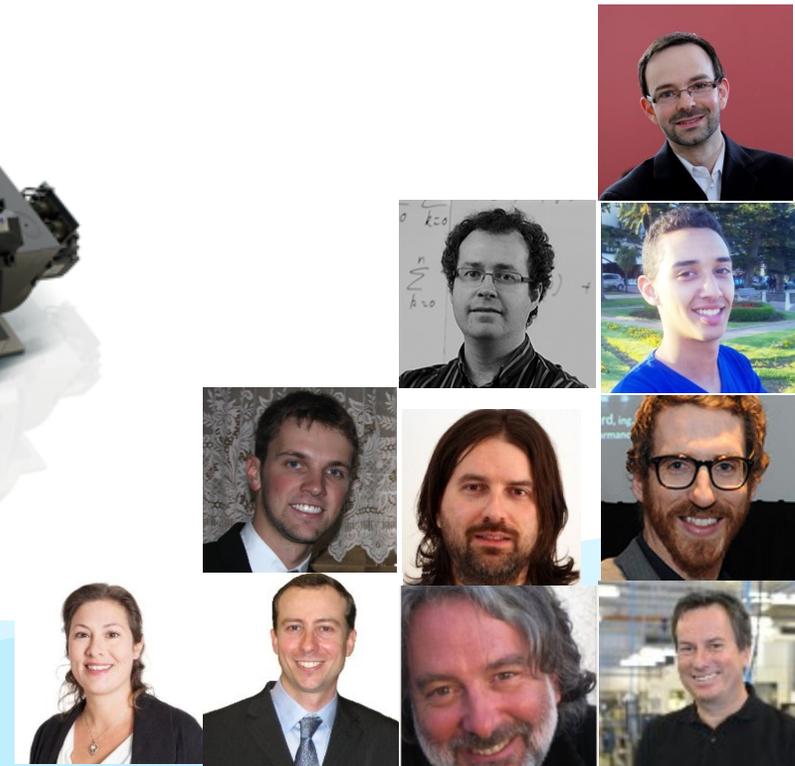


[ multiplier la perfection ]

- Quel outil assigner à quelle position sur une tourelle?  
(35 % moins de montages/démontages d'outils)
- Modèle prévisionnel (*machine learning*) de l'usure des outils en fonction de l'utilisation spécifique qui en est faite
- Planification et ordonnancement automatisée de la production en temps-réel en fonction des commandes



**CONSORTIUM DE RECHERCHE EN INGÉNIERIE  
DES SYSTÈMES INDUSTRIELS 4.0**



## Réordonnancement de la production rapide comme l'éclair chez Leclerc

- Normes anti-allergènes complexes et variées
- Ingrédients qui changent au gré des saisons
- Temps de mise en course énormes (setup)
- Opportunités de marché (commande « dernière minute »)



Pr. Claude-Guy Quimper



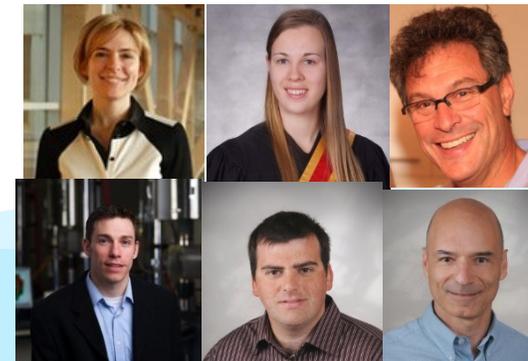
**CONSORTIUM DE RECHERCHE EN INGÉNIERIE  
DES SYSTÈMES INDUSTRIELS 4.0**

# Programme de gestion de la demande en puissance (GDP) d'Hydro-Québec

- Une entreprise qui réduit son appel de puissance en période de grand froid reçoit un appui financier
- Intégrer la gestion énergétique et les événements de GDP dans les outils de planification des opérations



CONSORTIUM DE RECHERCHE EN INGÉNIERIE  
DES SYSTÈMES INDUSTRIELS 4.0



# Bienvenue à la scierie 4.0

Maibec a transformé sa scierie en usine intelligente, où les données permettent de prendre des décisions en temps réel à toutes les étapes du processus de sciage.



Février 23, 2017 

Écrit par [Guillaume Roy](#)



Joël Morneau, l'opérateur au sciage, contrôle à lui seul l'entrée du bois dans l'usine jusqu'à la sortie de la ligne de sciage, grâce à de multiples écrans et des cadrans

En regardant son ordinateur, la responsable de la relation avec les clients Isabelle Moreau peut voir les données en temps réel sur la production de l'usine pour planifier la cédule de sciage et re rabotage. « Avec toutes les données disponibles, je peux facilement planifier les opérations pour répondre aux besoins des clients en moins de deux heures par semaine, dit-elle. C'est une révolution, car il y avait une personne à plein temps dédiée à cette tâche dans le passé ».

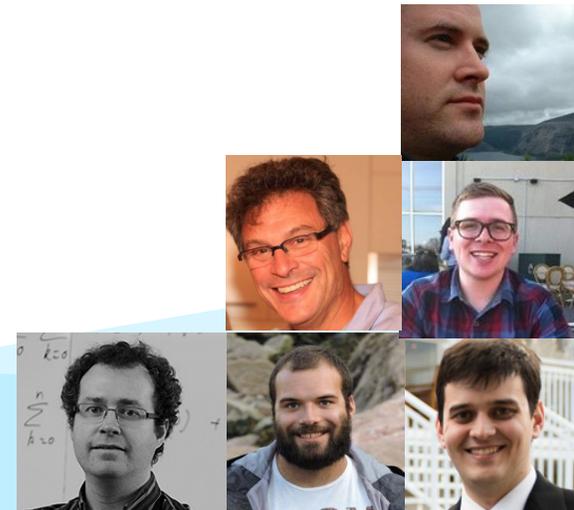
Comment est-ce possible? Depuis 2006, la scierie de

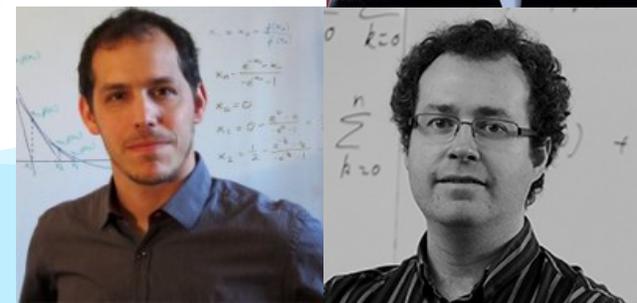
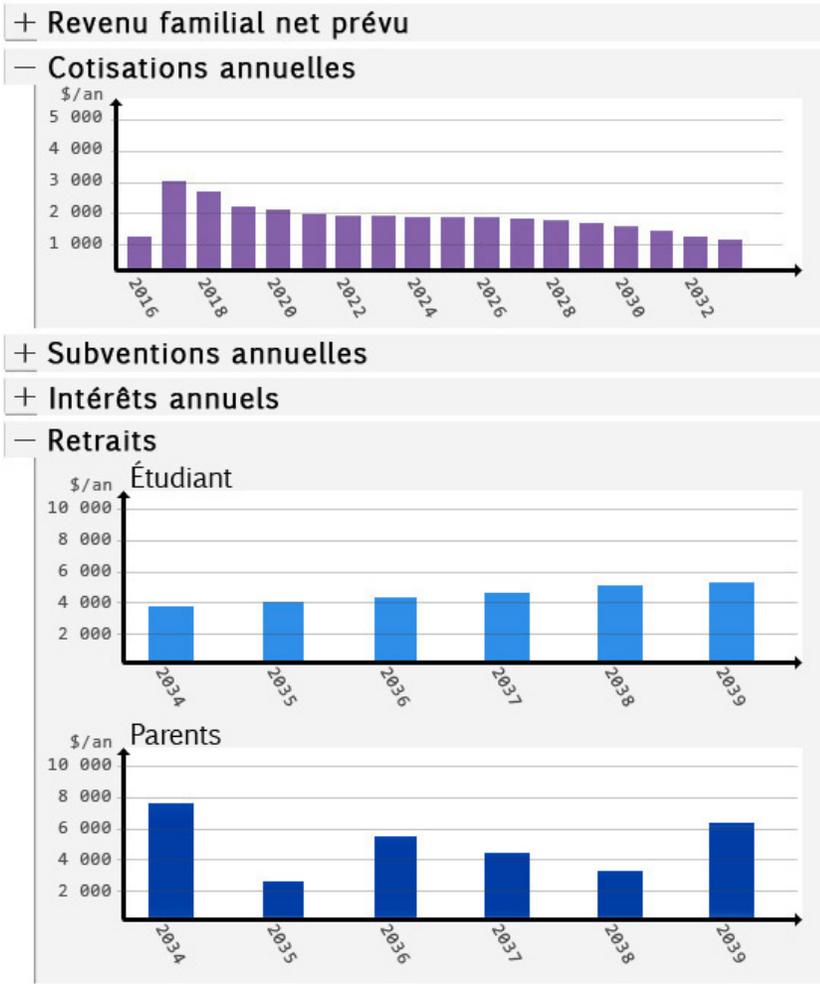
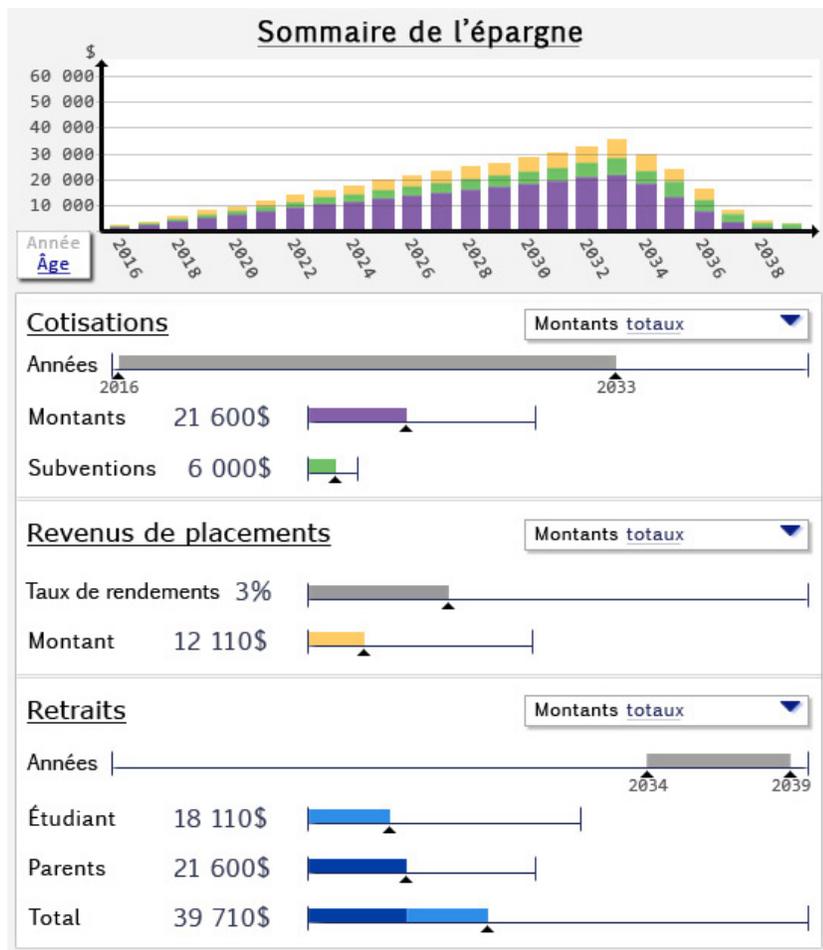
## Secteur des produits du bois

- Cartographie 3D automatisée de la cour à bois (DGPS, Lidar et reconnaissance d'images)
- Planification intégrée des opérations de manutention de la cour à bois, des opérations de séchage et de rabotage



**CONSORTIUM DE RECHERCHE EN INGÉNIERIE  
DES SYSTÈMES INDUSTRIELS 4.0**







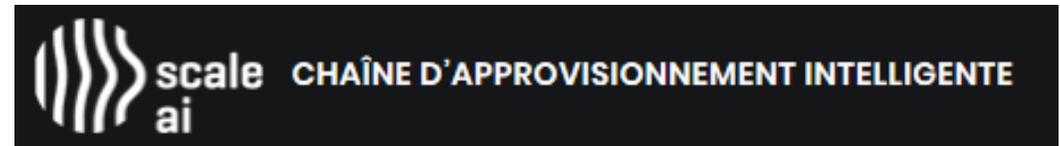
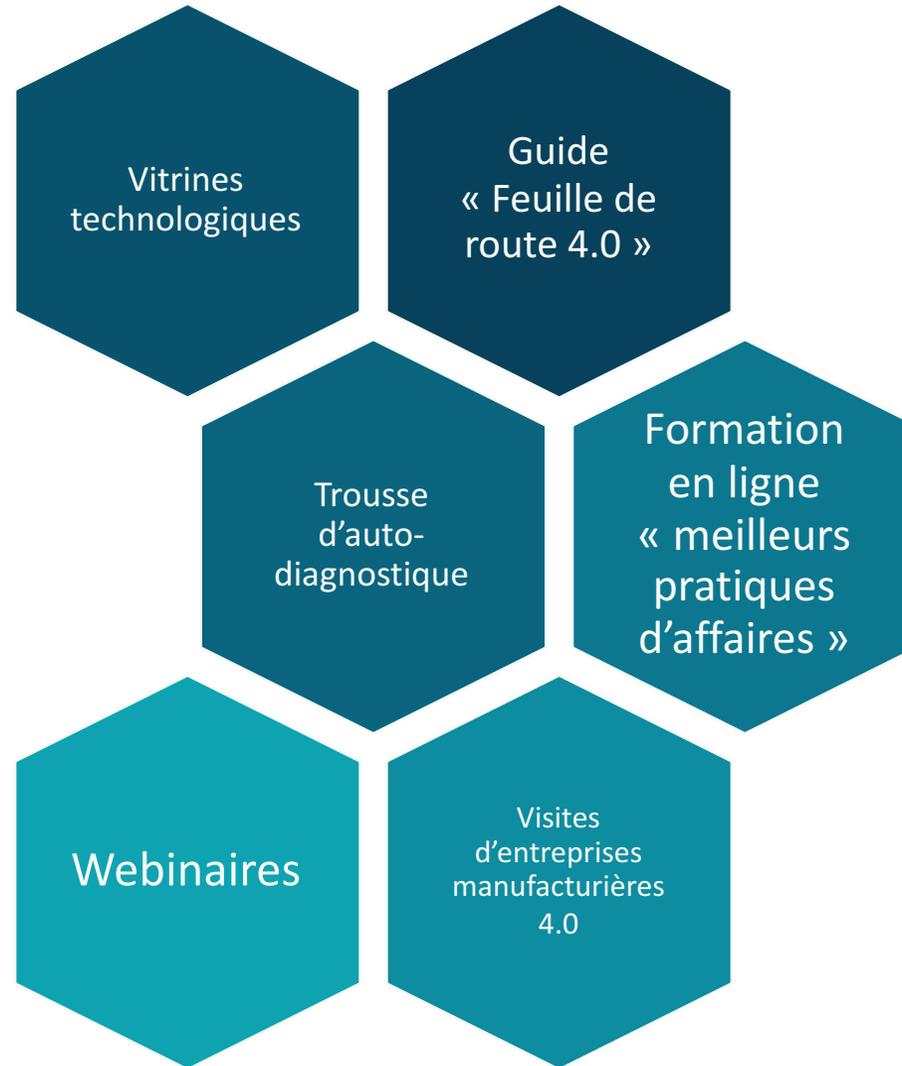
## CONSORTIUM DE RECHERCHE EN INGÉNIERIE DES SYSTÈMES INDUSTRIELS 4.0

« Accroître les capacités  
québécoises en conception  
et pilotage des systèmes  
industriels 4.0 »



[ multiplier la perfection ]

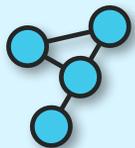




## Conclusions – Industrie 4.0 et I.A.

- Matière première essentielle
  - Main d'œuvre qualifiée
  - Bassin d'entreprises manufacturières diversifié
- Assises solides et reconnues en génie et en intelligence artificielle
- Intrapreneurship
- Tradition d'interdisciplinarité

*« Le secteur manufacturier Québécois est l'un de ceux qui peut le plus bénéficier de l'intelligence artificielle; et ça commence maintenant ! »*



# Le Québec en position de force

- Matière première essentielle:
  - Bassin d'entreprises manufacturières diversifié
  - Main d'œuvre qualifiée
- Assises solides et reconnues en génie et en intelligence artificielle
- Intrapreneurship
- Tradition d'interdisciplinarité
- Culture de collaboration verticale au sein de l'entreprise



Collaboration de  
recherche pour la  
plupart des projets

Partenaire de  
diffusion  
(avec le RÉAI)

Présence  
d'étudiants sur  
place

Transfert  
technologique

Pôle de recherche  
autour du  
traitement de la  
langue naturelle

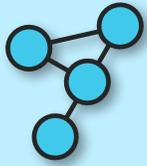
Pr. Luc Lamontagne et Richard Khoury



**Mitacs**



**CONSORTIUM DE RECHERCHE EN INGÉNIERIE  
DES SYSTÈMES INDUSTRIELS 4.0**

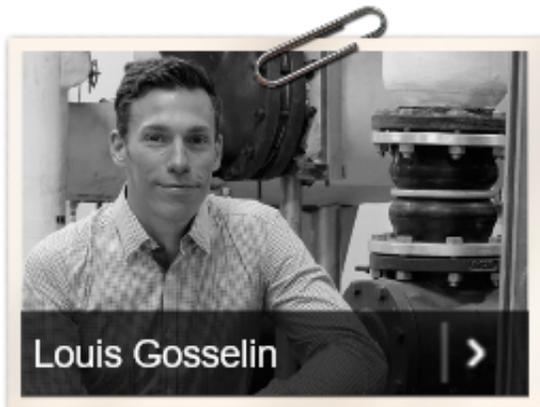
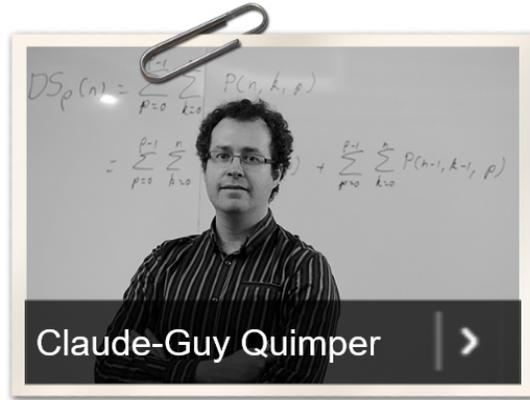


## CONSORTIUM DE RECHERCHE EN INGÉNIERIE DES SYSTÈMES INDUSTRIELS 4.0

« Accroître les capacités québécoises en conception et pilotage des systèmes industriels 4.0 »



# Dream team



# Appui financier pour la réalisation des projets



**CONSORTIUM DE RECHERCHE EN INGÉNIERIE  
DES SYSTÈMES INDUSTRIELS 4.0**



**UNIVERSITÉ  
LAVAL**

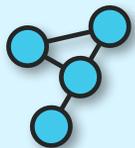
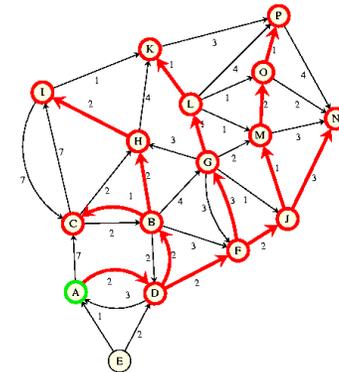
# Informatique « classique »

Calculer la douzième  
décimale de pi

$\pi$

Comment rendre la monnaie à un  
client avec le plus petit nombre de  
pièces possible

Trouver le plus court chemin  
entre le travail et la maison



# L'intelligence artificielle à la rescousse

Reconnaissance de la parole

Reconnaissance de l'écriture  
manuscrite

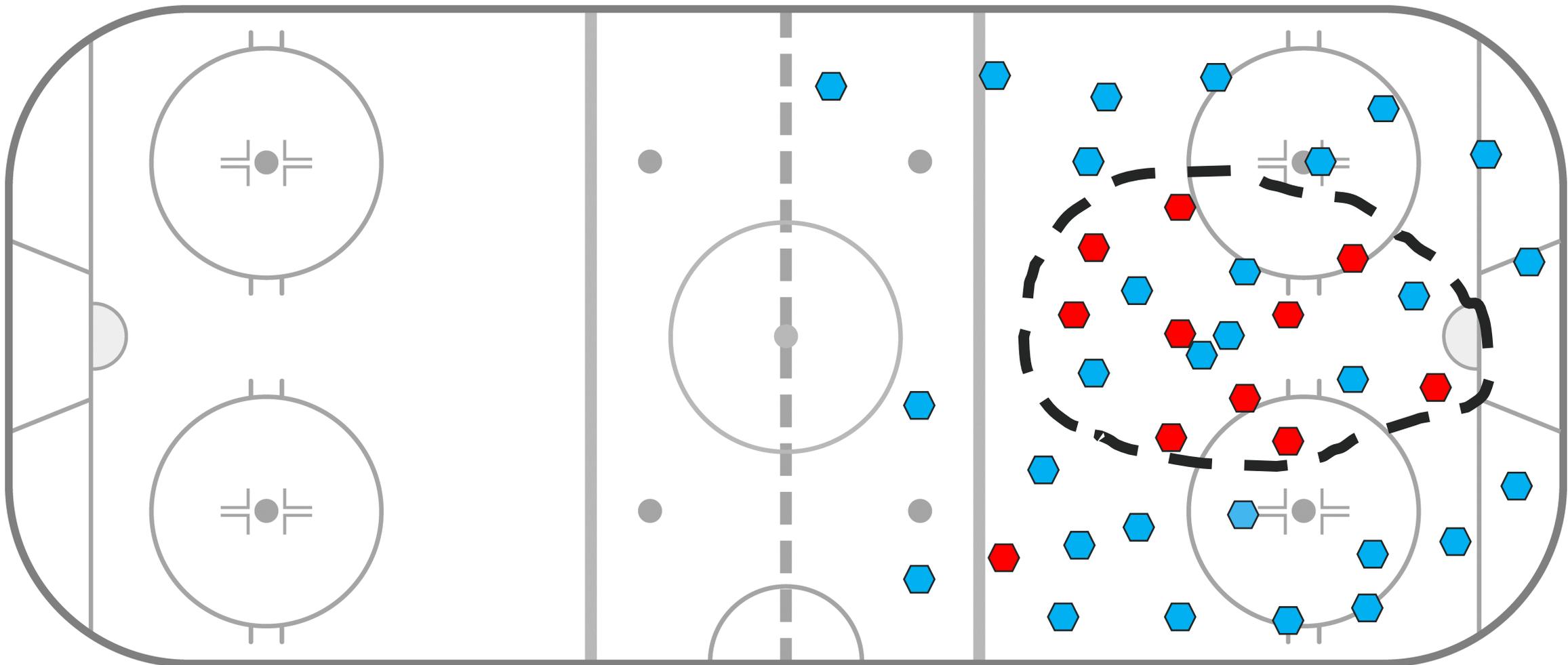
Jouer au échecs  
Jouer au Go

Quel objet est représenté sur cette  
image?

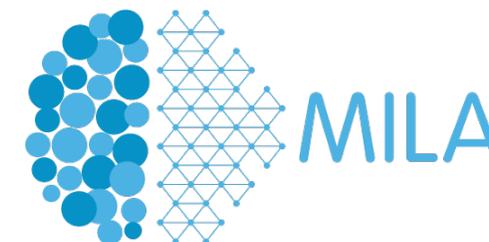
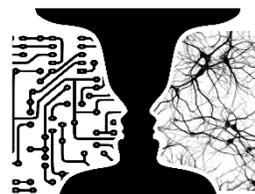
Trouver la meilleure façon de placer  
des objets dans un conteneur

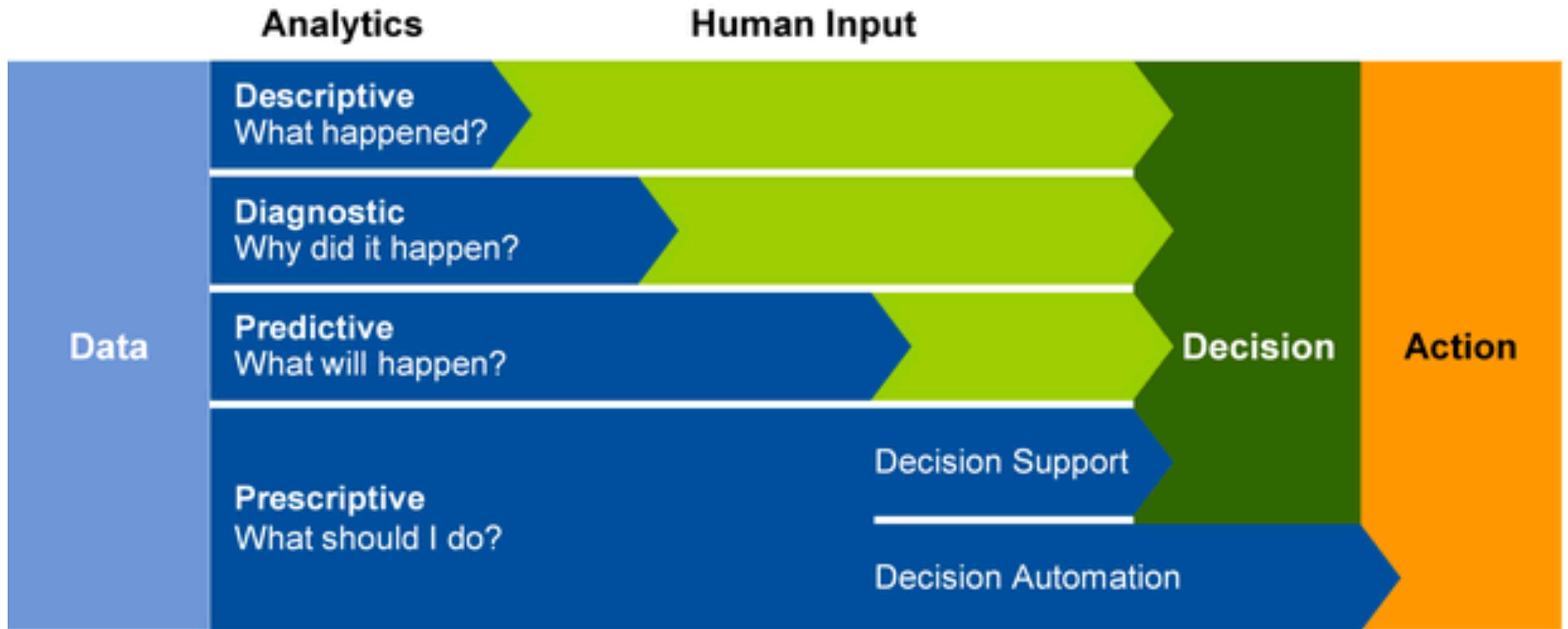


Ce lancer est-il dangereux ?



# Impact du développement de l'intelligence artificielle au Québec





Source: Gartner, 2014



CONSORTIUM DE RECHERCHE EN INGÉNIERIE  
DES SYSTÈMES INDUSTRIELS 4.0



UNIVERSITÉ  
LAVAL

# Intégration des systèmes physiques et numériques

