

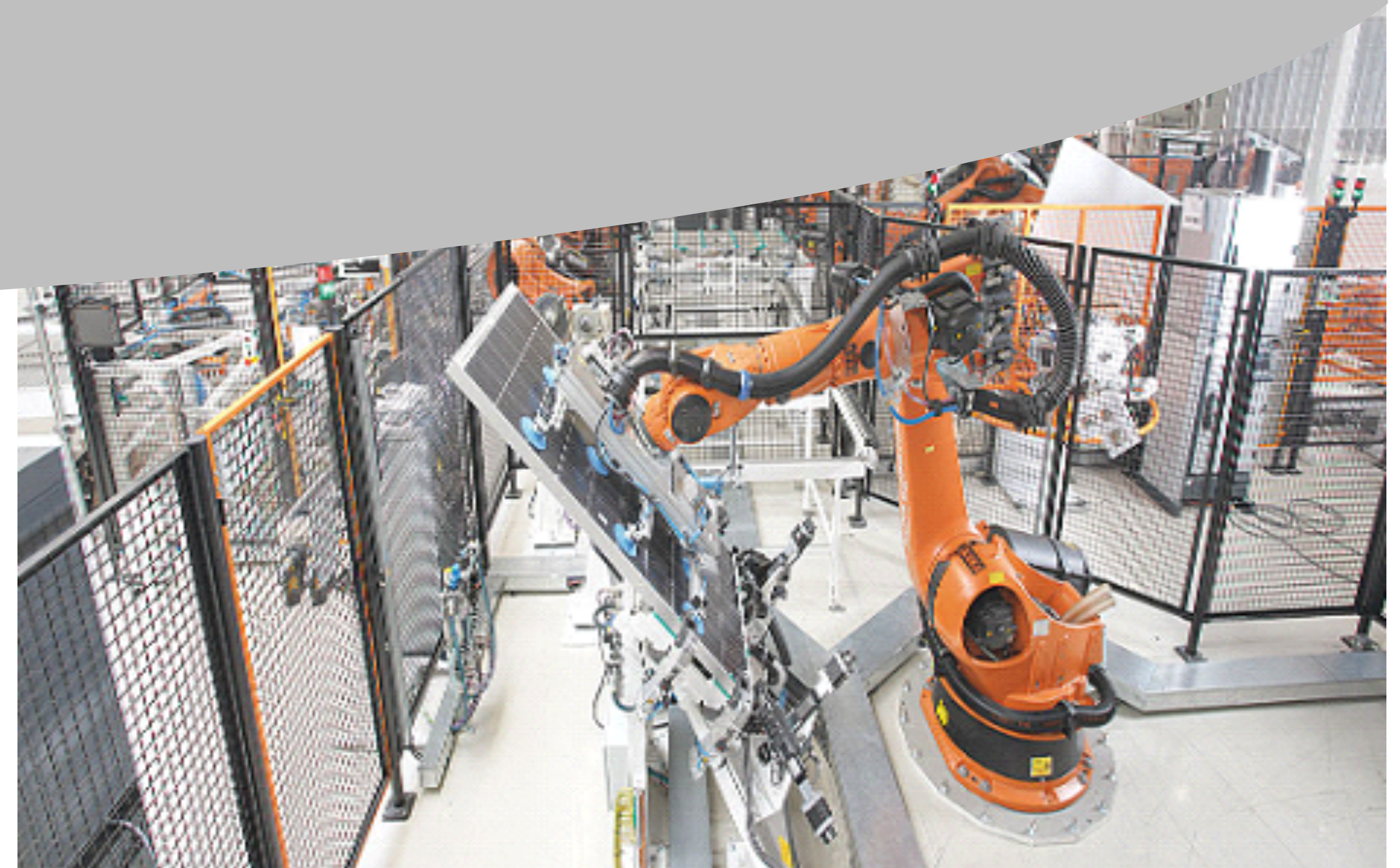
# Colloque IRSST 2017 : Révolution 4.0 : à l'aube d'une nouvelle SST ?



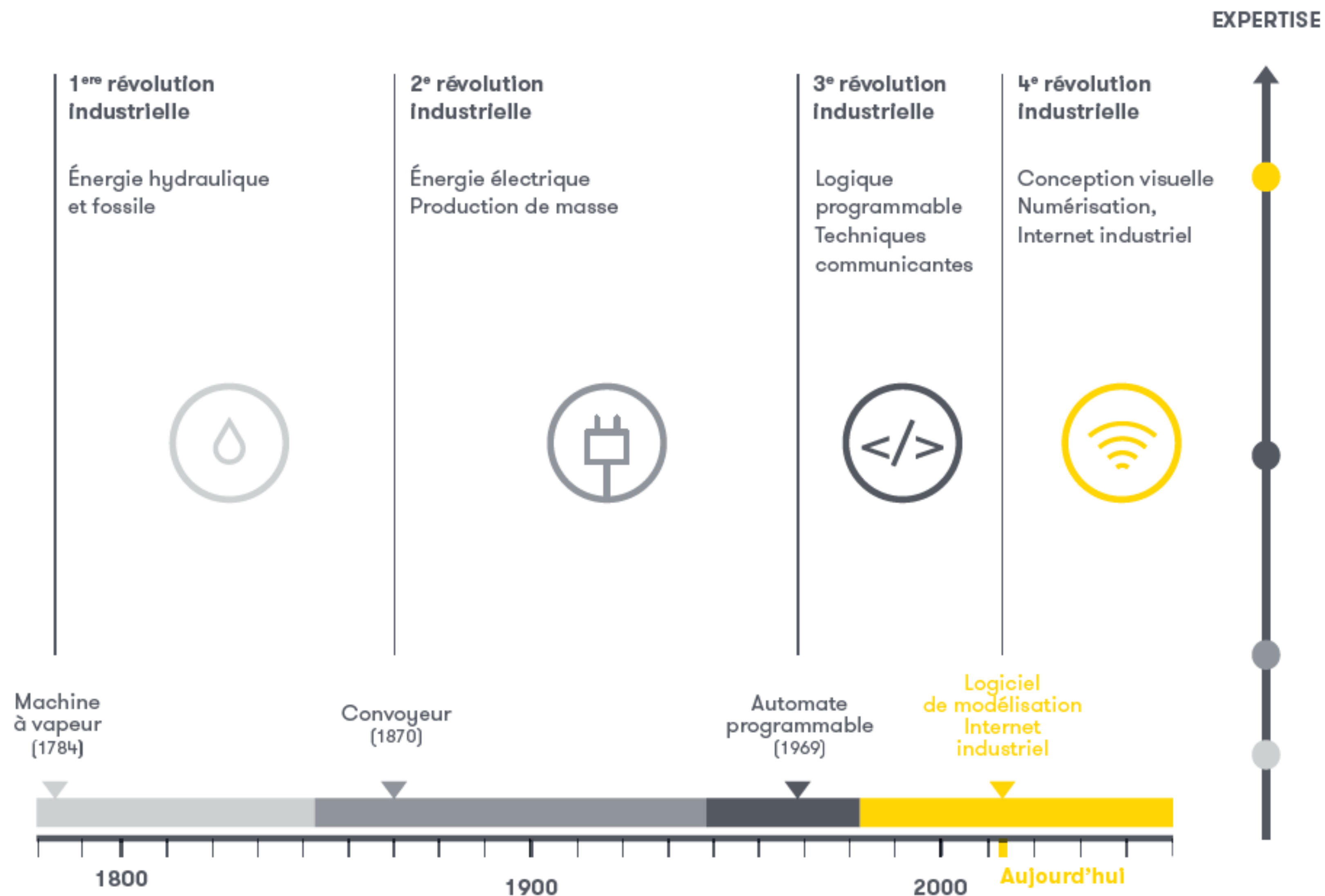
Savoir-faire, défis et opportunités : axe ergonomie et sécurité du nouveau laboratoire Poly Industries 4.0

**Yuvin Chinniah, Daniel Imbeau, Jean-Marc Robert**

Département de mathématiques et de génie industriel  
Polytechnique Montréal



# Révolutions industrielles





# Comment définir *Industrie 4.0* ?

Le terme ***Industrie 4.0*** a été reconnu officiellement en Allemagne, à la foire d'Hanovre, en 2011, à la suite d'une discussion entre les représentants de l'industrie, de la recherche, des syndicats et de l'État avant de devenir une véritable politique de développement économique du gouvernement allemand.

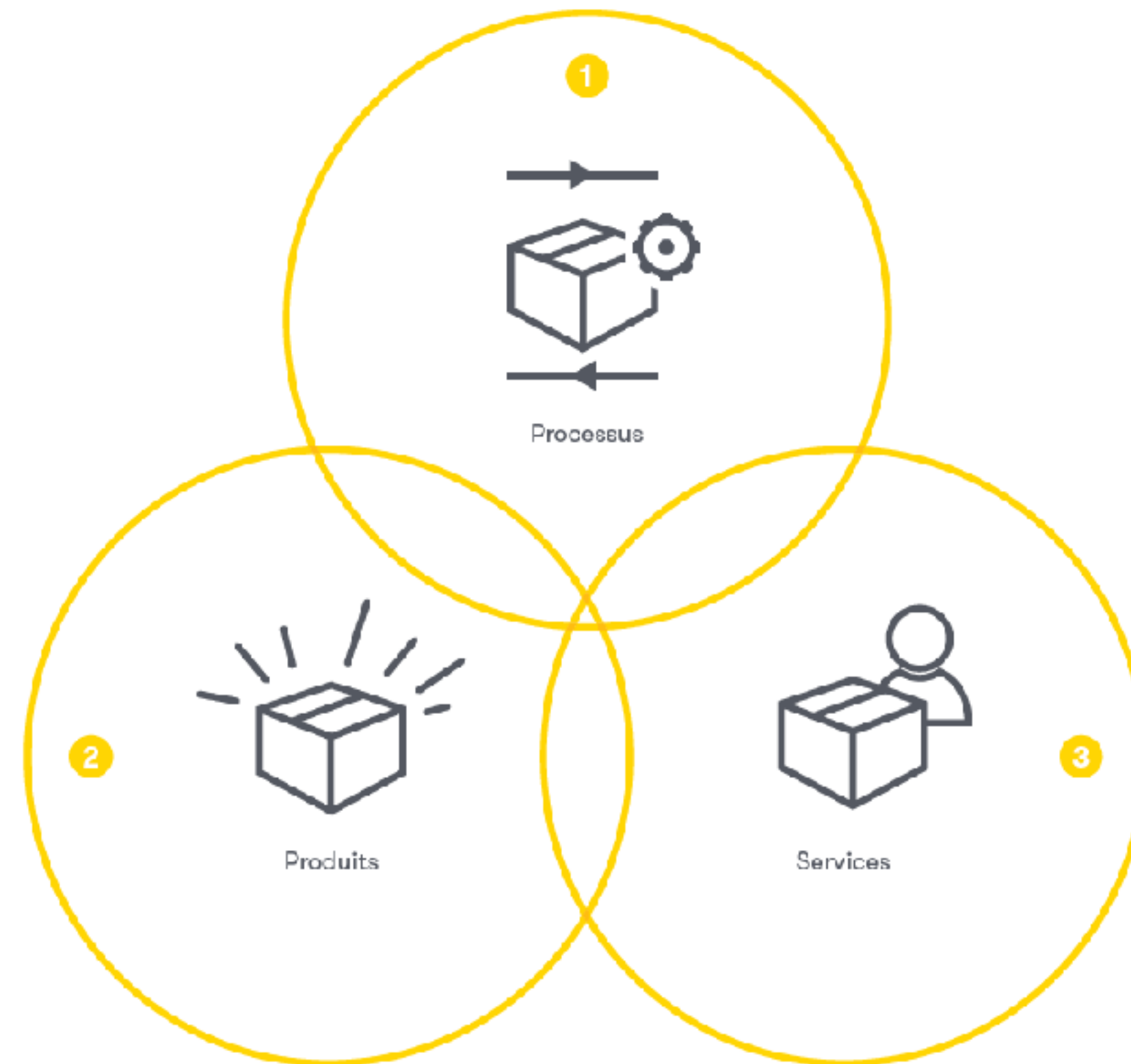
Il existe aujourd'hui plus de **100 définitions** différentes de ce concept...

L'industrie 4.0 vise, en gros, à *connecter l'ensemble des objets et des intervenants au sein de l'entreprise*. Cet échange de données entre les objets :

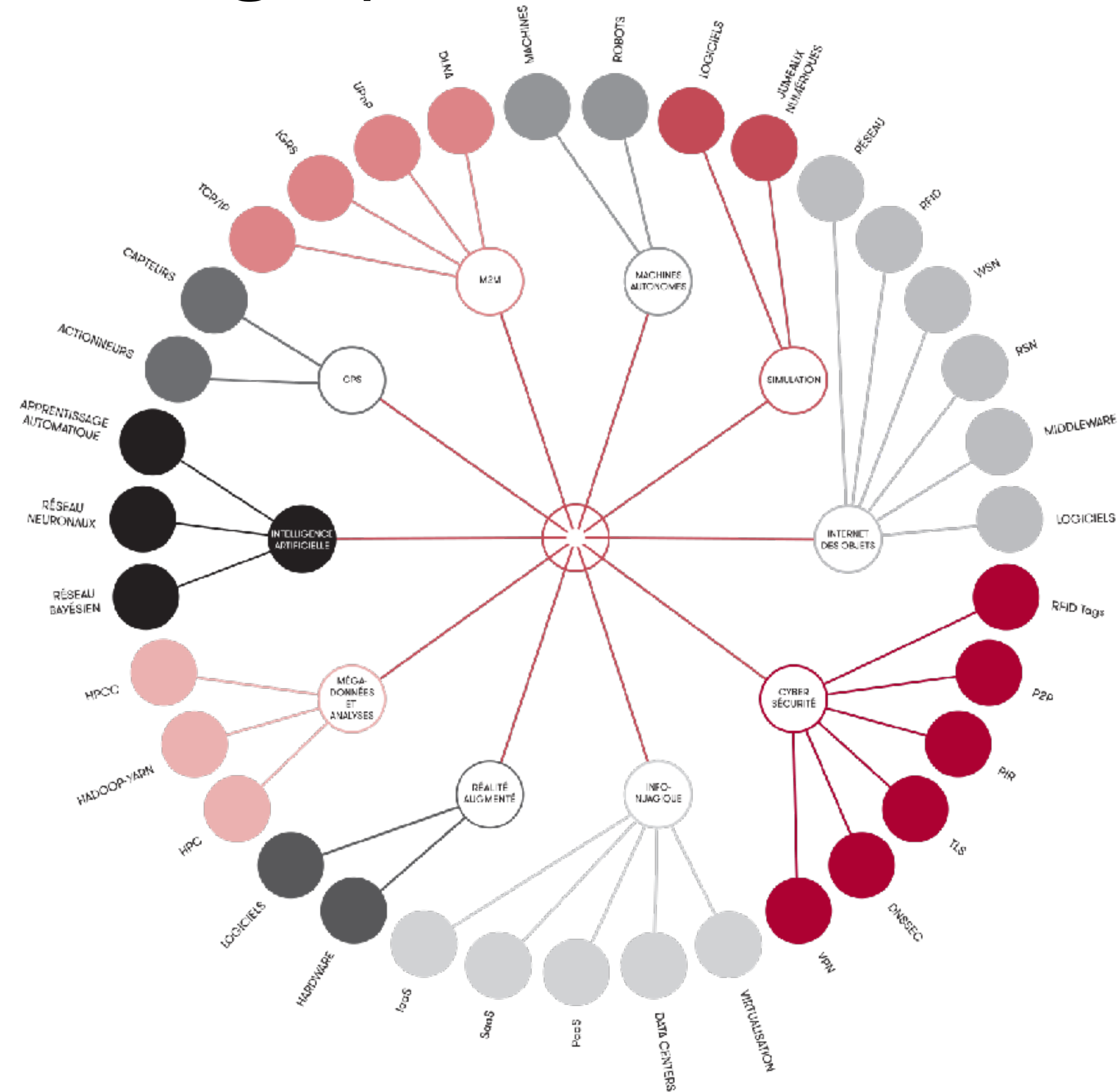
- favorise **l'intégration des données**
- permet la **synchronisation** de l'ensemble **des ressources** de l'organisation **en temps réel**
- encourage la **décentralisation des prises de décision**

Industrie 4.0 met donc l'accent sur la notion d'interopérabilité et la capacité à communiquer en temps réel des différents objets et ressources d'une entreprise, ce qui favorise le développement de nouveaux :

- processus
- produits
- services



# Leviers technologiques





# Labo Poly Industries 4.0

- Le laboratoire vise notamment à :
  - Former les étudiants sur les technologies et concepts supportant l'Industrie 4.0
  - Accompagner les responsables des entreprises manufacturières et les consultants au Québec pour améliorer leurs pratiques d'affaires tout en évitant certains dérapages
  - Développer des projets de recherche qui permettent d'améliorer et de valider la mise en œuvre de stratégies 4.0



# Membres actuels

- 22 professeurs (Polytechnique)
- 7 chercheurs associés (Professeurs d'autres universités)
- Partenaires de recherche
  - Altitudes-Sports
  - CEFRIO
  - CRIAQ
  - Développement économique St-Laurent
  - Groupe Meloche
  - MITACS
  - Sanuvox
  - TKM



# Axe Ergonomie et sécurité du laboratoire

- Sécurité industrielle
- Ergonomie occupationnelle
- Ergonomie cognitive/ ergonomie informatique



# Opportunités : prévention des accidents

- Technologie permettant d'utiliser des capteurs pour un suivi en temps réel
  - Applications actuelles ou potentielles :
    - Machines industrielles
    - Procédés industriels
    - Espace clos
    - Activités nécessitant des permis de travail
- Estimation et réduction du risque en temps réel
- Exemples :
  - Suivre des procédures de consignation (cadenassage) ou des entrées en espace clos
    - Détecter des dérives (prescrites et réelles)
    - Détecter des situations dangereuses : services urgences
  - Proposer des formations adaptées et personnalisées (en s'appuyant sur la réalité virtuelle)
  - Développer l'appréciation du risque pour des machines évolutives

# Opportunités : conception des machines

- Nouvelles **méthodes** pour la conception et la fabrication des machines fixes et mobiles
- **Maintenance prédictive** : surveillance des éléments critiques, surveillance des dispositifs de sécurité
- Analyse des **pratiques de neutralisation** ou de contournement de dispositifs de sécurité ou de non-application des procédures de travail sécuritaires
- **Amélioration ou personnalisation** dans la conception et la fabrication (améliorer l'utilisabilité de la machine)

# Défis : cybersécurité pour les machines

- Les technologies actuelles permettent aux fournisseurs de machines de **surveiller ou d'améliorer** les performances de la machine à **distance** en ajustant les paramètres sans devoir être sur place
- Avantages :
  - Les machines peuvent continuer à fonctionner sans les temps d'arrêt
  - Coûts associés d'une personne de service sur le terrain effectuant un appel de service

# Défis : cybersécurité pour les machines

- Possibilité pour d'autres personnes ayant une **intention néfaste ou criminelle** de faire des ajustements pouvant mettre en danger les travailleurs et les autres :
  - les vitesses ou les forces pourraient être ajustées à des niveaux dangereux
  - les températures pourraient être abaissées en dessous d'un niveau d'étape de destruction entraînant une contamination alimentaire
  - les codes d'erreurs ou les messages pourraient être effacés ou falsifiés
- Cybersécurité pour les machines (norme ISO en élaboration)
- Besoin d'outils et de moyens permettant d'apprécier et de réduire ce type de risque



# Défis

- Surveillance des personnes, vie privée, éthique
- Cohabitation anciennes machines (non connectées) et machines connectées, anciennes technologies et nouvelles technologies
- Normalisation et réglementation

# Ergonomie occupationnelle

## *Un scénario prévisible ou déjà vu ?*

- Dans un contexte où les humains sont plus étroitement couplés (synchronisés) avec la technologie, les risques de **surcharge physique, cognitive et psychologique** deviennent plus **probables**, sachant que :
  - Le couplage « serré » avec les machines élimine souvent les **zones tampons** (ou marges de manœuvre, temps de réflexion, d'analyse et d'interprétation des données en main) permettant à l'humain de réguler son activité de travail (p. ex. : quantité et qualité)
  - Le couplage « serré » avec les machines érode souvent la **capacité de réserve** (de protection) des humains - il faut suivre la cadence, maintenir le rythme, les possibilités de récupérer sont plus rares
  - Le couplage « serré » peut être générateur de stress - en entraînant un sentiment de **perte le contrôle** du travailleur sur ce qu'il fait - souvent accompagné d'une baisse de satisfaction à l'égard du travail
  - Les capacités des humains sont limitées et varient grandement dans la population - Comment gérer la **variabilité** des capacités des individus ?
    - Particulièrement dans un contexte où un système offrant une flexibilité accrue dans sa capacité (capacité variable selon les besoins) est jugé désirable

# Ergonomie occupationnelle

*Un défi du point de vue SST et productivité ?*

- Estimation du risque en temps réel pour détecter les situations problématiques :
  - Suivi des paramètres physiologiques/biomécaniques et de performance du travailleur pour contrôler (c.-à-d., évaluer et comparer à des valeurs limites) :
    - sa charge physique de travail (p. ex. : cas du travail à prédominance manuelle)
    - son niveau de confort (p. ex. : thermique)
  - Suivi de paramètres cognitifs et de performance du travailleur pour contrôler :
    - sa vigilance et sa conscience de la situation (p. ex. : travail à prédominance cognitive)
    - sa capacité à répondre à une urgence, à un incident
  - Suivi de l'état psychologique et de performance pour détecter le stress excessif induit par différents facteurs psychosociaux liés au travail
- Intérêt pour toute intervention avec ou sans contrainte de temps (p. ex. : opération normale, réparation/entretien, remise en marche des équipements) et pour l'utilisation des robots collaboratifs (cobotique) ?

# Ergonomie occupationnelle

## *Des défis pour la recherche ?*

- Problématiques immédiates :
  - Charge physique et cognitive de travail : Peut-on appliquer ce qu'on sait déjà ? Comment ? Que manque-t-il ?
  - État de stress psychologique : Peut-on le mesurer ? Par exemple en relation avec l'organisation temporelle (p. ex. : contrainte de temps) ou le contenu de travail (p. ex. : travail monotone et aliénant, ou très complexe) ? En temps réel ?
  - Quelles mesures utiliser comme co-variables (performance, productivité, etc.) ?
- D'un point de vue pratique :
  - Quels capteurs, quelles variables/mesures, quels modèles/algorithmes, quels systèmes d'information pour la mesure en temps réel ?
  - Quel couplage avec les autres systèmes d'information de nature technologique ?
  - Comment analyser et interpréter ces masses de données ? Quelles interfaces sont plus propices, quelles visualisations des données ? Quels modèles de risque ?
  - Une fois le risque établi, comment intervenir en plein processus de production (bien ou service) ou d'intervention (p. ex. : réparation, etc.) ?



# Ergonomie occupationnelle

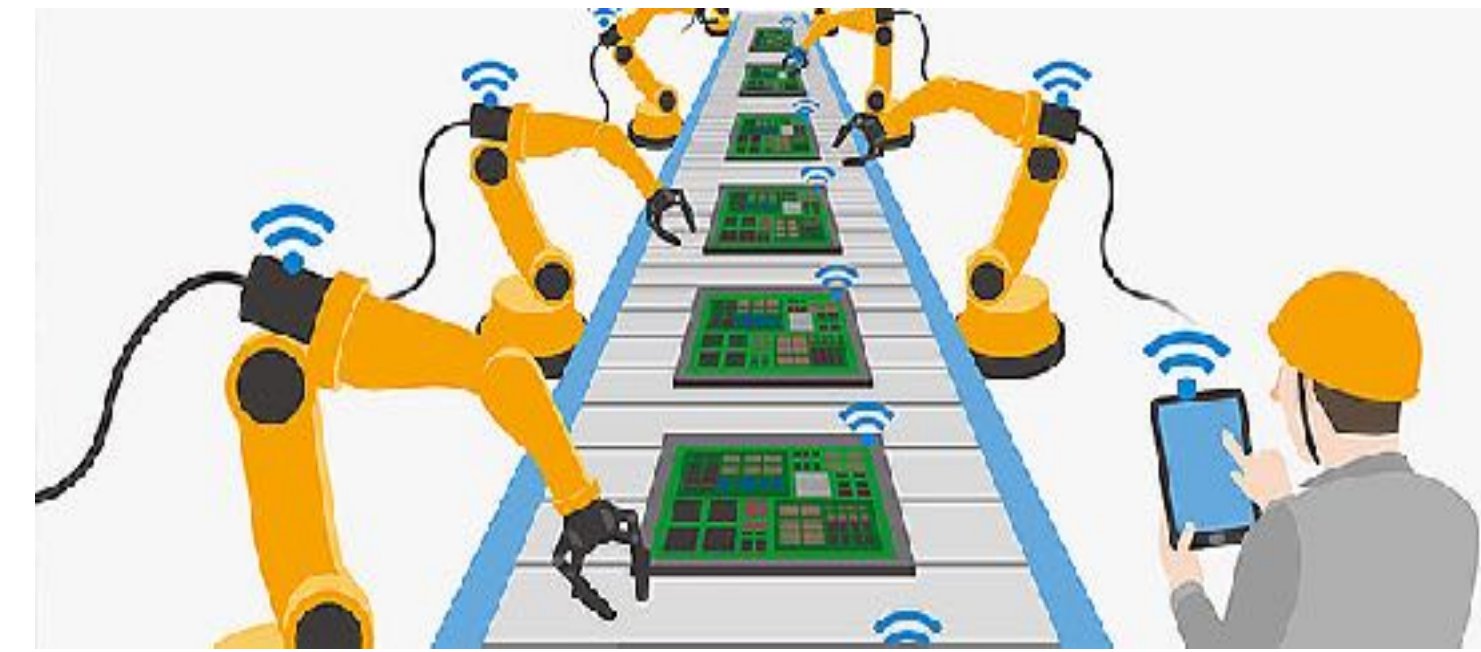
*Des défis pour la recherche ?*

- Quel rôle, quelle place pour l'humain dans Industrie 4.0 ?
  - Développer une (culture ?) façon de considérer l'humain autrement que **comme le maillon d'une chaîne** (de fabrication, logistique) remplaçable par une machine dès que la technologie aura évolué suffisamment ou que son prix sera abordable ?
    - À court et moyen termes, les machines ne vont pas remplacer tous les humains. Comment évite-t-on les dérapages ?

[http://www.francetvinfo.fr/economie/emploi/video-cash-investigation-travail-vis-ma-vie-de-manutentionnaire-chez-lidl\\_2381539.html](http://www.francetvinfo.fr/economie/emploi/video-cash-investigation-travail-vis-ma-vie-de-manutentionnaire-chez-lidl_2381539.html)

- On connaît assez bien la technologie qu'on implante; pour l'humain on sait finalement peu de choses...
- Formation des concepteurs de systèmes technologiques ?
- Outils de conception/d'aide à la conception de ces systèmes ?

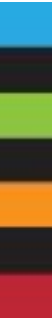
# Ergonomie cognitive et ergonomie informatique



POLYTECHNIQUE  
MONTRÉAL

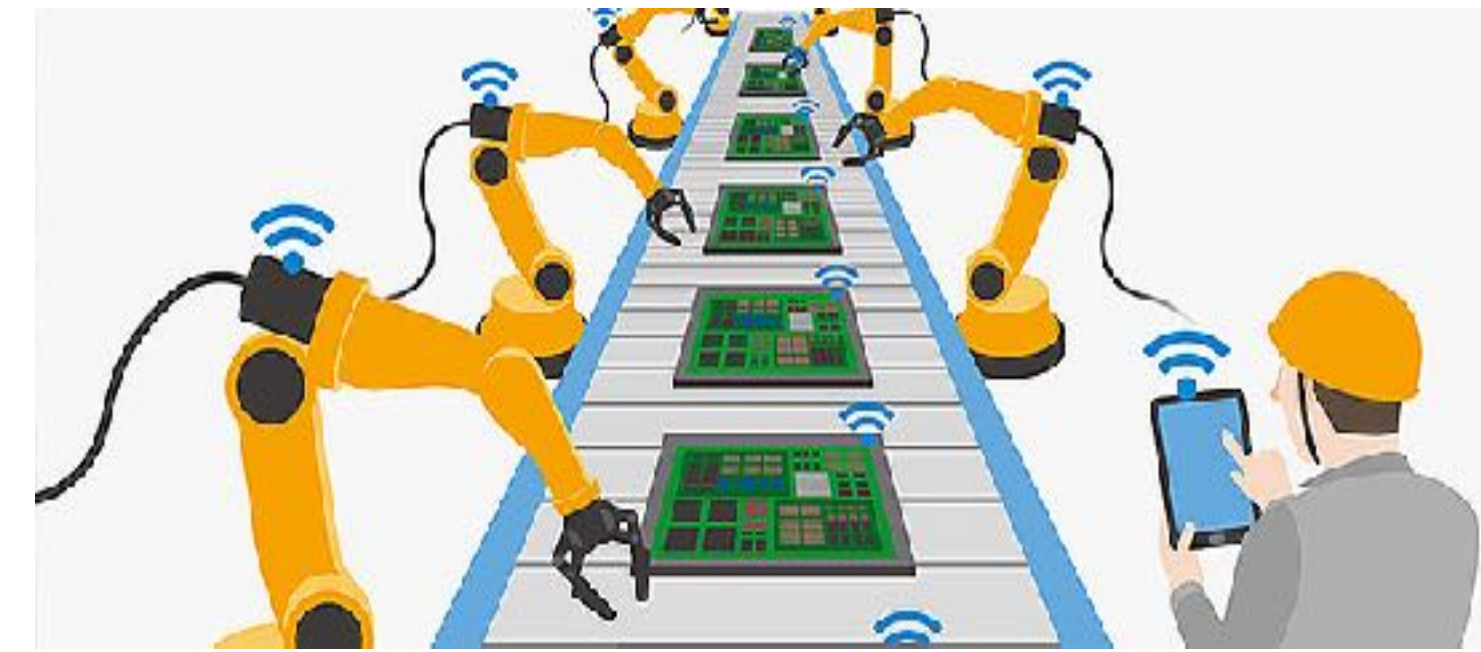


LE GÉNIE  
EN PREMIÈRE CLASSE



- Avec Industrie 4.0, une grande partie du travail des opérateurs humains va consister à faire des **tâches de commande, de suivi et de contrôle de processus**
- Activités de travail prévues :
  - Visualiser de nombreuses informations dynamiques à l'écran
  - Les analyser pour comprendre et suivre ce qui se passe
  - Synthétiser
  - Identifier / surveiller les éléments critiques
  - Vérifier les paramètres de production
  - Détecter les anomalies
  - Anticiper les résultats
  - Faire des diagnostics
  - Prendre des décisions
  - Poser des actions (faire des commandes, annoter, communiquer)
  - Évaluer les résultats des actions

# Ergonomie cognitive et ergonomie informatique



POLYTECHNIQUE  
MONTREAL



LE GÉNIE  
EN PREMIÈRE CLASSE

## Thèmes d'études et défis pour la recherche :

- **Présentation visuelle de masses de données dynamiques à l'écran**
  - Codage et formats de présentation
  - Accès à des détails et des synthèses
- **Navigation** entre ensembles et niveaux de données
- **Conception et évaluation** des interfaces humain-ordinateur
  - p. ex. : retour d'information, navigation, guidage, recouvrement d'erreurs, messages
- **Évaluation de l'utilisabilité des interfaces**
- **Évaluation de l'UX (eXpérience Utilisateurs)**
- **Évaluation de la transparence des informations**
  - traçabilité des informations
- Aide aux **diagnostics**
- Aide au **suivi des opérations**
- Aide à la **décision**
- **Évaluation de la conscience de la situation des opérateurs**
- **Étude de la charge mentale de travail des opérateurs**



# Merci de votre aimable attention

- Yuvin Chinniah : [yuvin.chinniah@polymtl.ca](mailto:yuvin.chinniah@polymtl.ca)
- Daniel Imbeau : [daniel.imbeau@polymtl.ca](mailto:daniel.imbeau@polymtl.ca)
- Jean-Marc Robert : [jean-marc.robert@polymtl.ca](mailto:jean-marc.robert@polymtl.ca)
- Jean-Marc Frayret : [jean-marc.frayret@polymtl.ca](mailto:jean-marc.frayret@polymtl.ca)
  - **Directeur scientifique du laboratoire Poly Industries 4.0**
  - <http://www.polymtl.ca/polyindustries/>