

# Robotique et cobotique en IAA

## ***Plan du cours :***

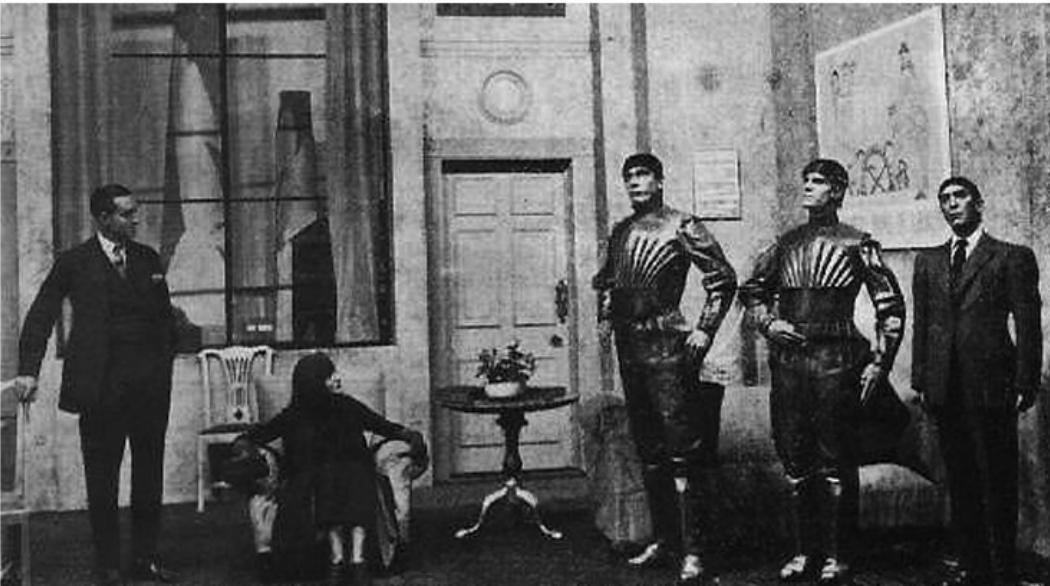
Partie 1 : Définitions et contexte

Partie 2 : TD calcul matriciel

Partie 3 : Présentation du TP

# Introduction : Un peu d'histoire

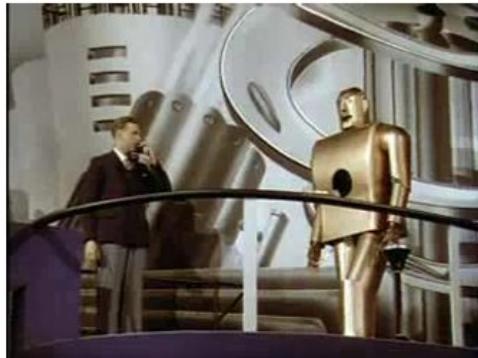
- ▶ **Étymologie :** "Rossumovi Univerzální Roboti" est une pièce de théâtre de science-fiction en langue tchèque créée en 1920 par Karel Čapek. Elle a été traduite en anglais par "Rossum's Universal Robots". Il s'agit de la première occurrence connue du mot "Robot".



*Une scène de la pièce "RUR" montrant 3 robots*

# Introduction : Un peu d'histoire

- ▶ **1939** : “*Elektro*”, robot humanoïde présenté à l'exposition universelle de New-York par la Westinghouse Electric Corporation.



- ▶ **1956** : “*Unimate*”, premier manipulateur industriel commercial de la société Unimation. Il a été installé pour la première fois en 1961 dans une usine de General Motors.



# Introduction : Un peu d'histoire

- ▶ **1961** : Installation du premier robot industriel (GM) : manipulation de pièces de fonderie



- ▶ **1969** : Première ligne robotisée de peinture (Trallfa (Norvège))



- ▶ **1973** : "Famulus", first 6 axis industrial robot from KUKA robotics.

# Introduction : Un peu d'histoire

- ▶ **1973** : Premier robot incluant un capteur de vision pour du boulonnage sur objets mobiles  
**1974** Premier robot de soudure à l'arc par Kawasaki (cadres de motos)



- ▶ **1992** : 1ère application d'un robot Delta pour des applications de pick-and-place
- ▶ **1998** : ABB Flexpicker : 120 objets/minute, vitesse de déplacement 10m/s



# Qu'est ce qu'un robot ?

## ► Définition au sens industriel :

### ► Robot:

- D'après la norme [NF EN ISO 10218-1](#), c'est un bras manipulateur programmable destiné à des applications multiples. Il évolue sur au moins trois axes et peut être fixe ou mobile. Si un robot est utilisé dans un environnement industriel, alors on parle de robot industriel. Un robot n'est pas considéré comme une machine à part entière mais comme une [quasi-machine](#), dès lors qu'il est vendu sans outils et sans application dédiée.



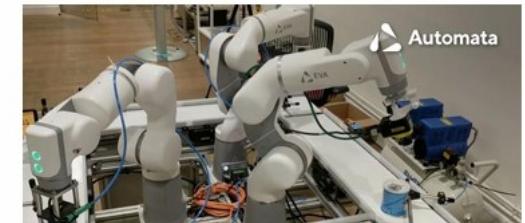
### ► Système robot

- D'après la norme [NF EN ISO 10218-1](#), c'est un robot complété par tous les équipements externes (outils, axes externes, machines, etc.) qui lui permettent d'accomplir sa tâche. Un système robot constitue donc une machine au sens de la directive 2006/42/CE.



### ► Cellule robotique

- D'après la norme [NF EN ISO 10218-2](#), il s'agit d'un ou de plusieurs systèmes robots complétés par les mesures de prévention adéquates. La mise en œuvre de la cellule robotique nécessite la définition claire de l'espace maximal d'évolution du système robot, de l'espace partagé (appelé également espace de travail collaboratif) et de l'espace contrôlé (protection périphérique).



# Qu'est ce qu'un robot ?

## Les catégories de robots

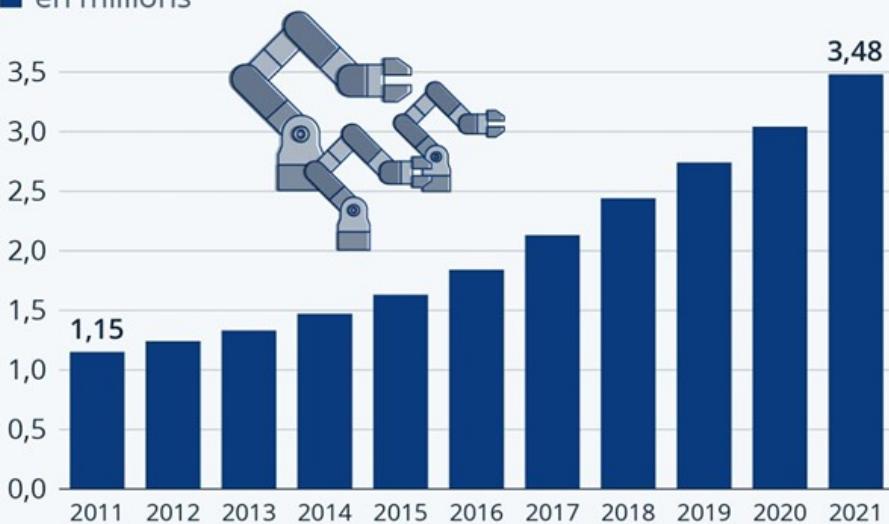
- ▶ Robots mobiles
- ▶ Services aériens sans pilote
- ▶ Véhicules autonomes (UAV)
- ▶ Robots sous-marins
- ▶ Robots humanoïdes
- ▶ Robots industriels
- ▶ Etc ...



# Robotiques et applications

## Le nombre de robots industriels a triplé en dix ans

Stock opérationnel mondial de robots industriels, en millions

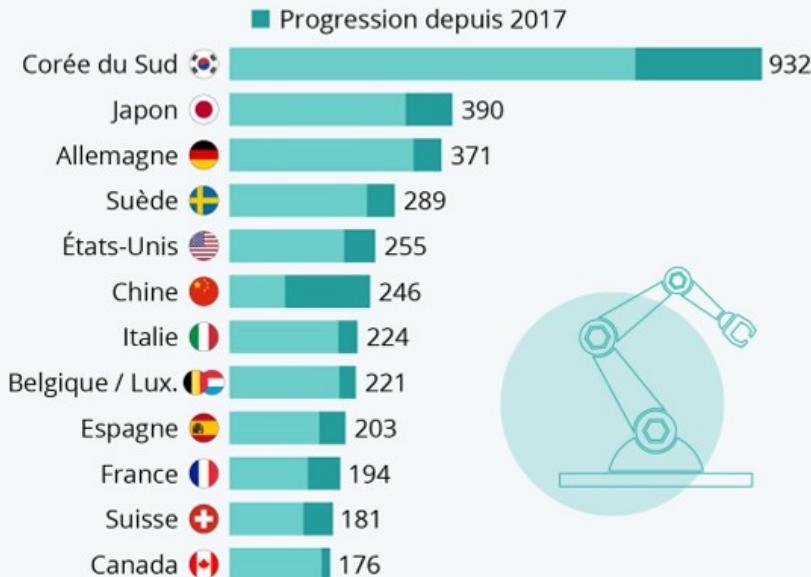


Source : IFR



## Les pays les plus automatisés au monde

Nombre de robots installés pour 10 000 employés dans le secteur industriel en 2020



Sélection de pays. Moyenne mondiale : 126 pour 10 000 employés.

Source : International Federation of Robotics

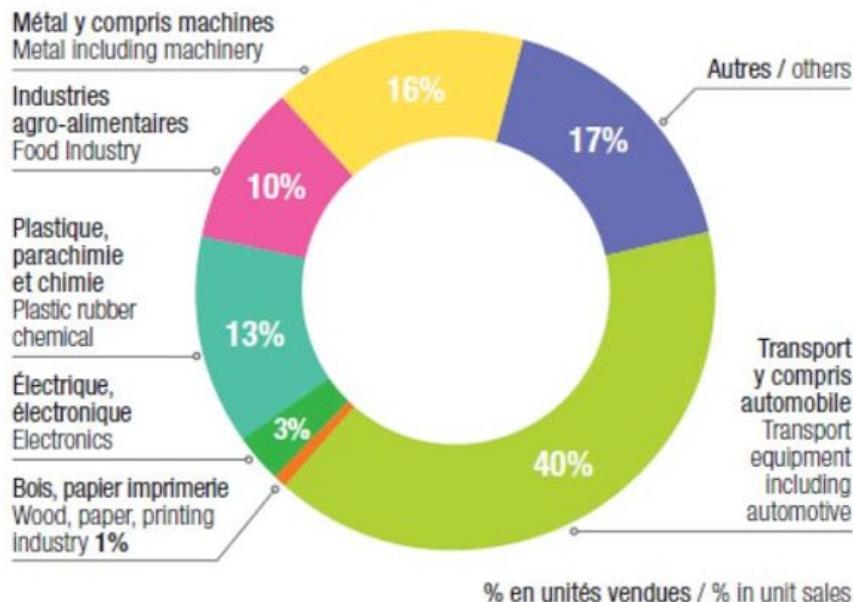
# Par secteur d'activité

## Robots industriels installés en France en 2014

Shipments of industrial robots in France in 2014

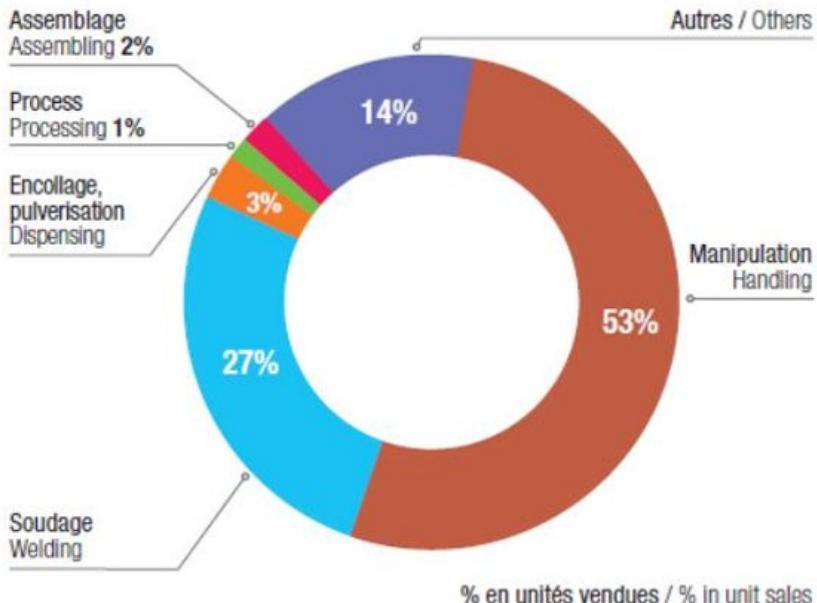
### Répartition par secteurs industriels

Distribution by industrial branches



### Répartition par type d'application

Distribution by application areas



Source, Chiffres clés SYMOP, 2015-16, selon rapport IFR 2014

# Application : agroalimentaire

Agroalimentaire : Transformation

► Nourriture industrielle

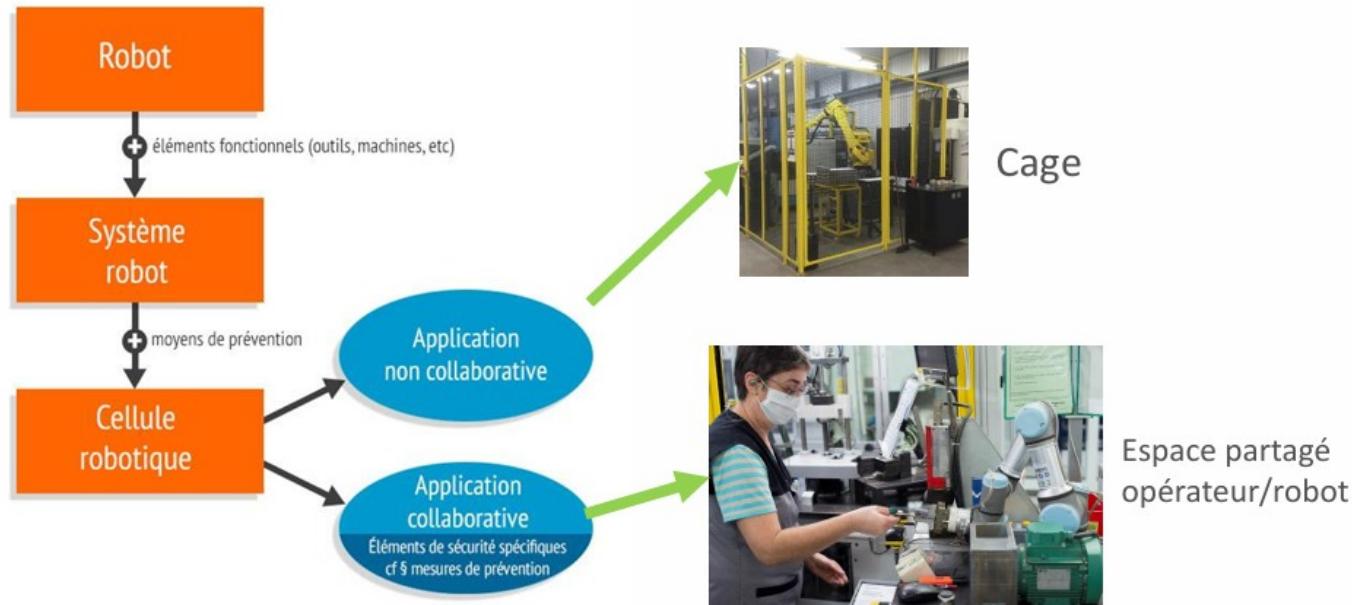


► Caractéristiques :

- Non contamination de l'environnement
- Nettoyable
- Temps de cycle élevé

# La cobotique

- ▶ Un robot collaboratif est un robot énergisé, autonome et intégré dans une cellule robotique pour travailler à proximité des opérateurs ou en relation directe avec eux.
- ▶ On parle alors de coactivité. Cette notion, traditionnellement réservée à l'activité simultanée sur un même site de plusieurs entreprises ou de plusieurs opérateurs, sous-entend ici la suppression totale ou partielle des barrières physiques entre l'homme et le robot, afin qu'ils puissent interagir.



# L'objectif ?

## Introduction situation de production



C O M P A N Y

### ► Situation initiale :

- Vous avez une entreprise avec des capacités de productions

### ► Situation idéal :

- Démarrer la production au moment de la commande
- La demande est exactement en adéquation avec la capacité de production
- Aucun problème de production en vue.



### ► Situation réel:

- Les commandes vont et viennent, avec des volumes et des délais variés.
- Cette variabilité peut amener le fabricant (vous) à accumuler un arriéré et à promettre de remplir les commandes avec quelques jours de retard... ce qui devient vite un problème.
- accumuler un arriéré et à promettre d'exécuter les commandes avec quelques jours de retard... qui se transforment rapidement en quelques semaines.
- Si l'arriéré augmente continuellement alors que les délais de livraison s'allongent, il existe un "goulot d'étranglement" dans le processus.



# La solution

## ► Solution afin de résoudre ce problème de production :

- Vous pouvez affecter davantage d'employés à cette tâche, en subissant un léger revers en termes de trésorerie, mais en obtenant une augmentation modérée de la productivité.

**OU...**

- Vous pouvez créer un processus nouveau et amélioré, qui nécessitera un investissement beaucoup plus important,  
mais qui permettra à vos employés de se concentrer sur des tâches plus intéressantes et moins fastidieuses.

## ► Quels sont mes options :

- Trois stratégies générales pour augmenter la productivité ou le rendement :
  - Embaucher plus d'employés
  - Améliorer les équipements et/ou en acheter davantage
  - Automatiser un processus

## Introduction situation de production

### ► Option 1 : embaucher un nouvel employé



Avantages	Inconvénient
Apporte de nouvelles connaissances à l'entreprise	Peut être difficile à recruter
Peut effectuer une variété de tâches	Possibilité d'erreurs humaines
Peut résoudre des problèmes complexes	Travaille un nombre limité d'heures (et a besoin de pauses, de congés de maladie et de vacances)
Ne nécessite pas d'investissement important	Exige un salaire annuel
	Peut ne pas être à la hauteur de vos attentes

## Introduction situation de production

### ► Option 2 : Acheter une nouvelle machine



Avantages	Inconvénient
Généralement plus forts et capables de travailler plus vite que employés humains	Doit être géré par un humain
Élargit l'éventail des possibilités de fabrication	Nécessite un investissement important (\$\$\$)
Peut fonctionner sans surveillance (par exemple, CNC, table laser, CMM)	L'intégration demande plus de temps et d'efforts
Peut être remplacé et dupliqué	Nécessite un entretien régulier et peut tomber en panne de manière inattendue

## Introduction situation de production

### ► Option 3 : Automatiser



Avantages	Inconvénient
Généralement plus forts et capables de travailler plus rapidement que les employés humains	Nécessite beaucoup de travail en amont
Réduit la durée du cycle	Peut réduire votre rendement pendant un certain temps
Peut être exécuté automatiquement	Doit être adapté à la tâche et à l'environnement
Peut être dupliqué est régulier, ce qui peut améliorer la qualité	<p>« Même si les [robots] ne réduisent pas directement le temps de production, il est préférable d'avoir un robot qui attend le traitement des pièces plutôt qu'un employé. un robot qui attend que les pièces soient traitées que d'avoir un employé humain » ou une machine de plusieurs millions de dollars à l'arrêt.</p> <p>– Samuel Bouchard, CEO of Robotiq &amp; author of Lean Robotics</p>

## Introduction situation de production

### ► « opportunity cost » :

- votre coût d'opportunité est la somme d'argent que vous perdez si vous n'agissez pas.

**Coût d'opportunité = rendement potentiel futur - rendement actuel réel.**

### ► Pour le calculer nous avons besoin des données suivantes :

- Production initiale (valeur actuelle des services et/ou produits en cours de production, en \$)
- Production potentielle (valeur potentielle en \$ des services et/ou produits dans le futur, en \$)
- Investissement initial (coût initial de la mise en œuvre de la nouvelle stratégie, en \$).
- Prix de revient des services et/ou produits (combien coûte leur production, en \$).
- Prix de détail des services et/ou des produits (combien les clients paient, en \$).

# Exemple



## ► Situation initiale :

- L'atelier d'usinage compte actuellement quatre employés qui font fonctionner cinq machines à commande numérique pendant un poste de huit heures. Les employés sont payés 35 \$/heure.
- L'usinage de la plupart des pièces prend 30 minutes. Pendant que les machines CNC fonctionnent, les employés effectuent des contrôles de qualité sur une MMT et un autre outil de mesure, et remplissent des documents.
- Les pièces finies sont vendues 200 \$ chacune. Cependant, chaque jour, les employés doivent arrêter les CNC pendant environ deux heures afin d'effectuer des tâches de réglage et de maintenance.
- Nous supposons que les machines CNC ont été payées et que les clients couvrent les coûts de l'outillage et des matières premières.
- Les clients couvrent les coûts de l'outillage et des matières premières, de sorte que les seules dépenses de l'atelier sont les salaires des employés.

## ► Données d'entrée :

- 2 heures/jour de temps de réglage
- 6 heures/jour de temps de broche
- 30 minutes/pièce
- 200 \$/pièce (prix de détail).
- 4 employés
- 5 machines à commande numérique
- Des équipes de 8 heures
- 35 \$/heure par employé

## ► Modification du processus :

- Aucun

Investissement initial :	0 \$.
Prix par pièce :	200 \$
Temps par pièce :	0,5 heure
Réglages par jour :	1
Temps par installation :	2 heures
Temps d'usinage par jour	6 heures
Pièces M1 par jour	12
Pièces M2 par jour	12
Pièces M3 pièces par jour	12
Pièces M4 pièces par jour	12
Pièces M5 par jour :	0
Total des pièces par jour :	48
Production par employé :	2 400 \$/jour
Production totale :	9 600 \$/jour
Coûts :	1 120 \$/jour
Bénéfice :	8 480 \$/jour
ROI :	0 jour

## ► Modification du processus :

- Processus de recrutement long, non pris en compte
- Il faudra une semaine entière pour former le nouvel employé, ce qui nécessite également la présence à plein temps du manager. Pendant ce temps, l'employé ne produira pas de pièces. Après la formation, l'employé produira des pièces au même rythme que les autres employés.
- Le coût du nouvel employé serait le coût de la période de formation : une semaine de salaire (40 heures à 35 dollars de l'heure) plus une semaine de temps du directeur (40 heures à 60 dollars de l'heure).
- Investissement initial :
  - $40 \text{ hrs} \times ((\$35 + \$60)/\text{hrs}) = \$3,800.$

Investissement initial :	3 800 \$.
Prix par pièce :	200 \$
Temps par pièce :	0,5 heure
Réglages par jour :	1
Temps par installation :	2 heures
Temps d'usinage par jour	6 heures
Pièces M1 par jour	12
Pièces M2 par jour	12
Pièces M3 pièces par jour	12
Pièces M4 pièces par jour	12
Pièces M5 par jour :	12
Total des pièces par jour :	60
Production par employé :	2 400 \$/jour
Production totale :	12 000 \$/jour
Coûts :	1 400 \$/jour
Bénéfice :	10 600 \$/jour
ROI :	1.8 jours

## ► Modification du processus :

- L'entreprise pourrait acheter une seule machine capable de produire des pièces en 15 minutes au lieu de 30 minutes.  
Cette machine coûte 250 000\$ et un employé devrait passer une semaine à la mettre en place.
- L'entreprise devra également acheter de l'outillage (30 000 \$ de plus).
- Investissement initial :
  - $\$250,000 + \$30,000 + (40 \text{ hours} \times \$35/\text{hour}) = \$281,400$ .

Investissement initial :	281 400 \$.
Prix par pièce :	200 \$
Temps par pièce :	0,5 heure
Réglages par jour :	1
Temps par installation :	2 heures
Temps d'usinage par jour	6 heures
Pièces M1 par jour	12
Pièces M2 par jour	12
Pièces M3 pièces par jour	12
Pièces M4 pièces par jour	24
Pièces M5 par jour :	0
Total des pièces par jour :	60
Production par employé :	3 000 \$/jour
Production totale :	12 000 \$/jour
Coûts :	1 120 \$/jour
Bénéfice :	10 880 \$/jour
ROI :	117.08 jours

## ► Modification du processus :

- Puisque l'une des machines est facile à facile à utiliser avec un robot collaboratif, il est relativement simple de mettre un robot en face de la machine sans aucune modifications majeures.
- Le bras robotique, un préhenseur et quelques outils simples peuvent être achetés pour 75 000 dollars.
- Un employé sera formé pendant une semaine entière (40 heures à un taux de 35 \$/heure). Comme l'employé ne fera pas fonctionner la machine à commande numérique pendant cette période, la période de formation entraîne une dépense supplémentaire de 15 000 \$ (5 jours à un taux de 3000 \$/jour).

Investissement initial :

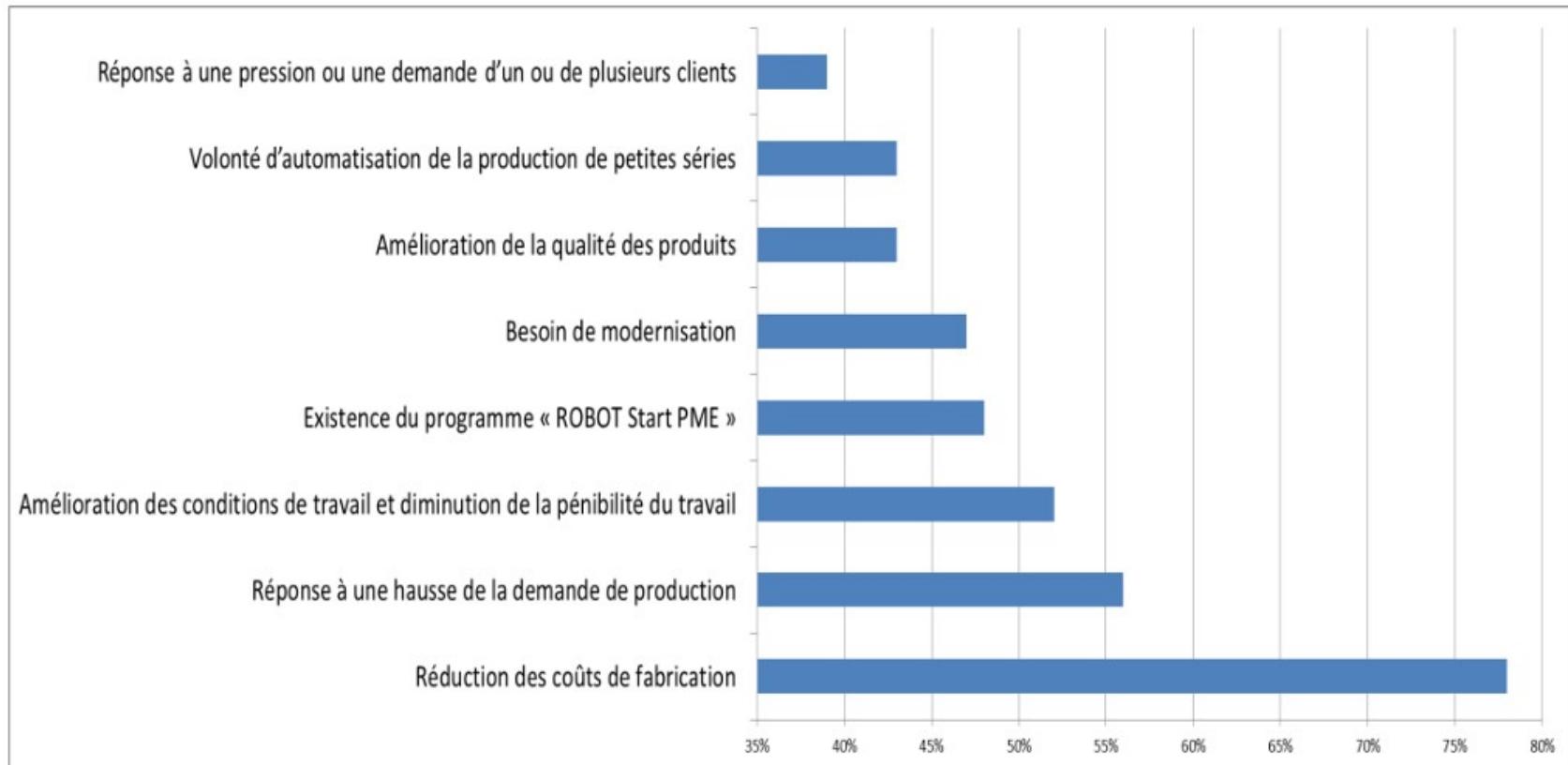
- $\$75,000 + (40 \text{ hours} * \$35/\text{hour}) + (5 \text{ days} * \$3000/\text{day}) = \$91,400$ .

- Dans ce scénario, l'employé formé configure le robot et le laisse fonctionner 24 heures sur 24. Le robot devra être arrêté pendant deux heures chaque jour pour que les employés puissent effectuer les réglages et les tâches de maintenance.
- Réaffectation de l'employé supplémentaire à des tâches d'installation et à l'assistance de ses collègues pour les contrôles de qualité.
- les employés affectés aux machines peuvent faire fonctionner leurs machines 7,5 heures par jour, au lieu de 6 seulement.

Investissement initial :	91 400\$.
Prix par pièce :	200 \$
Temps par pièce :	0,5 heure
Réglages par jour :	1
Temps par installation :	2 heures
Temps d'usinage par jour	7.5 heures
Pièces M1 par jour	15
Pièces M2 par jour	15
Pièces M3 pièces par jour	15
Pièces M4 pièces par jour	44
Pièces M5 par jour :	0
Total des pièces par jour :	89
Production par employé :	4 450 \$/jour
Production totale :	17 800 \$/jour
Coûts :	1 120 \$/jour
Bénéfice :	16 680 \$/jour
ROI :	11.1 jours

	Sans investissement	nouvel employé	nouvelle machine	automatisation
Investissement initial :	0 \$.	3 800 \$.	281 400 \$.	91 400\$.
Prix par pièce :	200 \$	200 \$	200 \$	200 \$
Temps par pièce :	0,5 heure	0,5 heure	0,5 heure	0,5 heure
Réglages par jour :	1	1	1	1
Temps par installation :	2 heures	2 heures	2 heures	2 heures
Temps d'usinage par jour	6 heures	6 heures	6 heures	7.5 heures
Pièces M1 par jour	12	12	12	15
Pièces M2 par jour	12	12	12	15
Pièces M3 pièces par jour	12	12	12	15
Pièces M4 pièces par jour	12	12	24	44
Pièces M5 par jour :	0	12	0	0
Total des pièces par jour :	48	60	60	89
Production par employé :	2 400 \$/jour	2 400 \$/jour	3 000 \$/jour	4 450 \$/jour
Production totale :	9 600 \$/jour	12 000 \$/jour	12 000 \$/jour	17 800 \$/jour
Coûts :	1 120 \$/jour	1 400 \$/jour	1 120 \$/jour	1 120 \$/jour
Bénéfice :	8 480 \$/jour	10 600 \$/jour	10 880 \$/jour	16 680 \$/jour
ROI :	0 jour	1.8 jours	117.08 jours	11.1 jours

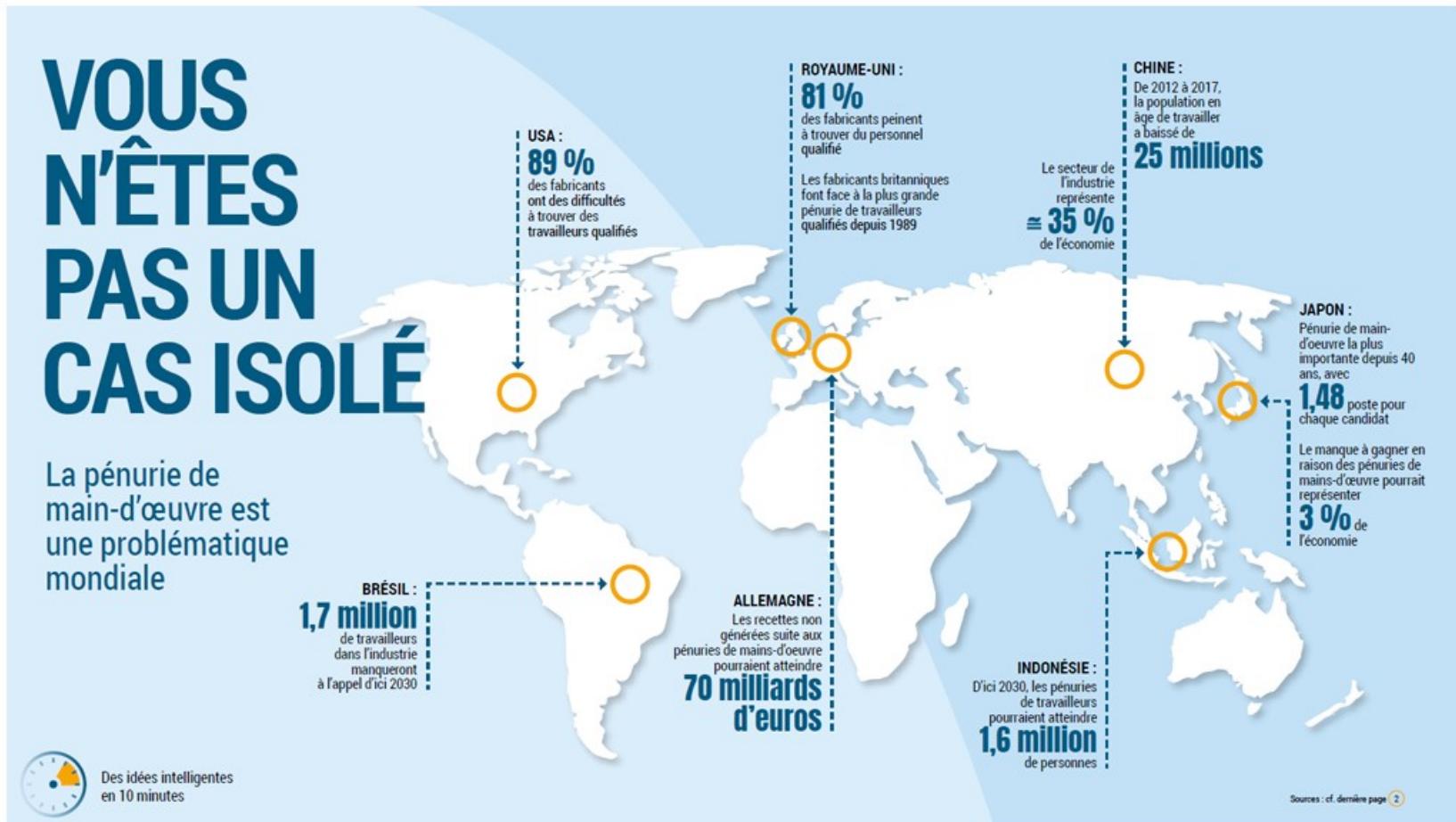
# ► Les motivations des PME pour robotiser(\*)



(\*) : en pourcentage des répondants auprès d'un échantillon de 50 PME

# ► Autres données pour expliquer l'automatisation

- Manque de main d'œuvre ouvrière



# ►Autres données pour expliquer l'automatisation

- Coût des accidents du travail



# Automatisation des tâches

## Type de tâches automatisable facilement

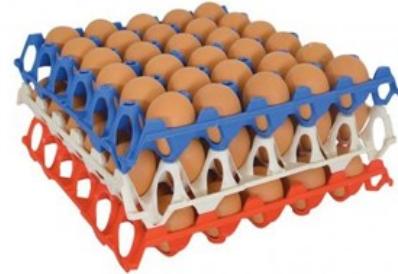
- ▶ Les tâches idéales à automatiser ont deux propriétés :
  - Hautement prévisibles
    - La tâche est la même à chaque fois, avec peu de déviations.
  - Répétable
    - La tâche sera exécutée à maintes reprises.

## Tâches Prévisible

► Lorsque les objets à manipuler sont toujours les mêmes et qu'ils arrivent toujours au même endroit.

► Voici quelques propriétés des tâches hautement prévisibles :

- Objets ordonnés :
  - Une série d'objets qui est toujours traitée dans le même ordre.
- Objets similaires :
  - Des objets dont les dimensions, la gamme de poids, la forme physique sont identiques ou très similaires.  
forme, etc.
- Objets réguliers :
  - Objets présentant peu de variations d'un objet à l'autre. (Par contraste, les pommes de terre  
sont un exemple d'objets qui sont tous similaires mais pas réguliers).
- Présentation régulière des pièces :
  - Les objets sont disposés dans un ordre délibéré et cohérent. Les matrices et les plateaux sont souvent utilisés pour la présentation des pièces.





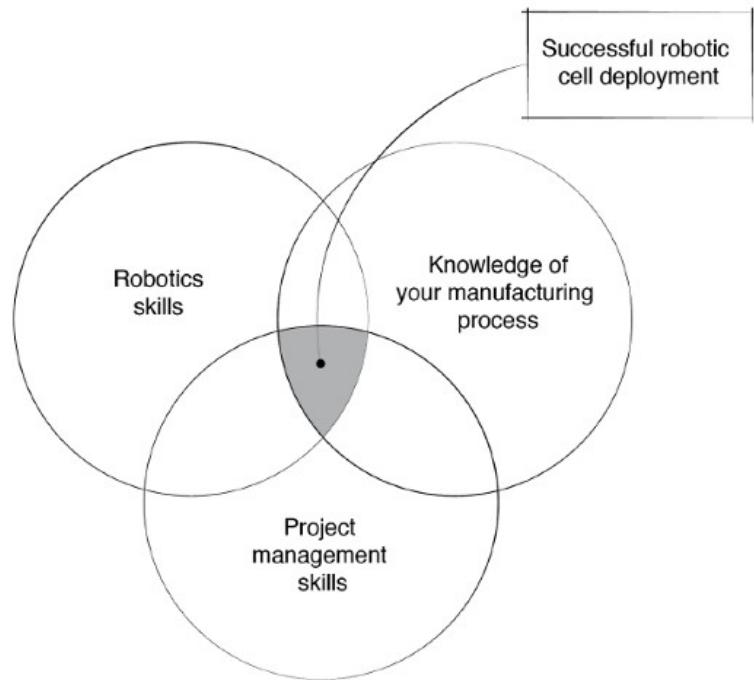
## Tâches Répétable

- ▶ Les tâches sont répétables lorsque les étapes de la tâche sont les mêmes à chaque fois et sont répétées à l'infini.
- ▶ Voici quelques propriétés des tâches répétables :
  - Fonctionnement cohérent:
    - La tâche ne varie pas entre les objets d'un même lot et ne varie pas (beaucoup) entre différents lots.
  - Opération à long terme :
    - L'opération sera effectuée de nombreuses fois. (Vous ne vous donneriez pas la peine de la peine d'automatiser une opération unique, effectuée une seule fois).
  - Opération à forte demande :
    - Les meilleures applications robotique s'attaquent aux opérations à forte demande (c'est-à-dire ,celles qui sont nécessaires en permanence).

## Constituer une équipe de déploiement de Robots

► Une équipe de déploiement de robots réussie doit avoir des compétences dans les domaines suivants :

- Robotique
- La gestion de projet
- Votre processus de fabrication



Compétences	
Responsable de la fabrication	Programmeur
Chef de projet	Ouvrier d'exploitation et de maintenance
Coordinateur de projet	Conseiller en processus
Ingénieur	Spécialiste des achats
Installateur	Spécialiste de l'amélioration continue

## Usage robotique

### ► Vue d'ensemble:

- La grande majorité des robots industriels est utilisée pour des tâches simples :
- Répéter avec précision une séquence de mouvements apprise. La phase d'enseignement/apprentissage est manuelle et peut prendre beaucoup de temps.
- L'objet doit être positionné avec précision par rapport au robot.

### ► Top 5 des utilisation robotique :

- Machine tending : Le robot fait entrer et sortir des pièces d'une machine pour les traiter. Pendant que le robot charge et décharge la pièce, les opérateurs humains sont libres de travailler sur d'autres tâches.
- Pick-and-place : Le robot déplace une pièce de la sortie d'un processus à l'entrée d'un autre. Par exemple, il peut prendre des pièces dans un bac et les disposer en ordre sur un plateau.
- Assemblage : Le robot effectue des tâches simples d'assemblage de pièces qui nécessitent une faible dextérité.
- Tests de qualité : Le robot charge les produits dans une machine de test de qualité et les enlève une fois les tests terminés.
- Autres applications légères : Le robot effectue des opérations de base d'emballage, de finition, de collage, etc.

## Usage robotique

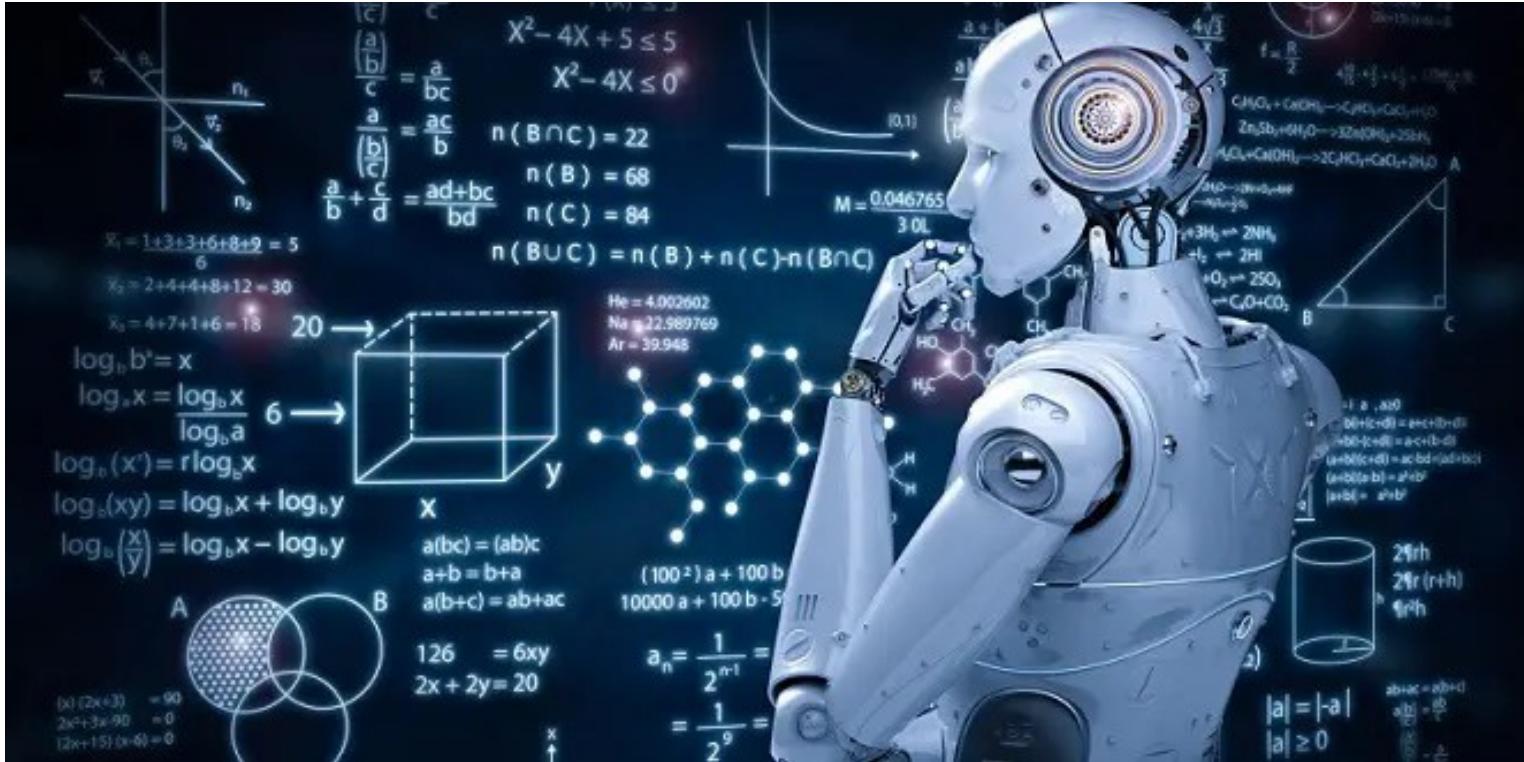
### ► Vue d'ensemble:

- La grande majorité des robots industriels est utilisée pour des tâches simples :
- Répéter avec précision une séquence de mouvements apprise. La phase d'enseignement/apprentissage est manuelle et peut prendre beaucoup de temps.
- L'objet doit être positionné avec précision par rapport au robot.

### ► Top 5 des utilisation robotique :

- Machine tending : Le robot fait entrer et sortir des pièces d'une machine pour les traiter. Pendant que le robot charge et décharge la pièce, les opérateurs humains sont libres de travailler sur d'autres tâches.
- Pick-and-place : Le robot déplace une pièce de la sortie d'un processus à l'entrée d'un autre. Par exemple, il peut prendre des pièces dans un bac et les disposer en ordre sur un plateau.
- Assemblage : Le robot effectue des tâches simples d'assemblage de pièces qui nécessitent une faible dextérité.
- Tests de qualité : Le robot charge les produits dans une machine de test de qualité et les enlève une fois les tests terminés.
- Autres applications légères : Le robot effectue des opérations de base d'emballage, de finition, de collage, etc.

# Un peu de vocabulaire



Actionneur



Axe



Segment



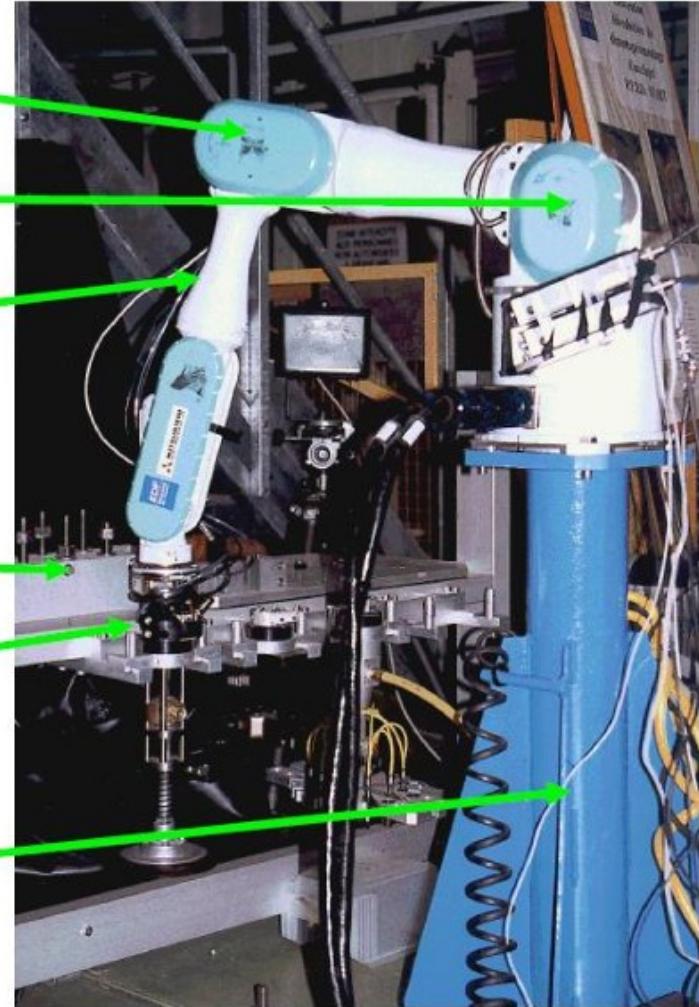
Repère terminal



Outil



Base



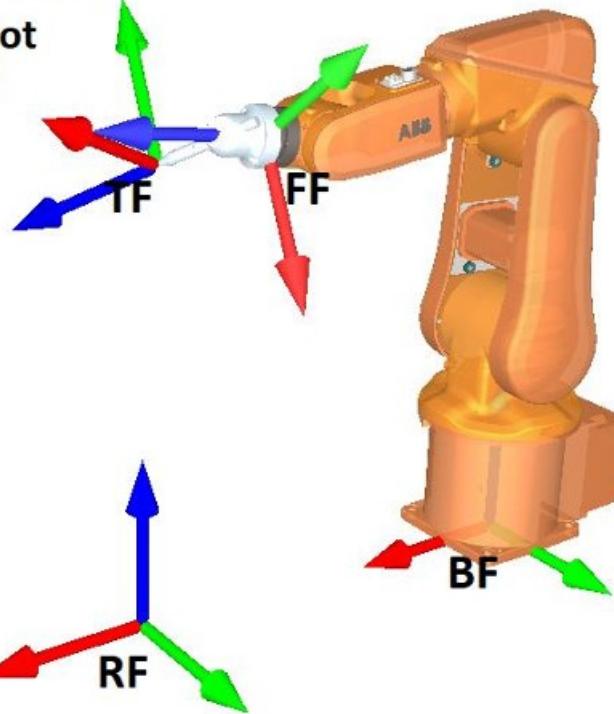
## ► Repère robotique

BF: Repère de base

RF: Repère de référence

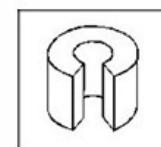
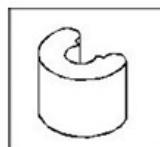
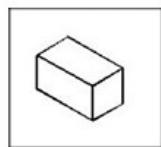
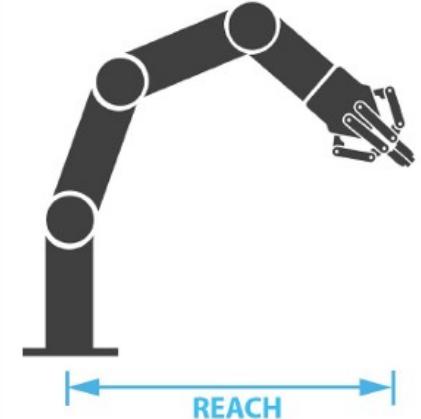
FF: Bride du robot

TF: Repère outil

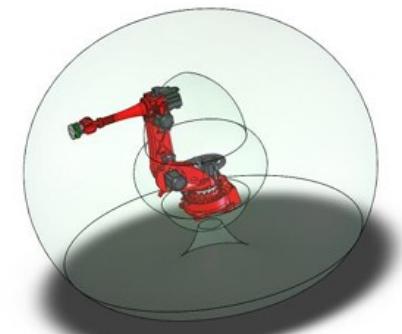


## ► Espace de travail

- L'espace de travail dépend principalement de :
  - la géométrie du robot
  - Les dimensions des liaisons
  - Les limitations du mouvement articulaire.
  - Les limitations du mouvement articulaire.
  - Exemples d'espaces de travail :



NB : en général, les dimensions exactes de ces volumes sont données par le fabricant.



## Vocabulaire technique



### ► Précision / Répétabilité

### ► Définitions

- Précision :
  - dans quelle mesure le robot peut atteindre une position de référence dans son espace de travail.
- Répétabilité :
  - dans quelle mesure un robot peut revenir à une position précédemment apprise dans son espace de travail.
- Notes
  - La répétabilité d'un robot est généralement bien meilleure que sa précision.
  - La grande majorité des robots installés est utilisée pour répéter cycliquement une séquence programmée de positions.
  - La norme ISO 9283 spécifie les conditions d'évaluation de la répétabilité. Elle doit être mesurée à la charge utile maximale.

► Performances dynamiques



- Vitesse maximale
  - Donnée pour chaque articulation et parfois aussi pour l'effecteur dans le cas le plus favorable.
- Accélération maximale
  - donnée pour chaque articulation dans le cas le plus défavorable (c'est-à-dire dans la configuration d'inertie maximale).

Note :

- En général, un robot industriel est dans un état d'accélération/décélération la plupart du temps. Les articulations ont rarement le temps d'atteindre leur vitesse maximale.



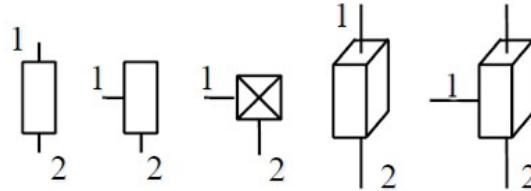
## ► Charge utile

- Charge utile ou capacité de transport
  - Poids maximal que le robot peut manipuler avec son effecteur sans nuire à sa répétabilité répétitivité et ses performances dynamiques.
- Note
  - La charge utile est généralement beaucoup plus petite que le poids maximal que le robot peut soulever lorsque les actionneurs sont alimentés avec le courant maximum.

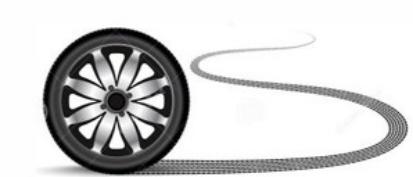
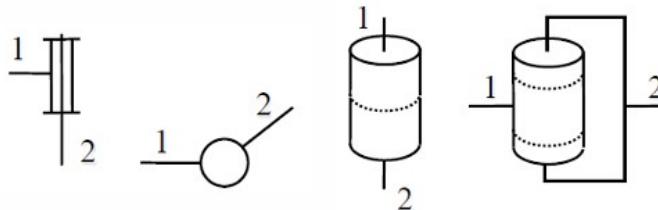
# Cinématique

## ► Deux types d'articulations

- Translation/ prismatique :



- Rotation :

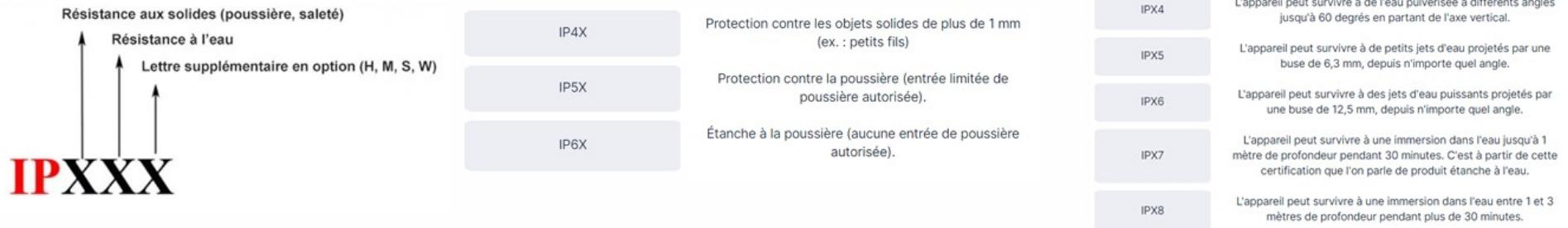


## ► Caractéristiques géométriques

- Nombre d'axe
- Architecture (série ou parallèle)
- Séquence d'articulation
- Nombre de degrés de liberté

## Indice IP (spécifications environnementales)

- Si votre robot risque d'être éclaboussé par des liquides, recouvert de poussière ou affecté par d'autres conditions environnementales, l'indice de protection IP est une spécification importante.

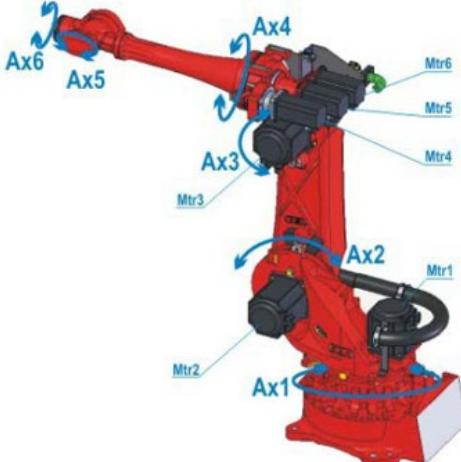
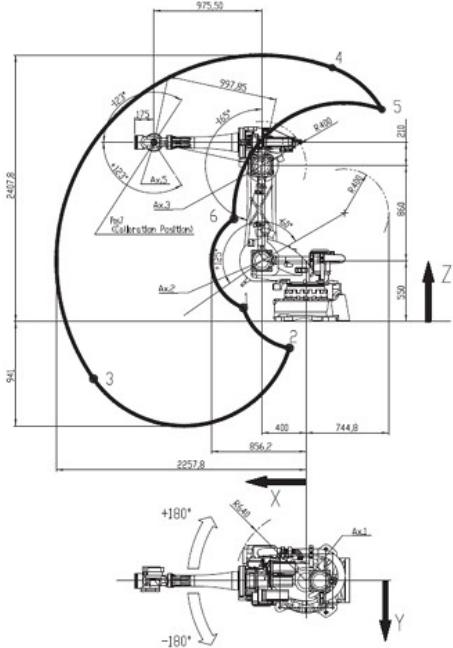


## Durée de vie du robot

- Certains fabricants fournissent des estimations de la durée de vie de leurs robots, qui est généralement exprimée en heures ou en cycles.
- Ce nombre, qui se situe généralement autour de 30 000 heures, vous permet d'obtenir une estimation plus précise de votre retour sur investissement.

## 6R robot industriel anthropomorphe :

### ► Comau NJ60 2.2



VERSION	NJ 60 - 2.2 In-line NJ 60 - 2.2 In-line Foundry <sup>*3</sup>
Structure / n° axes	Anthropomorphic / 6 axes
Wrist load	60 kg (132.27 lb) <sup>*1</sup>
Axis 4 torque	221 Nm
Axis 5 torque	221 Nm
Axis 6 torque	118 Nm
Stroke / (Speed)	Axis 1 $\pm 180^\circ$ ( $170^\circ$ /s)
	Axis 2 $-60^\circ$ to $+125^\circ$ ( $150^\circ$ /s)
	Axis 3 $0^\circ$ to $-165^\circ$ ( $165^\circ$ /s)
	Axis 4 $\pm 2700^\circ$ ( $265^\circ$ /s)
	Axis 5 $\pm 123^\circ$ ( $250^\circ$ /s)
	Axis 6 $\pm 2700^\circ$ ( $340^\circ$ /s)
Repeatability	0.06 mm
Max horizontal reach	2258 mm (7.40 ft)
Robot weight	645 kg (1421.98 lb)
Robot wrist features tool coupling	ISO 9409 - 1 - A100
Motors	AC Brushless
Position measurement system	Encoder
Protection degree	IP65 <sup>*3</sup>
Robot colour (standard)	Red RAL 3020 <sup>*2</sup>
Assembly position	Floor / Ceiling / Sloped <sup>*4</sup>
Operating environment temperature	0°C to +45°C
Storage temperature	-25°C to + 55°C
Relative humidity	5% to 95% without condensate
Maximum temperature gradient	1.5 °C/min

Game robotique classique

EN

# Robotics

## Compact Catalogue

Charge max 3 kg

Comau NJ60 2.2

Charge max 500 kg

## Game robotique agro alimentaire

### ► Staubli



### ► Kuka



Augsburg, 2022  
© KUKA Deutschland GmbH  
Zugspitzstr. 140

## SCARA

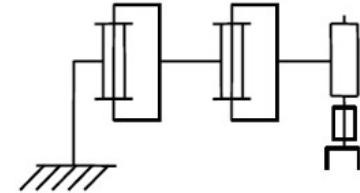
► Selective Compliance Articulated Robot for Assembly

► Caractéristiques

- 4 articulations, série, RRPR, 4 DoFs
- Espace de travail cylindrique
- Précis
- Très rapide

► Exemples

- Mitsubishi RH-3SDHR
- Adept Cobra i600



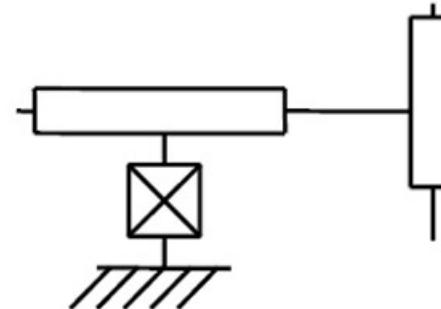
## Robots cartésiens

### ► Caractéristiques

- 3 joints prismatiques perpendiculaires
- Très bonne précision
- Facile à contrôler
- Lent

### ► Exemple

- Epson XM3000



# Robots parallèles

## ► Caractéristiques

- Espace de travail limité
- Haute rigidité
- Performances dynamiques élevées

## ► Exemple

- Adept Quattro s650H



Voici des images en temps réel du robot Quattro d'Adept jouant au jeu "1to50" sur appareil mobile. Le but du jeu est d'appuyer successivement sur les boutons correspondant aux chiffres de 1 à 50. Quattro est maintenant en tête des classements.

# Pince – Caractéristiques techniques

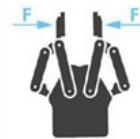
## ► Charge utile

- Tout comme la charge utile du robot, la charge utile du préhenseur correspond au poids maximal que le préhenseur peut supporter.



## ► Force

- La force de la pince spécifie la force d'écrasement que la pince peut appliquer à un objet.



## ► Course

- La course représente la distance entre les bouts des doigts lorsque la pince passe complètement fermée à complètement ouverte.

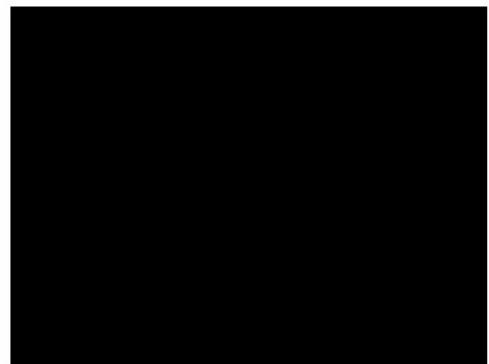


## ► Poids

- Le poids de l'effecteur final est important car vous devez respecter la capacité de charge du robot.

## ► Source d'énergie

- La source d'énergie peut être électrique, pneumatique, magnétique, à vide ou hydraulique.



## Électrique



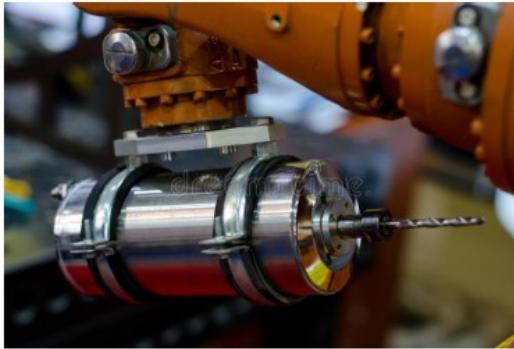
Pince deux mors



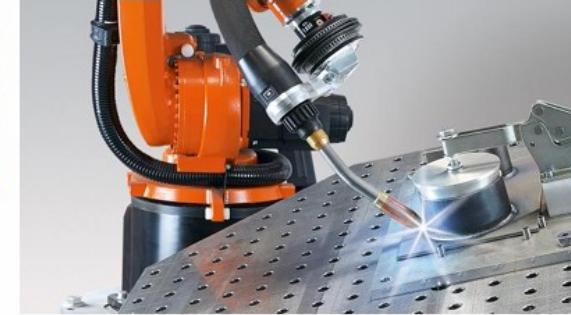
Visseuse



Pince magnétique



Perceuse



Soudure à l'arc

## Électrique



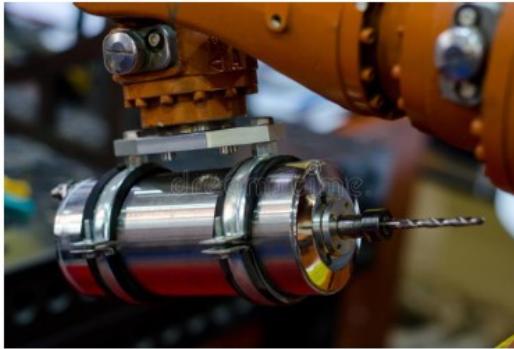
Pince deux mors



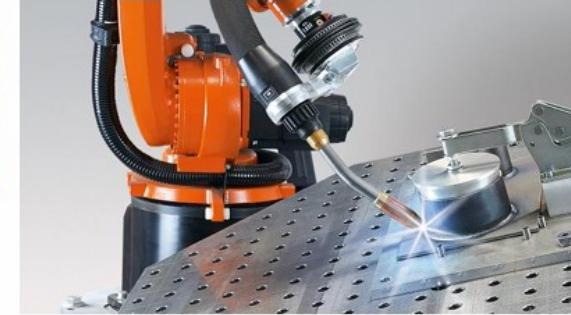
Visseuse



Pince magnétique



Perceuse



Soudure à l'arc

## Pneumatique



Ventouse



Pince deux mors

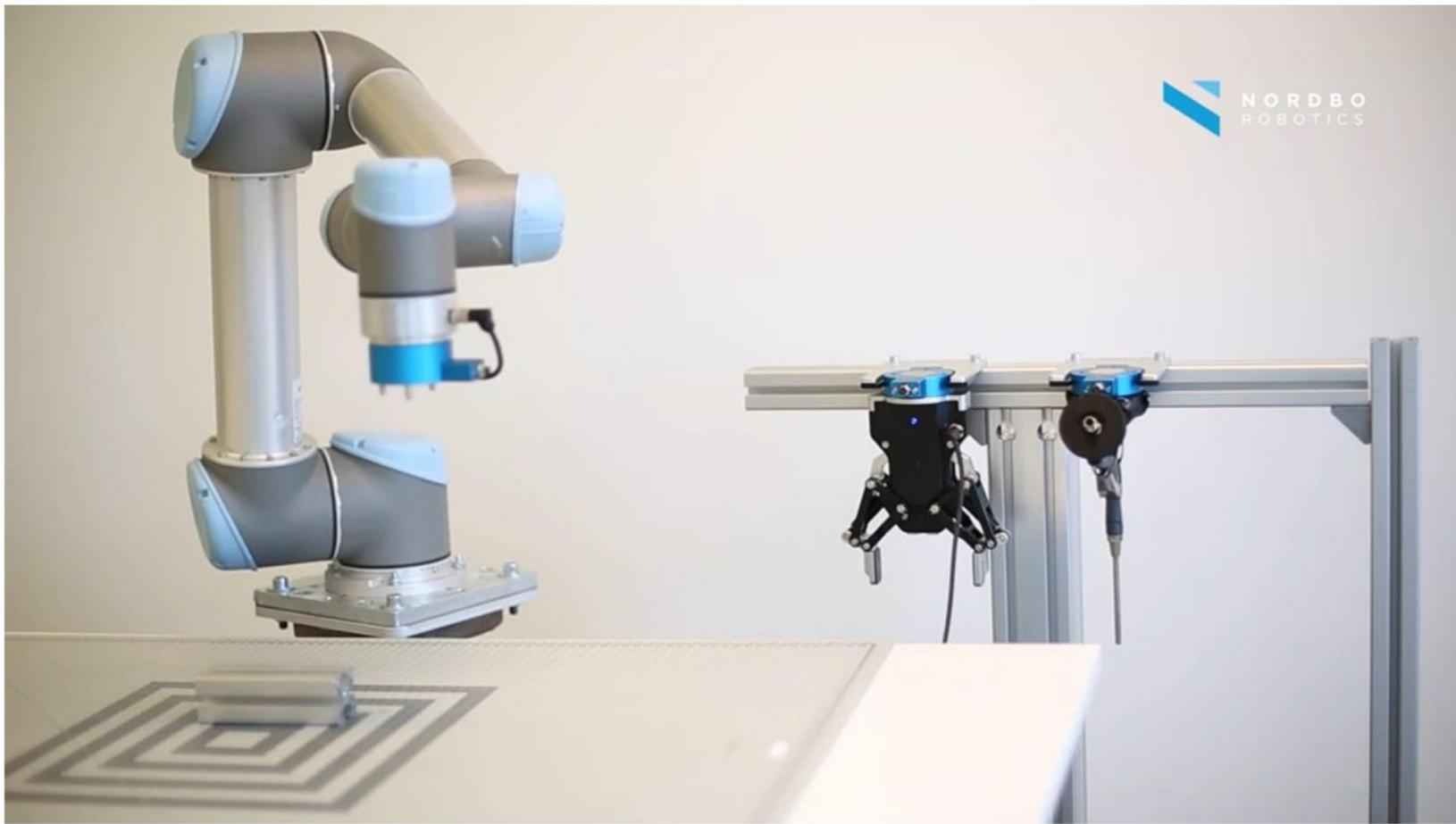


Tentacule



## Changeur d'outil

- ▶ Permet d'adapter l'outil à l'opération à effectuer pendant un cycle

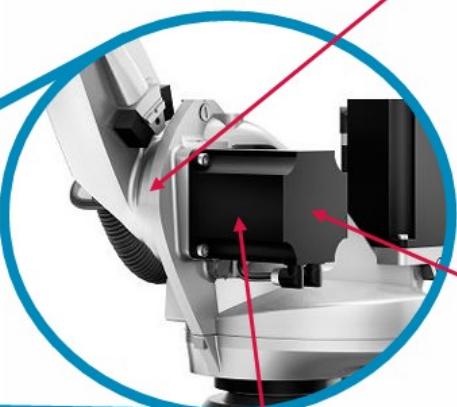


# Caractéristiques technique à regarder en fonction des applications

Robot Application	Key Cobot Specs			Key Tool Specs
Machine Tending	 <b>Payload</b> Your cobot payload should be at least 1.2 times your heaviest part weight. Include the gripper weight in your payload calculation.	 <b>Repeatability</b> Your cobot should be able to repeat within 0.1mm. Use mechanical stoppers to ensure repeatability.	 <b>Reach</b> Make sure your cobot can reach the machine vice and the drop off location.	 <b>Stroke &amp; Payload</b> Your gripper needs to be able to handle both raw and finished parts (think 'flexible grippers')
Product Testing	 <b>Repeatability</b> Your cobot has to be consistent and repeatable to deliver valuable test results.	 <b>Speed</b> Speed control can make all the difference to your test cycle time.		 <b>Force Feedback</b> Most product testing applications will require force feedback.
Assembly	 <b>Repeatability</b> Your cobot has to be consistent in its motions to assemble to tight tolerances.	 <b>Payload</b> Power tools and other devices can be used.	 <b>Reach / Rotation</b> Assembly, usually related to screwing apps, might require extensive or infinite rotation of your cobot's wrist.	 <b>Flexibility</b> Flexibility is required whenever a variety of objects needs to be handled.
Finishing	 <b>Payload</b> The cobot payload is directly related to the amount of force that needs to be applied to the part. Large payloads translate to large forces.	 <b>Ease of programming</b> Finishing regularly requires complex trajectory programming. You need to be able to program these trajectories.		 <b>Force Feedback</b> All finishing applications require force feedback.
Dispensing	 <b>Reach</b> At minimum, your cobot needs to be able to reach the entire surface of the part.	 <b>Speed</b> Speed control can make a big difference to dispensing application. Look for rigid actuators.		 <b>Specific tool</b> You probably already have specific requirements for your dispensing application. You need to find a dispensing tool that can be programmed from your cobot controller.

# L'anatomie d'un robot

## Composants matériel



Réducteur :

- engrenage convertissant la vitesse du moteur en couple

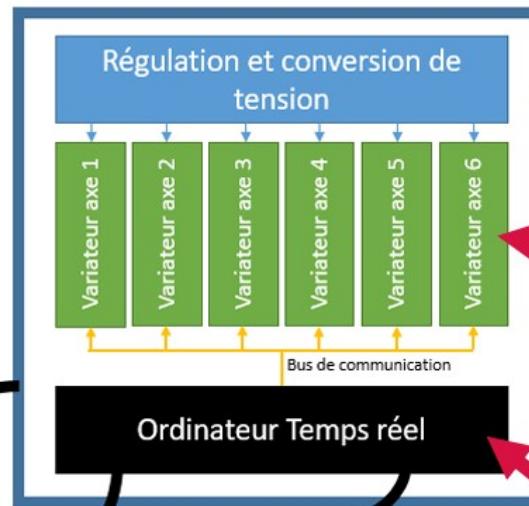
Capteur de position:

- Capteur mesurant l'angle du rotor moteur afin de mesurer l'angle des articulations du robot.

Moteurs :

- Convertisseur d'énergie.
- Il permet de convertir de l'énergie électrique en énergie mécanique de rotation

## Baie robotique



Secteur 3P+N

Électronique de commande permettant de contrôler les axes :

- En couple
- En vitesse
- En position

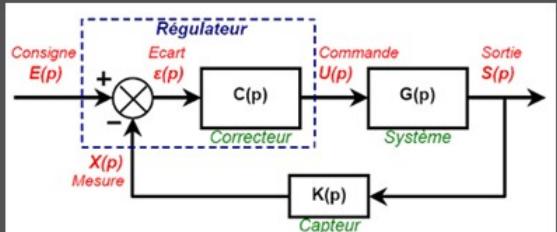
Ordinateur contenant tous les fonctions de contrôle commande du robot



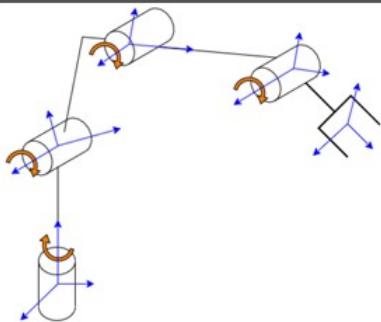
IHM de pilotage, diagnostique et de programmation rapide

## Contrôleur robotique

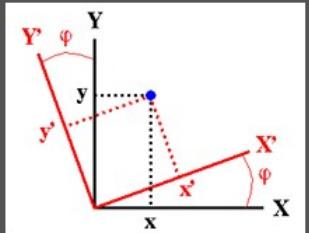
### Ordinateur temps réel



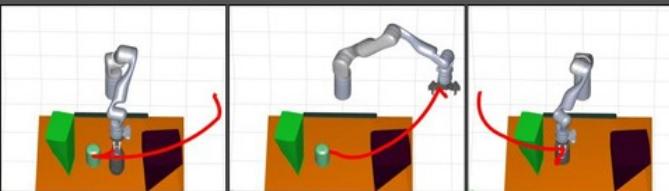
Asservissements



Modèles



Outil de gestion des repères



Génération de trajectoire

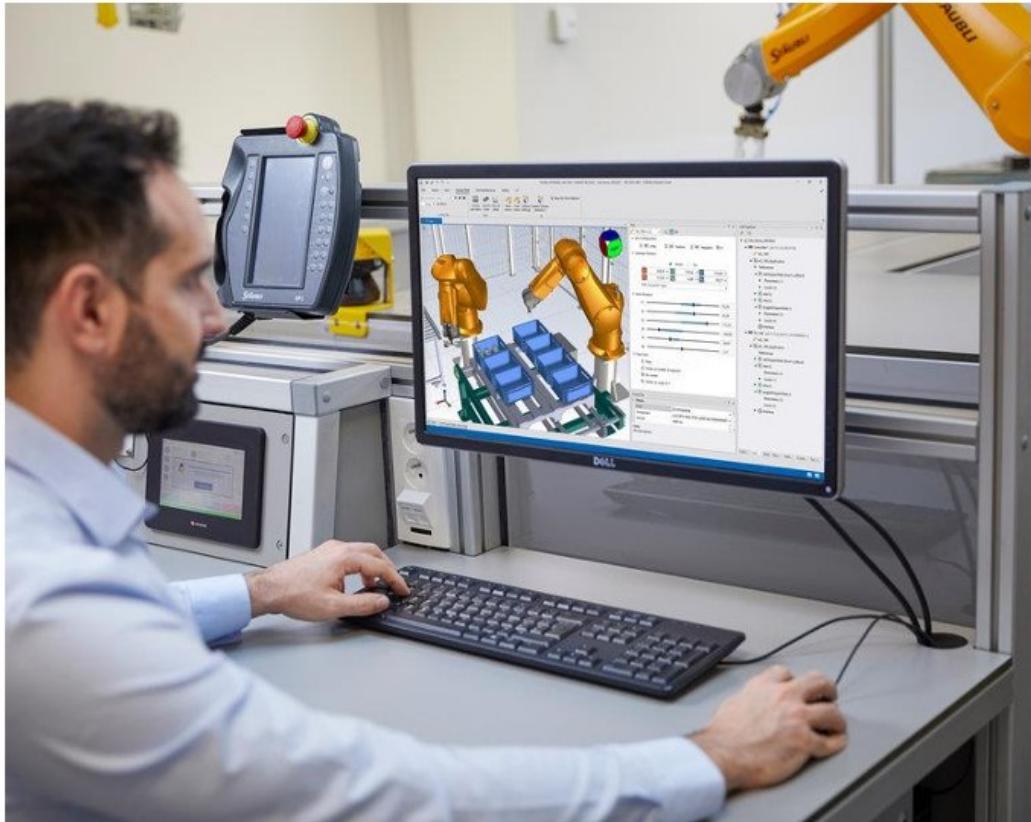
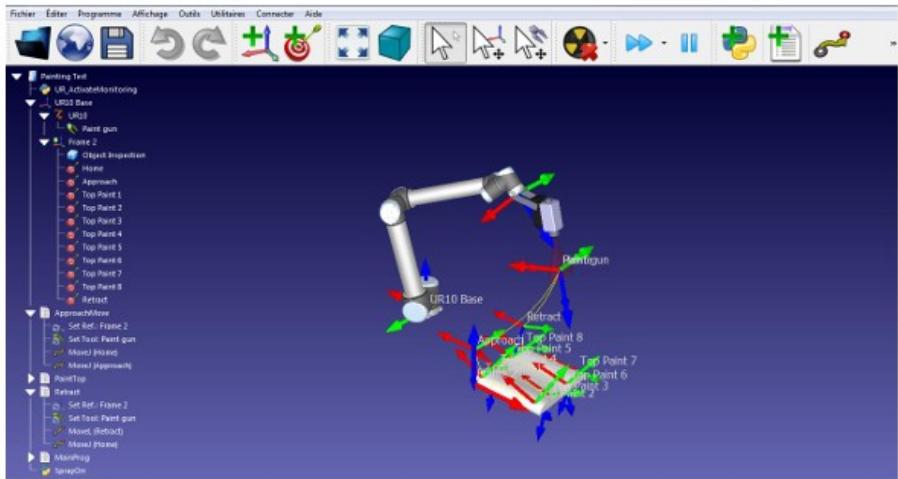
Les robots industriels offrent les fonctions suivantes :

- Pilotage en position articulaire
- Pilotage en position cartésienne
  - Ligne ( défini par des points de passage )
  - Cercle ( défini par des points de passage )
- Pilotage compliant ( en cours d'apparition sur le marché )

# PHL ( Programmation Hors Ligne )

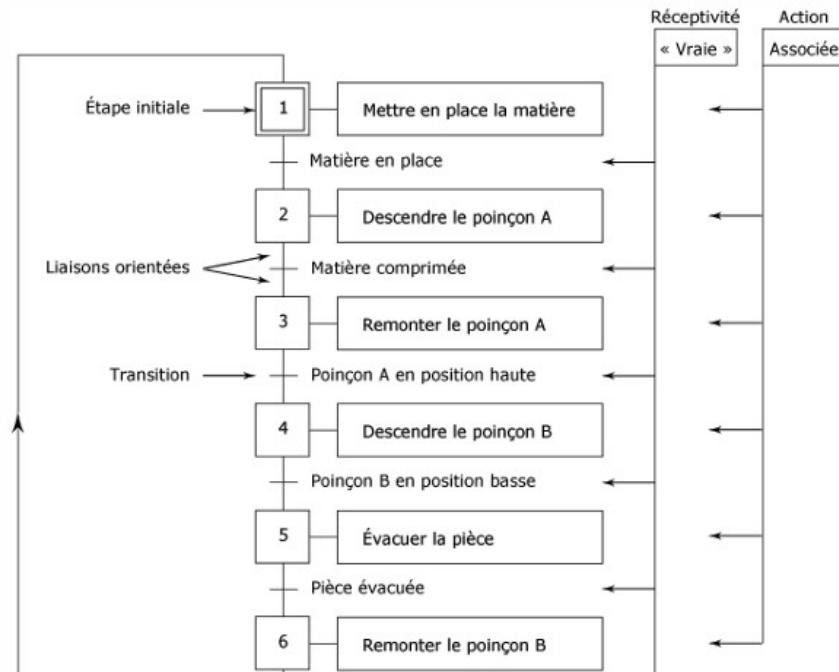
## ► Outil de programmation robotique

- Programmation des trajectoires
- séquençage

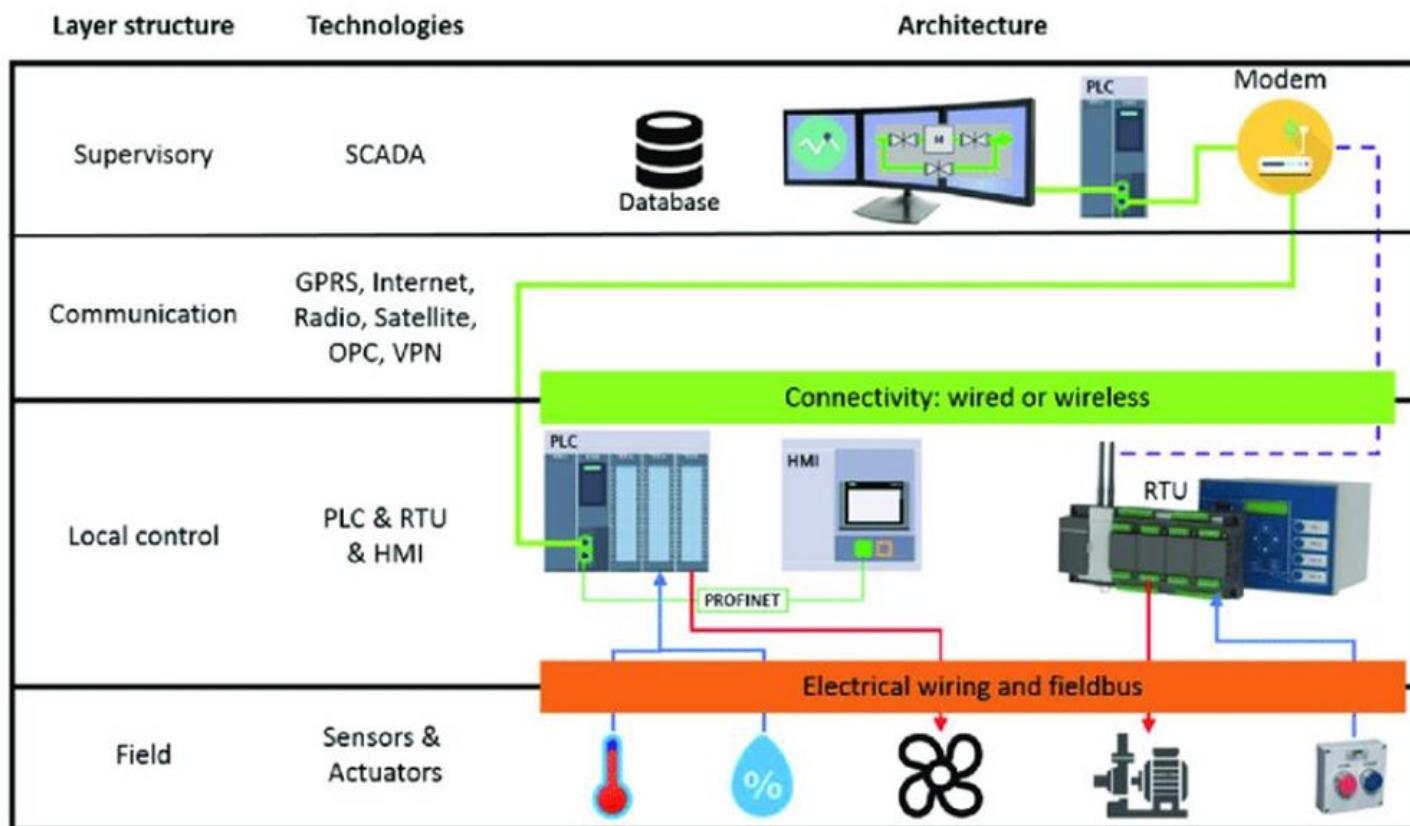


# Contrôle commande et robotique

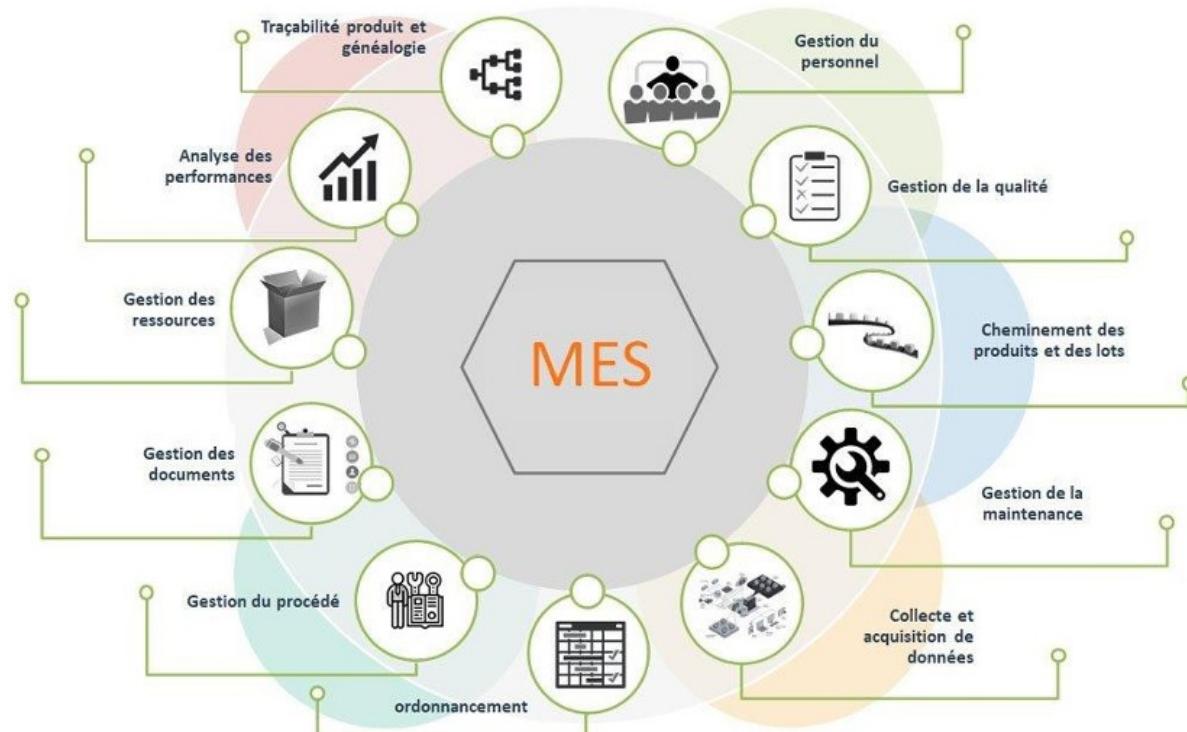
PLC programmable logic controller



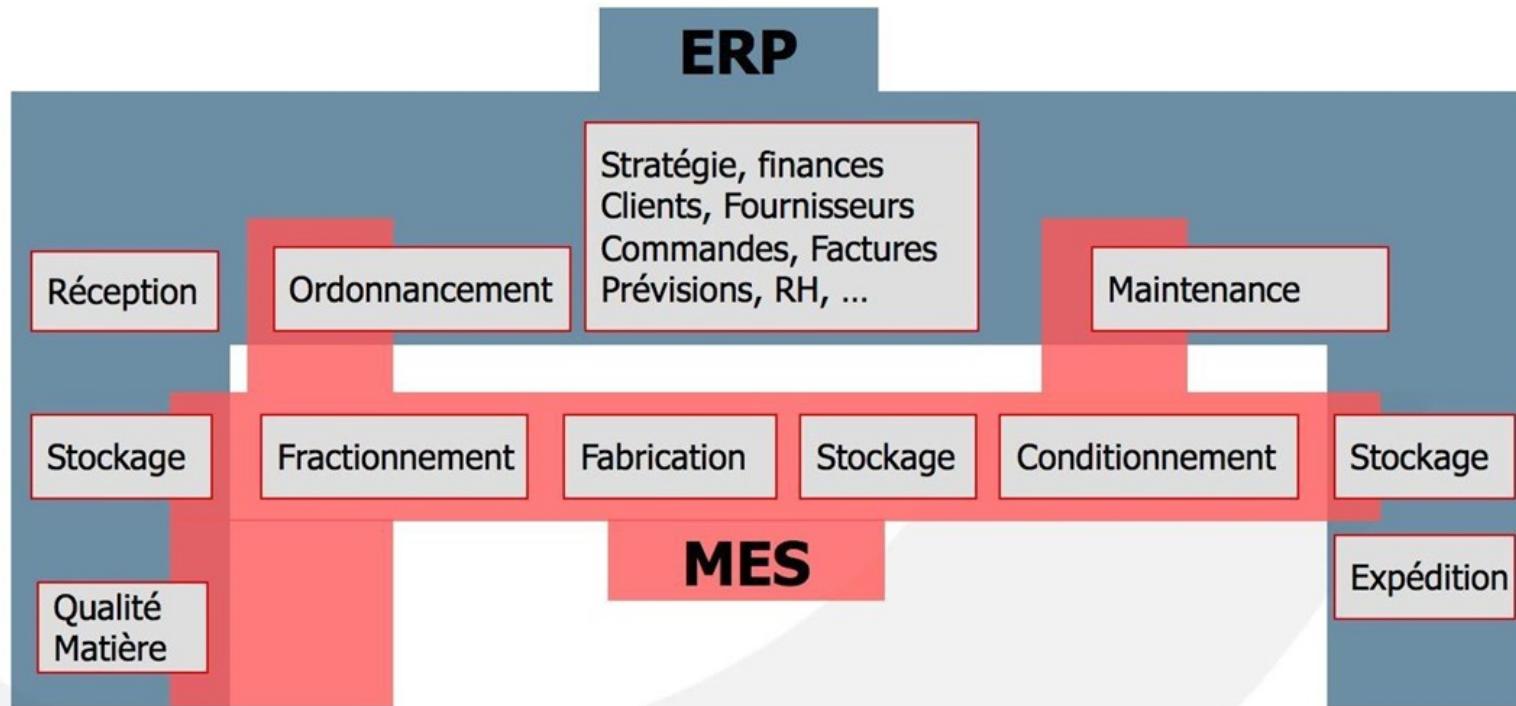
## SCADA : système de contrôle et d'acquisition de donnée



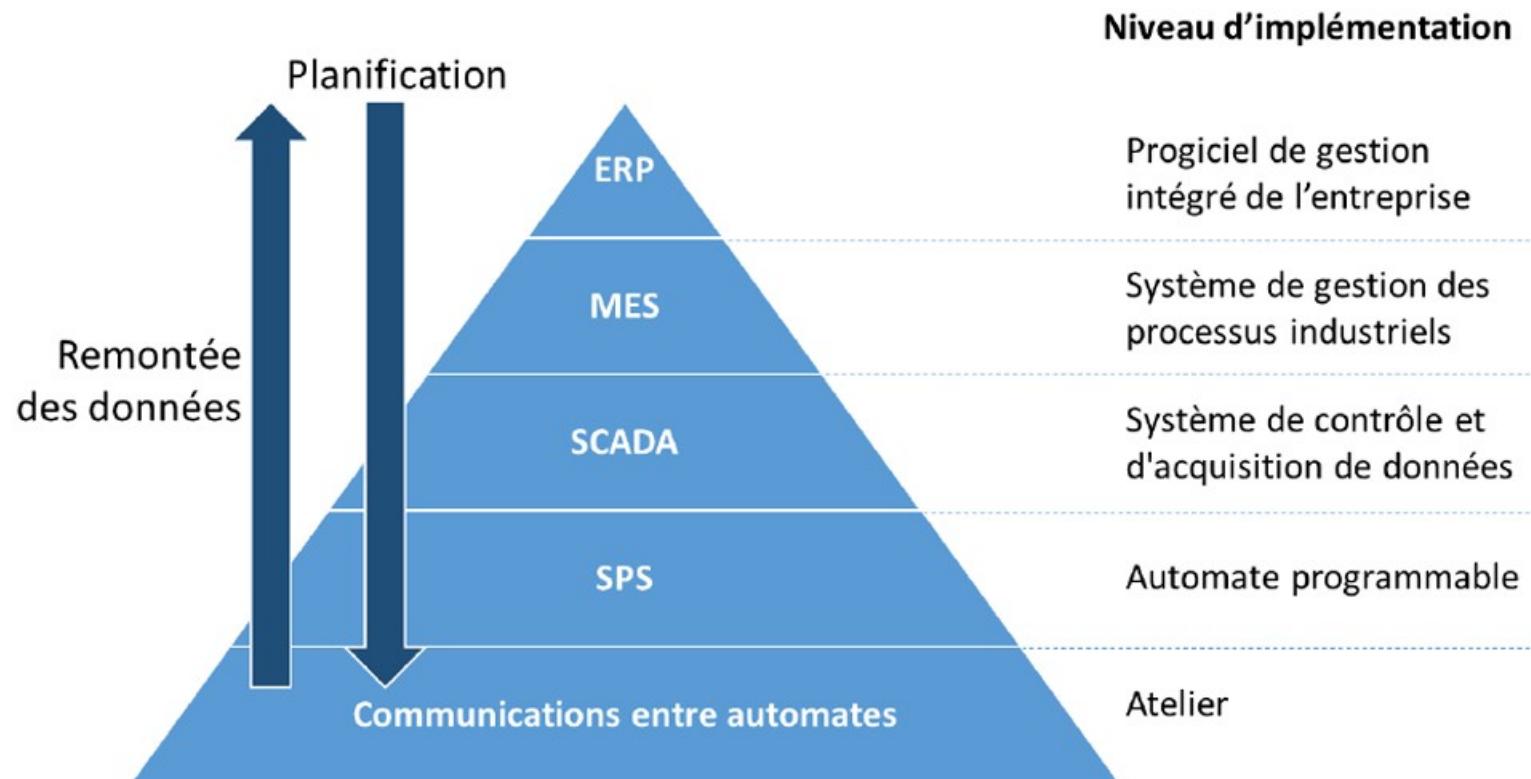
## MES (système de gestion des processus industriel)



ERP logiciel de gestion d'entreprise



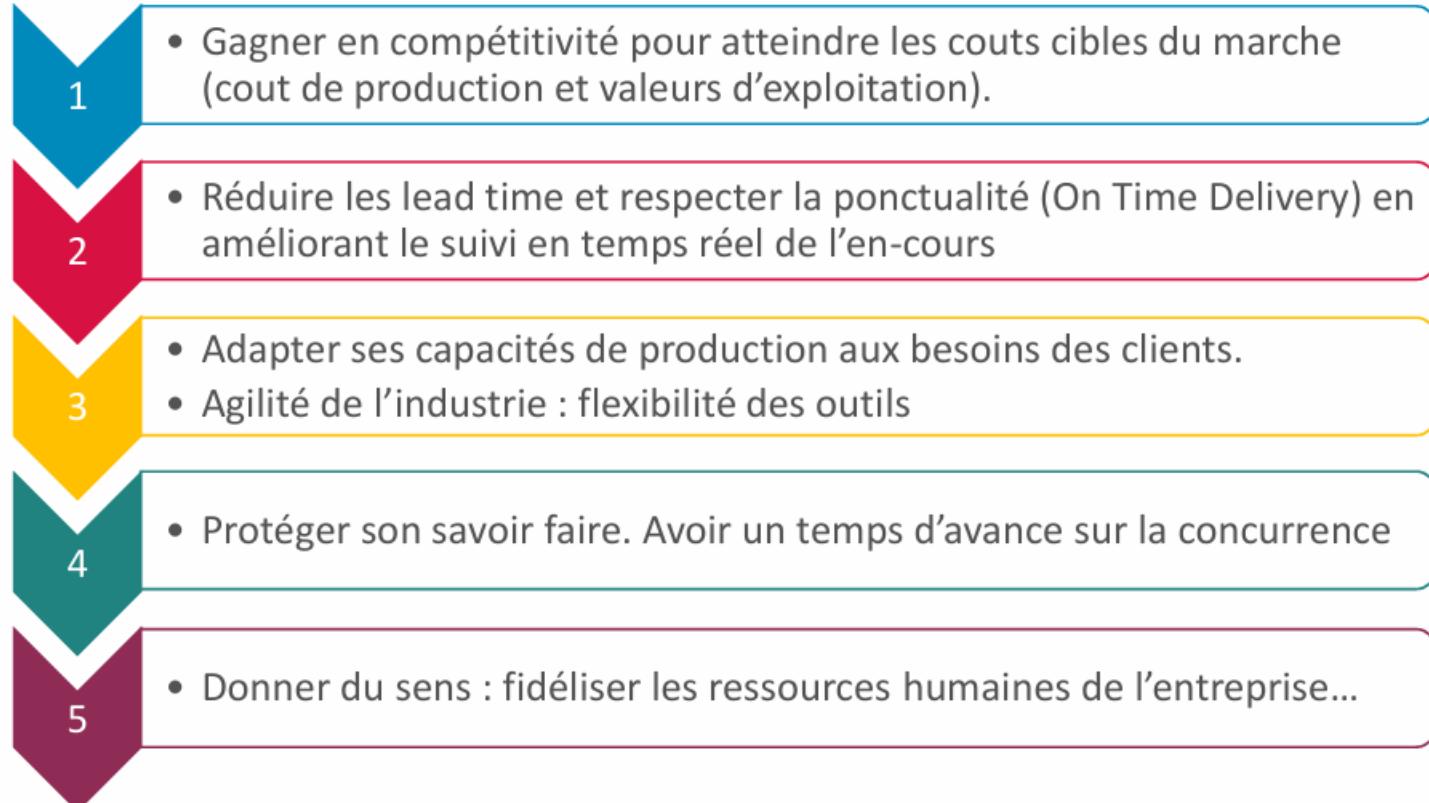
## La pyramide de l'automatisation



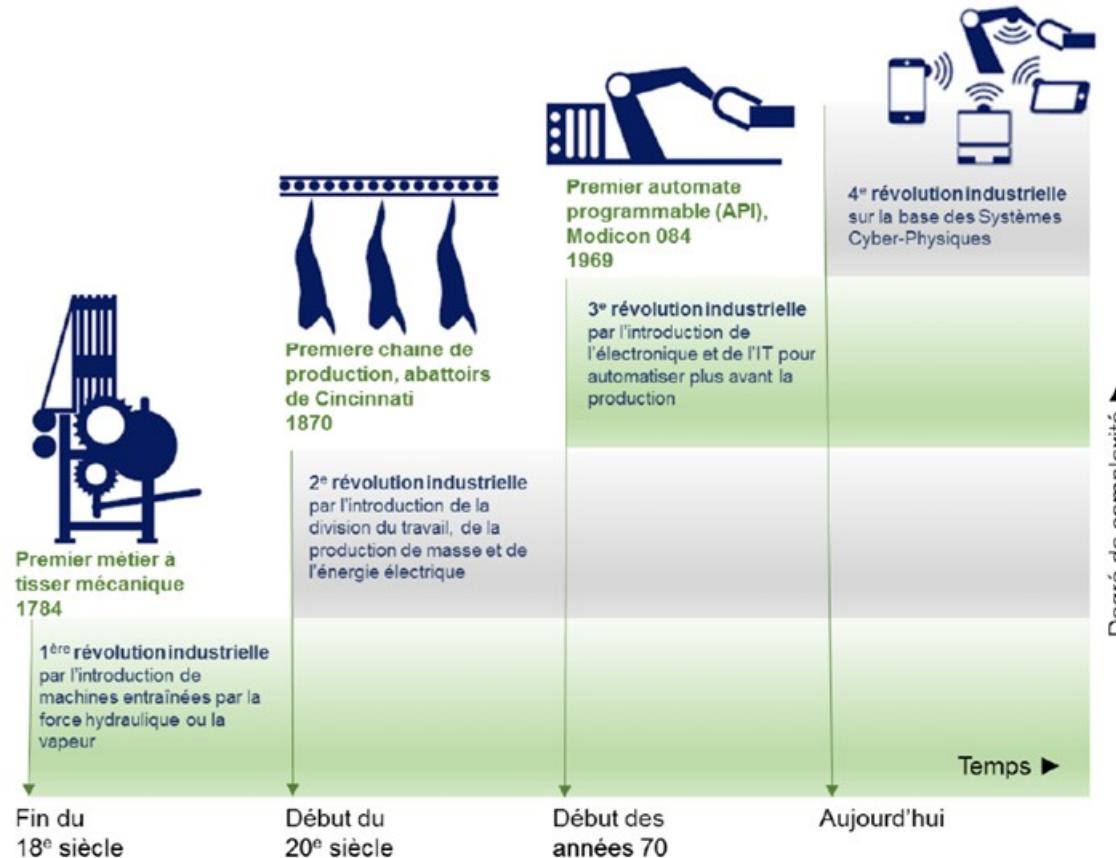
Source : Industrie 4.0 – durchgängig vom Sensor bis zum ERP-System, ein neuer Ansatz, Vortrag Clusterforum 2013

# Les enjeux de l'industrie dans le monde actuel

## ► « Le client au centre des préoccupations »

- 
- 1 • Gagner en compétitivité pour atteindre les couts cibles du marché (cout de production et valeurs d'exploitation).
  - 2 • Réduire les lead time et respecter la ponctualité (On Time Delivery) en améliorant le suivi en temps réel de l'en-cours
  - 3 • Adapter ses capacités de production aux besoins des clients.  
• Agilité de l'industrie : flexibilité des outils
  - 4 • Protéger son savoir faire. Avoir un temps d'avance sur la concurrence
  - 5 • Donner du sens : fidéliser les ressources humaines de l'entreprise...

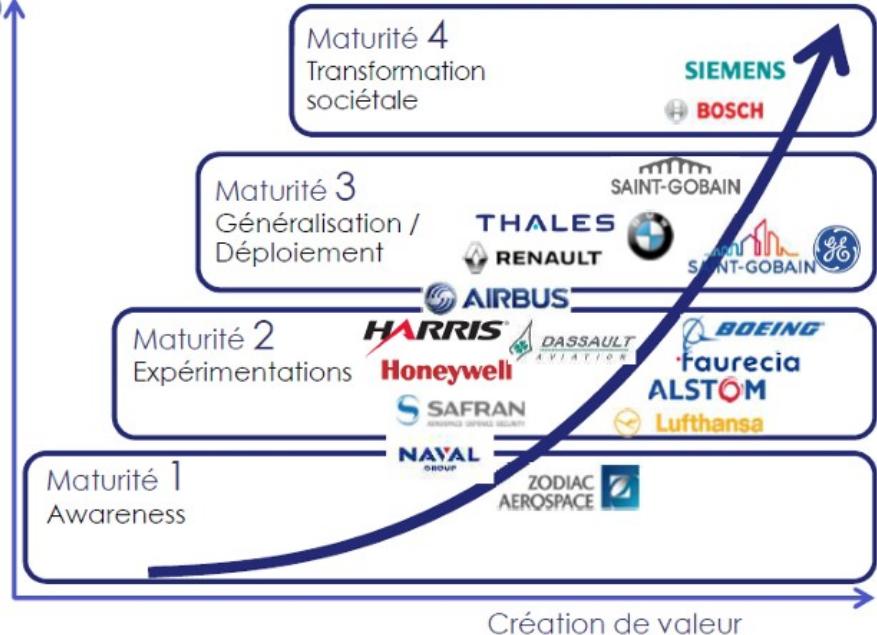
# 1.0 ... 2.0 ... 3.0 ... Qu'est-ce que l'industrie 4.0 ?



Source : ©DFKI, 2011

## Maturité technologique de différents industriels

Maturité Industrie  
4.0↑



Les technologies sont partie intégrante du fonctionnement de l'entreprise

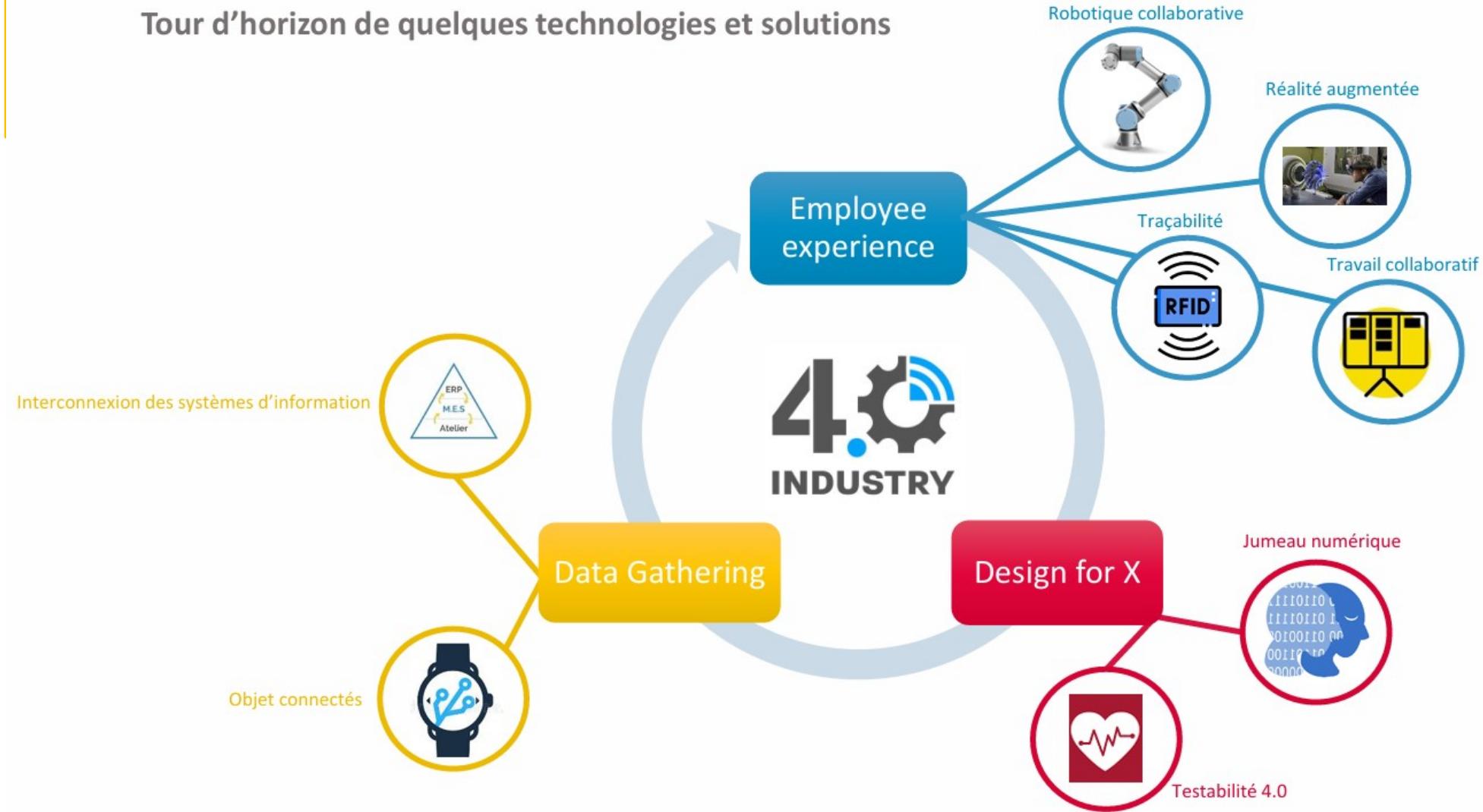
Les technologies sont utilisées et déployées de manière effective.

Etude de PoC (proof of concept) sur les technologies de l'industrie 4.0.  
Investissement fort de l'entreprise

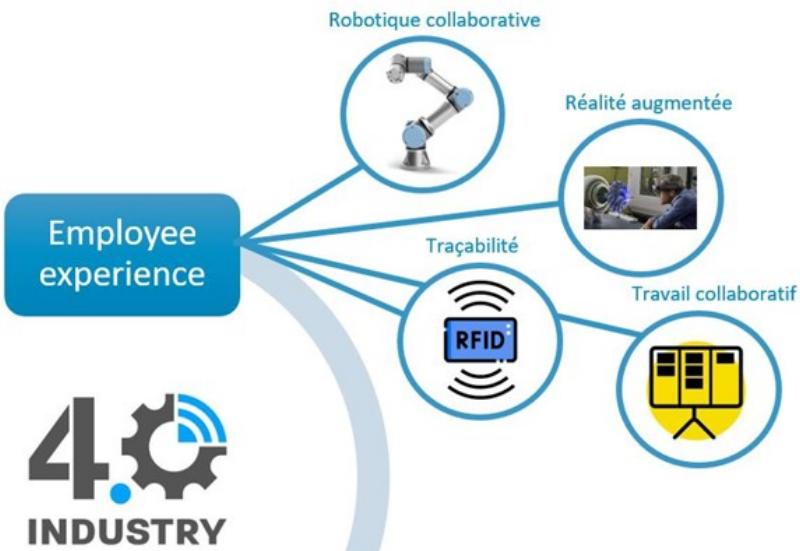
Veille technologique. Prise de conscience de l'enjeu

Prendre le virage de la digitalisation de l'information sans en connaître aujourd'hui les gains futurs

## Tour d'horizon de quelques technologies et solutions



## Employee experience



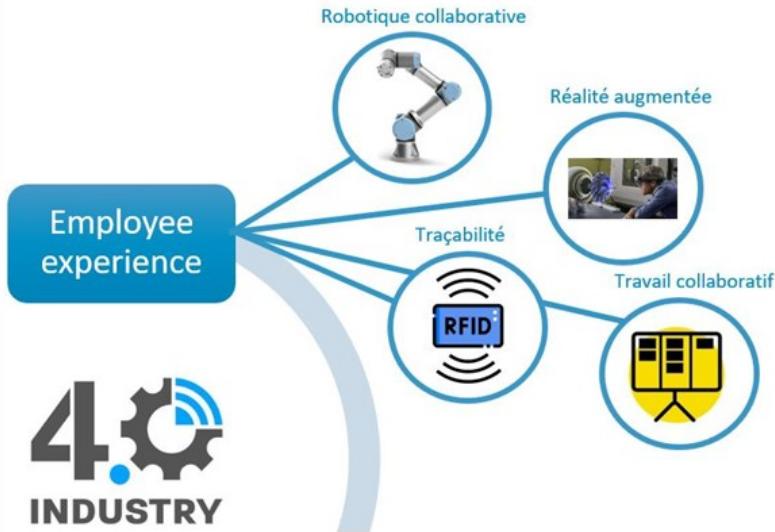
### ▶ Robots collaboratifs

- Réduire la pénibilité de certaines tâches
- Gagner en ergonomie dans les activités d'assemblage
- Recentrer l'opérateur sur sa valeur ajoutée
- Améliorer la sécurité robot-opérateur

### ▶ Réalité augmenté

- Améliorer la lisibilité des instructions de fabrication
- Facilite la mise à jour des procédures
- Accélérer la formation au produit
- Adapter le contenu en fonction de l'expertise des opérateurs

## Employee experience



### ► Traçabilité active (ex RFID)

- Réduire les non valeurs ajoutée en saisie opérateur
- Augmenter le nombre de données de traçabilité sans augmenter le << cout de saisie >>
- Connexion produit – système d'information

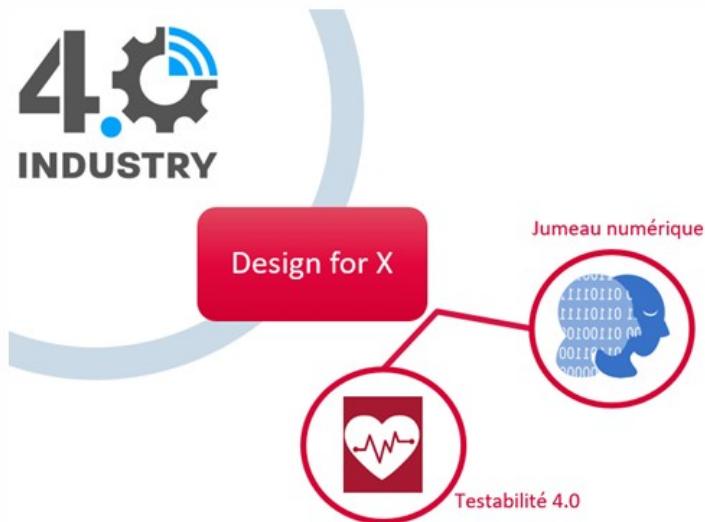
### ► Travail collaboratif :

- Partage de données digitales à distance (OBEYA Projet, suivi de flux, remontée d'anomalie)
- Digitalisation de données anciennement papier pour archivage et exploitation future (post it numérique)

### ► Développement d'application smartphone ou tablette

- Création d'IHM dédiées métier connectées au systèmes d'information
- Smart mobilité

## Design for X



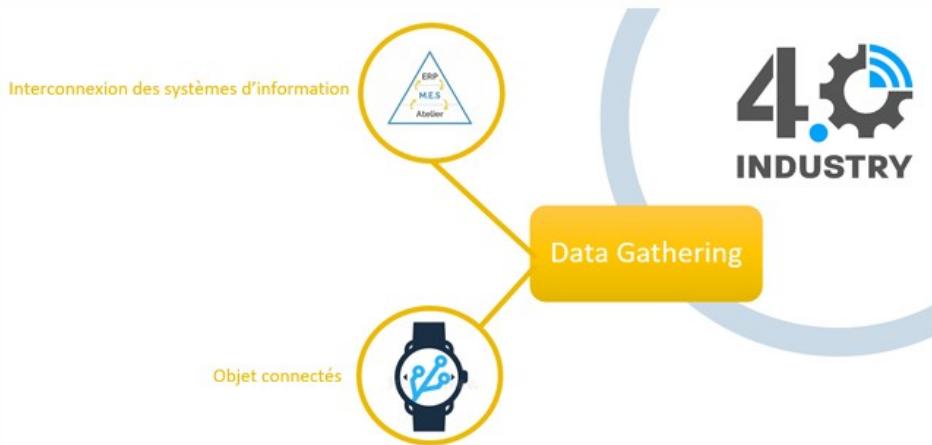
### ► Jumeau virtuel (simulation de ligne de production)

- Analyse charge capa suivant différentes hypothèses de PDP
- Analyse des goulets d'étranglement
- Outil d'aide à la décision pour adaptation du capacitaire

### ► Testabilité 4.0 :

- Création d'outils d'aide au diagnostic alimenté par l'analyse des pannes et la couverture de test prédictive
- Optimisation des couvertures de test par analyse <> big data <> des résultats de test (data science)
- Calcul des marges industrielles et risques de défauts futurs (FPY prédictif)

## Collecte de données



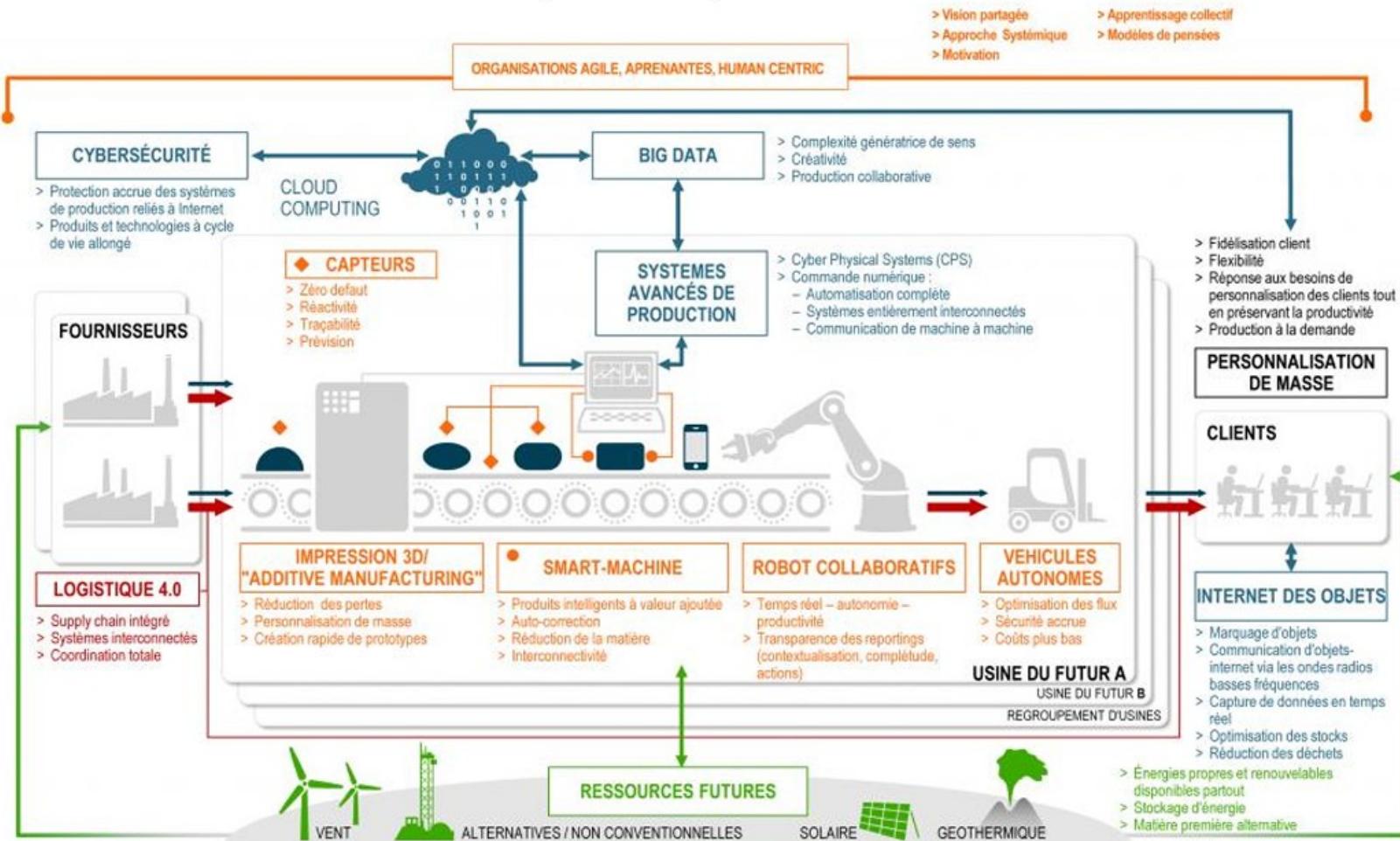
### ► Interconnexion des systèmes d'information

- Traitement temps réel de la donnée
- Croisement des Base de données pour création de rapport
- Cockpit de pilotage d'activité en temps réel

### ► Objets connectés

- Utilisation de capteurs pour le suivi d'activité
- Maintenance prédictive par apprentissage

# La transformation industrielle



# Partie 2 : TD : utilisation d'une matrice

# Partie 3 : présentation du TP

