

L'usine du futur, un défi pour tous ?

Nathalie Julien

Nathalie.Julien@univ-ubs.fr

L'USINE DU FUTUR

STRATÉGIES
ET DÉPLOIEMENT

INDUSTRIE 4.0,
DE L'IOT AUX
JUMEAUX
NUMÉRIQUES

Présentation

1. Qu'est-ce que l'usine du futur ?
2. Les axes de travail
3. L'usine numérique
4. L'usine virtuelle
5. Mise en oeuvre d'un cobot
6. Conclusion provisoire...

NATHALIE JULIEN
ERIC MARTIN

L'USINE DU FUTUR

STRATÉGIES
ET DÉPLOIEMENT

INDUSTRIE 4.0,
DE L'IOT AUX
JUMEAUX
NUMÉRIQUES

DUNOD

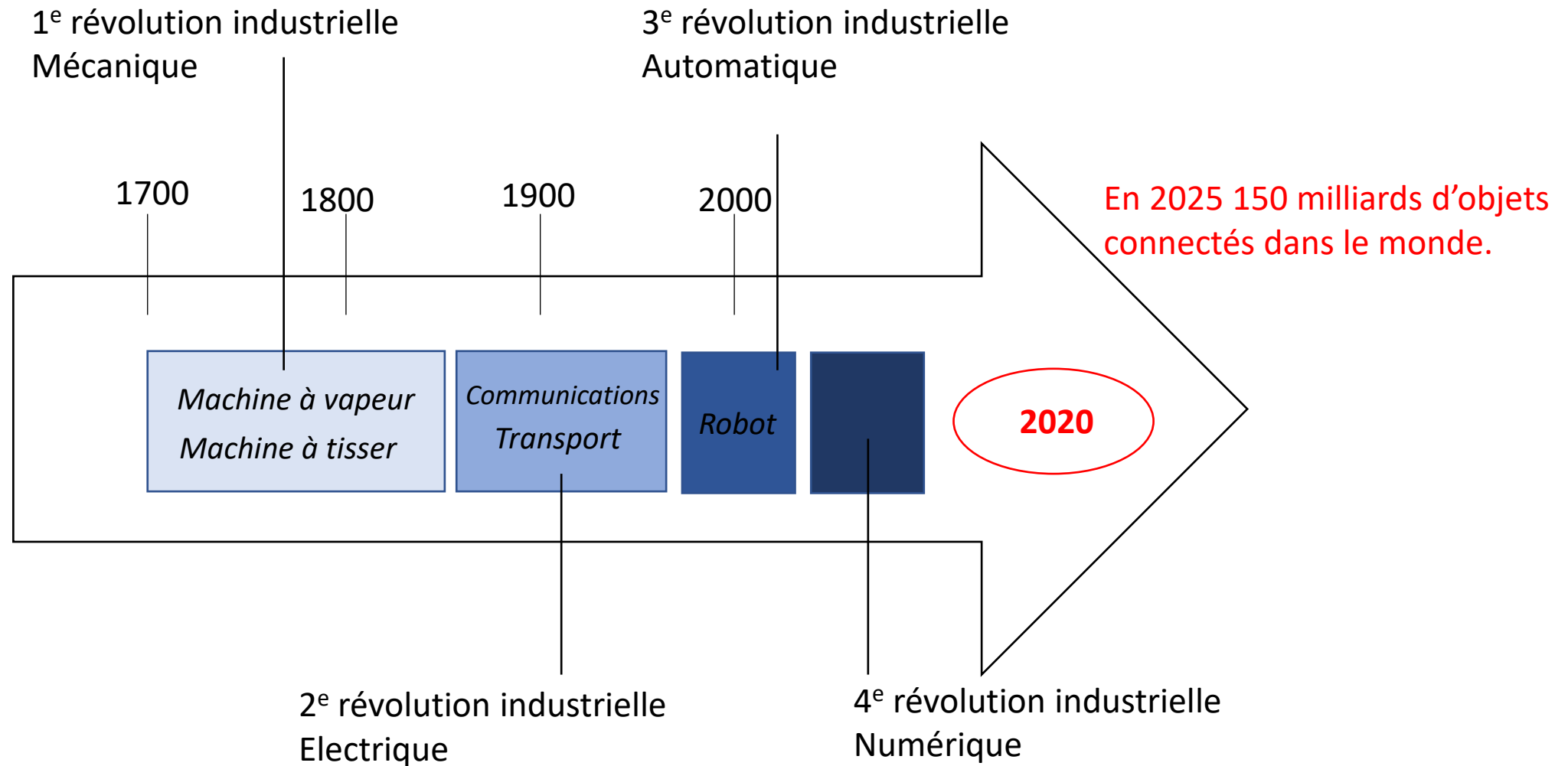
Présentation

1. **Qu'est-ce que l'usine du futur ?**
2. Les axes de travail
3. L'usine numérique
4. L'usine virtuelle
5. Mise en oeuvre d'un cobot
6. Conclusion provisoire...

1. Qu'est-ce que l'usine du futur ?

- Les révolutions industrielles
- Une réponse à l'évolution de la société
- Le concept d'usine du futur
- Des technologies déjà existantes
- Vers une définition de l'usine du futur
- Dans le monde...
- Au Québec
- La maturité numérique

Les révolutions industrielles



Une réponse à l'évolution de la société

Le **consomm'acteur** a de nombreuses exigences :

qualité

personnalisation du produit

accompagnement par les services

impact sociétal et environnemental

innovation dans les usages



Repenser les méthodes et les moyens de production

Le concept d'usine du futur

Système global intercommuniquant avec des usines flexibles, intégrées et connectées.

- *Digital factory*
interconnexion des produits, des machines et des individus aboutissant à une production flexible, économe et intelligente accompagnée de services personnalisés.
- *Digital manufacturing*
technologies comme la mécatronique, l'intelligence artificielle intégrées dans des techniques de façonnage comme l'impression 3D, la cobotique...
- Systèmes cyber-physiques (SCP)
systèmes embarqués interconnectés qui utilisent des capteurs pour récupérer des données et qui agissent sur des processus physiques au moyen d'actionneurs.



Revoir les modes de production, les organisations et les relations avec le consommateur en utilisant les technologies numériques.

Des technologies déjà existantes

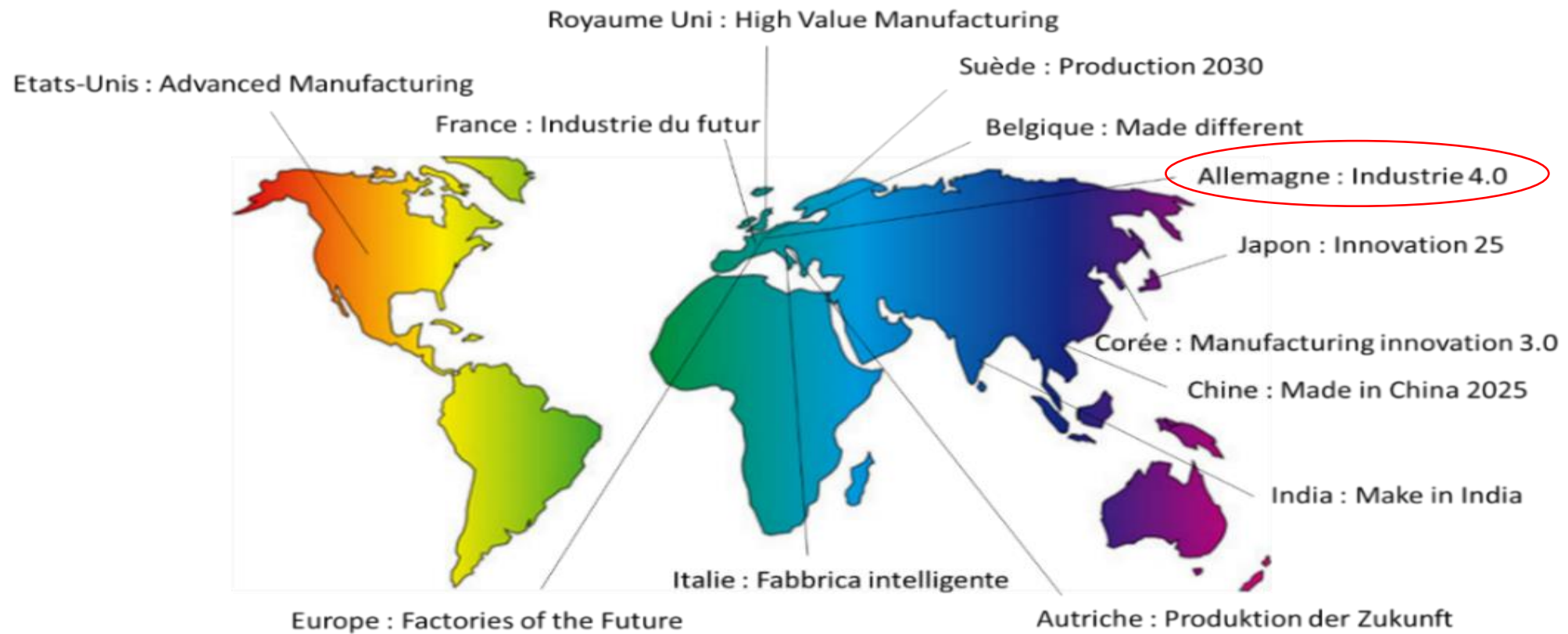
- **Technologies de rupture KET (Key Enabling Technologies)**
 - Fabrication additive (*FabLab*)
La fabrication pour Airbus de charnières pour l'A320 en impression 3D a permis un gain de matières premières de 75% et de poids jusqu'à 55%.
 - Robotique avancée : **cobot**, exosquelette
- **Mobilité et interconnexion**
 - *Industrial Internet of Things IIoT*
 - *Produit intelligent Smart product*
 - **Jumeau numérique**
 - *Réalité augmentée*
- **Gestion et exploitation des données**
 - *Intelligence artificielle, Machine learning*
 - *Fouille de données Data mining*
 - *Cybersécurité*

Vers une définition de l'usine du futur

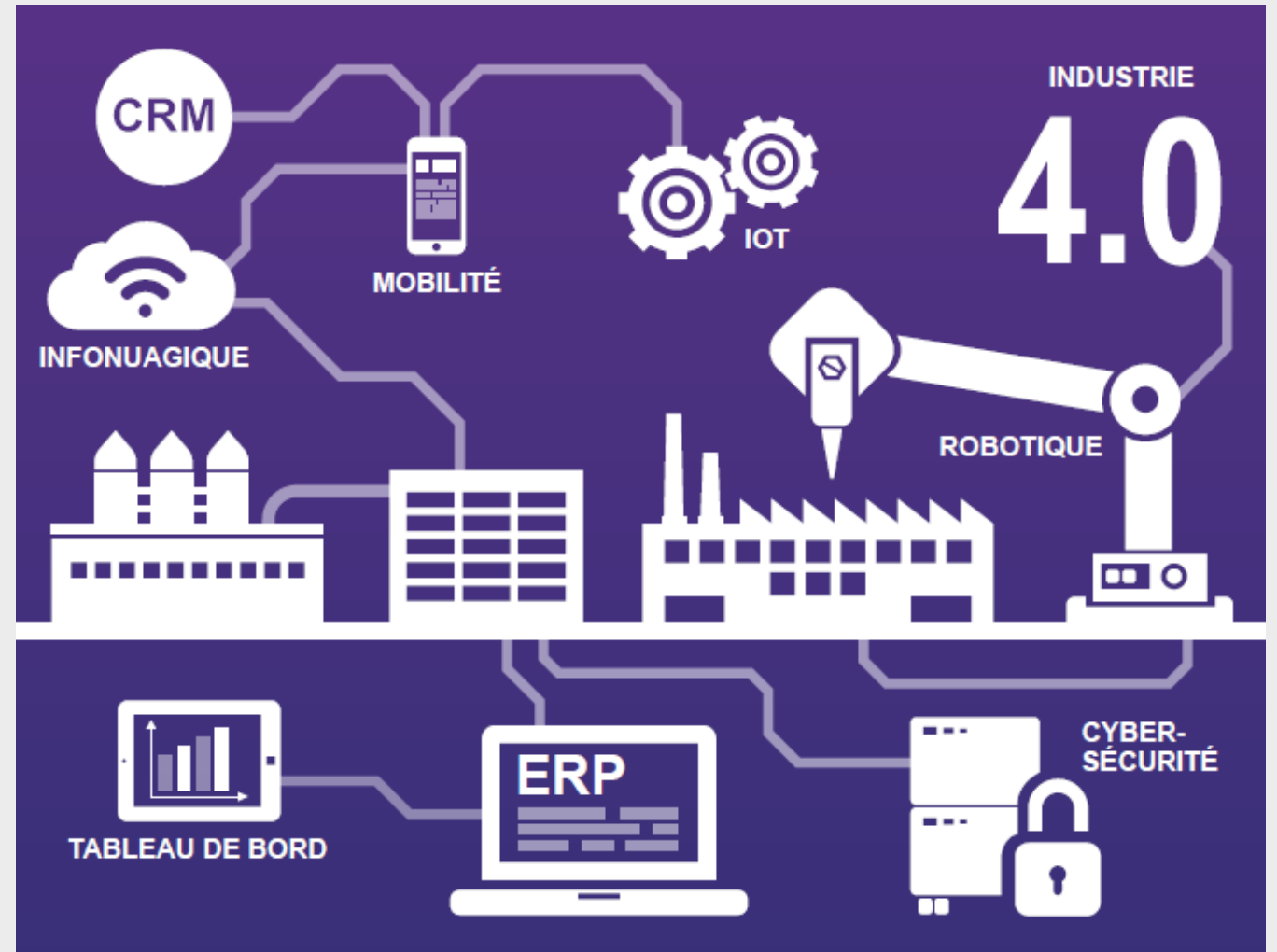
Une usine performante, agile et responsable

- Performante
 - **Tournée vers le client** : personnalisation de masse, qualité et traçabilité des produits, expérience client (solution complète avec services associés)
 - **Innovante**
- Agile
 - **Connectée** avec clients et fournisseurs pour s'adapter aux évolutions
 - **Flexible**, outils de production reconfigurables adaptés à des petites séries
- Responsable
 - **Propre**, silencieuse, économe voire autonome
 - **Centrée sur l'humain**, organisation participative et collaborative

Dans le monde...



Au Québec



Au Québec

Enquête auprès des entreprises manufacturières du Québec

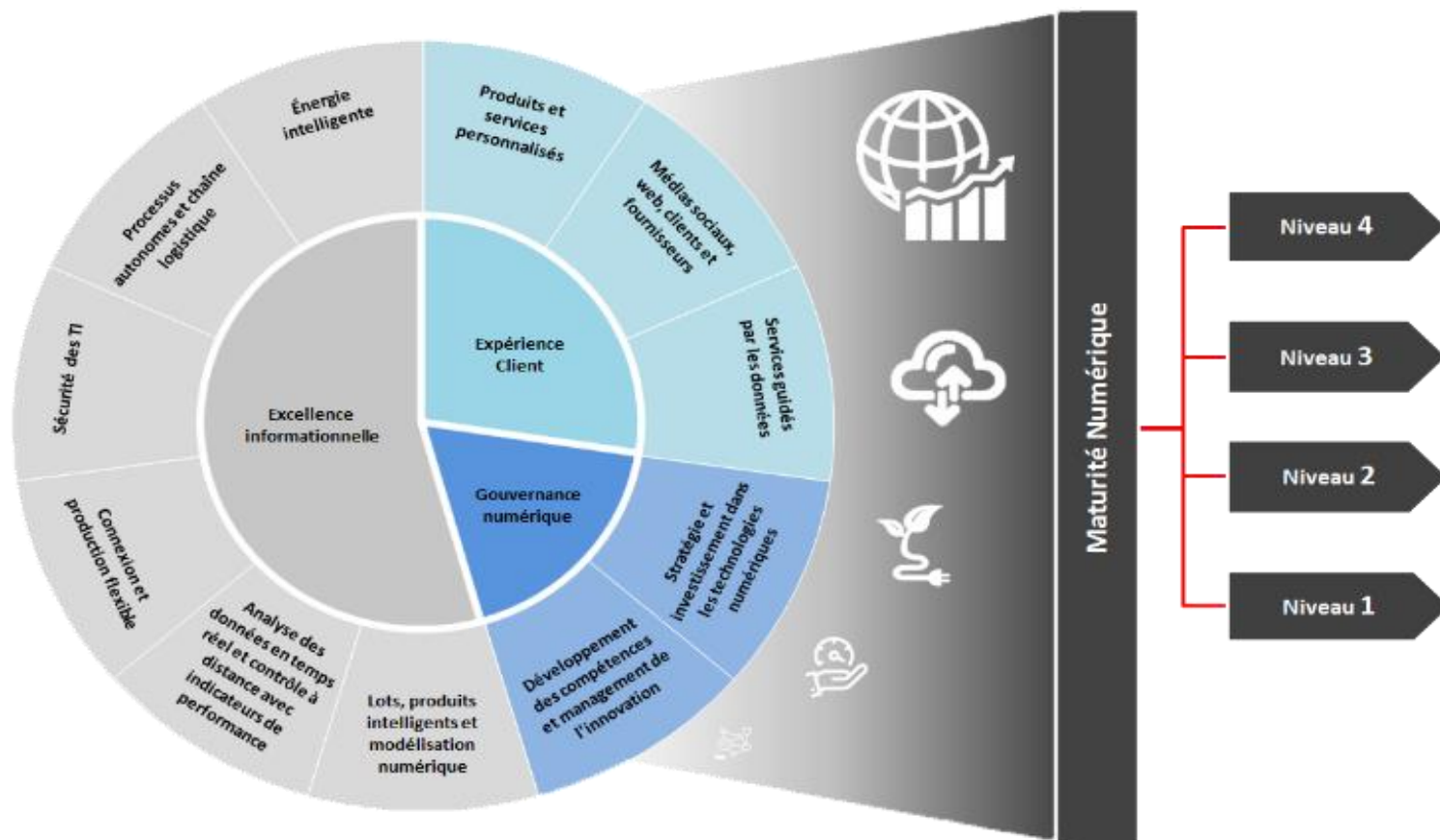
Ministère de l'économie, de la science et de l'innovation Juin 2017

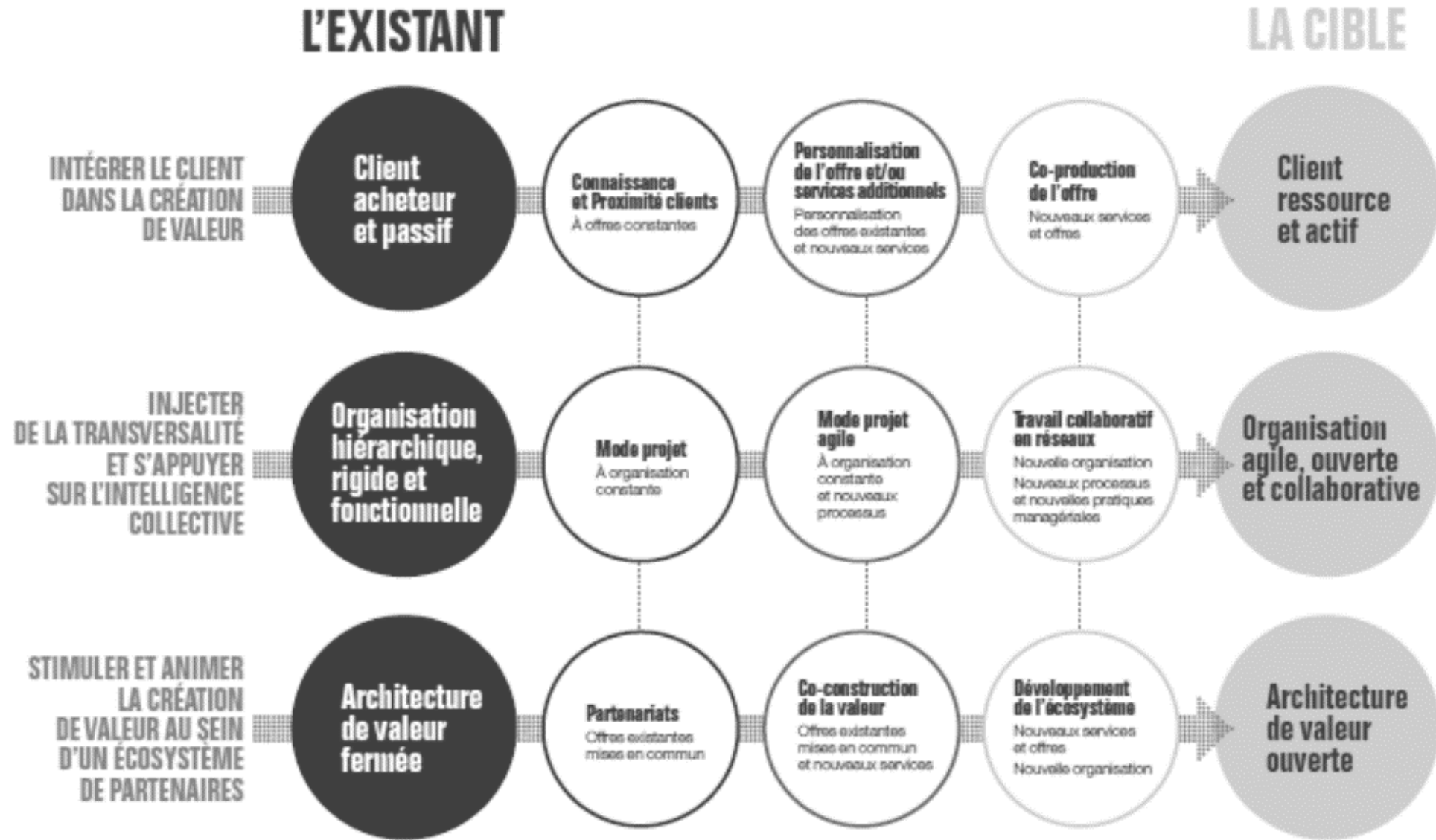
- 55 % savent que l'industrie 4.0 est une nouvelle révolution industrielle.
- un **faible niveau de maturité** technologique :
 - 75 % des entreprises ont des processus manuels ou soutenus par des outils non intégrés.
 - seulement 8 % des entreprises ont mis en place des processus de production soutenus par un progiciel intégré ou des solutions interconnectées.
- Des **investissements** dans les technologies numériques **limités** :
 - 64 % ont investi moins de 50 000 \$ dans l'année.
 - 63 % prévoit d'investir moins de 50 000 \$ dans l'année.
- **important besoin de sensibilisation** en matière de maturité technologique : seulement 22 % s'est dotée d'une stratégie numérique
- Feuille de route basée sur **la maturité numérique**

Evaluation de la maturité numérique

La technologie, le niveau de maîtrise et le degré de partage de l'information sont les éléments qui caractérisent le niveau de maturité numérique.

<https://sondage.economie.gouv.qc.ca/index.php/159143>





L'USINE DU FUTUR

STRATÉGIES
ET DÉPLOIEMENT

INDUSTRIE 4.0,
DE L'IOT AUX
JUMEAUX
NUMÉRIQUES

Présentation

1. Qu'est-ce que l'usine du futur ?
2. **Les axes de travail**
3. L'usine numérique
4. L'usine virtuelle
5. Mise en oeuvre d'un cobot
6. Conclusion provisoire...

2. Les axes de travail

- Augmentation de la connectivité
- Des logiciels qui communiquent
- Le virtuel pour l'aide à la décision
- Amélioration du poste de travail
- Sécuriser les données et les process

Augmentation de la connectivité

- **Niveau produit**

Produit intelligent : objet personnalisable et paramétrable par l'utilisateur qui évolue avec son usage

L'électronique devrait représenter 50 % de la valeur ajoutée d'une voiture d'ici à 2020

- **Niveau machines**

M2M : communication directe de machine à machine

Bosch déclare qu'en développant la connectivité dans l'ensemble de leurs process, ils estiment pouvoir augmenter à terme leur productivité de 30%.

- **Niveau humain**

Mobilité

Interaction homme-machine

Réalité augmentée

- **Niveau usine**

Pilotage déporté

Outils prédictifs d'aide à la décision

Les entreprises qui ont utilisé des solutions IoT entre 2013 et 2014 ont augmenté leur chiffre d'affaires annuel de 28,5 %.

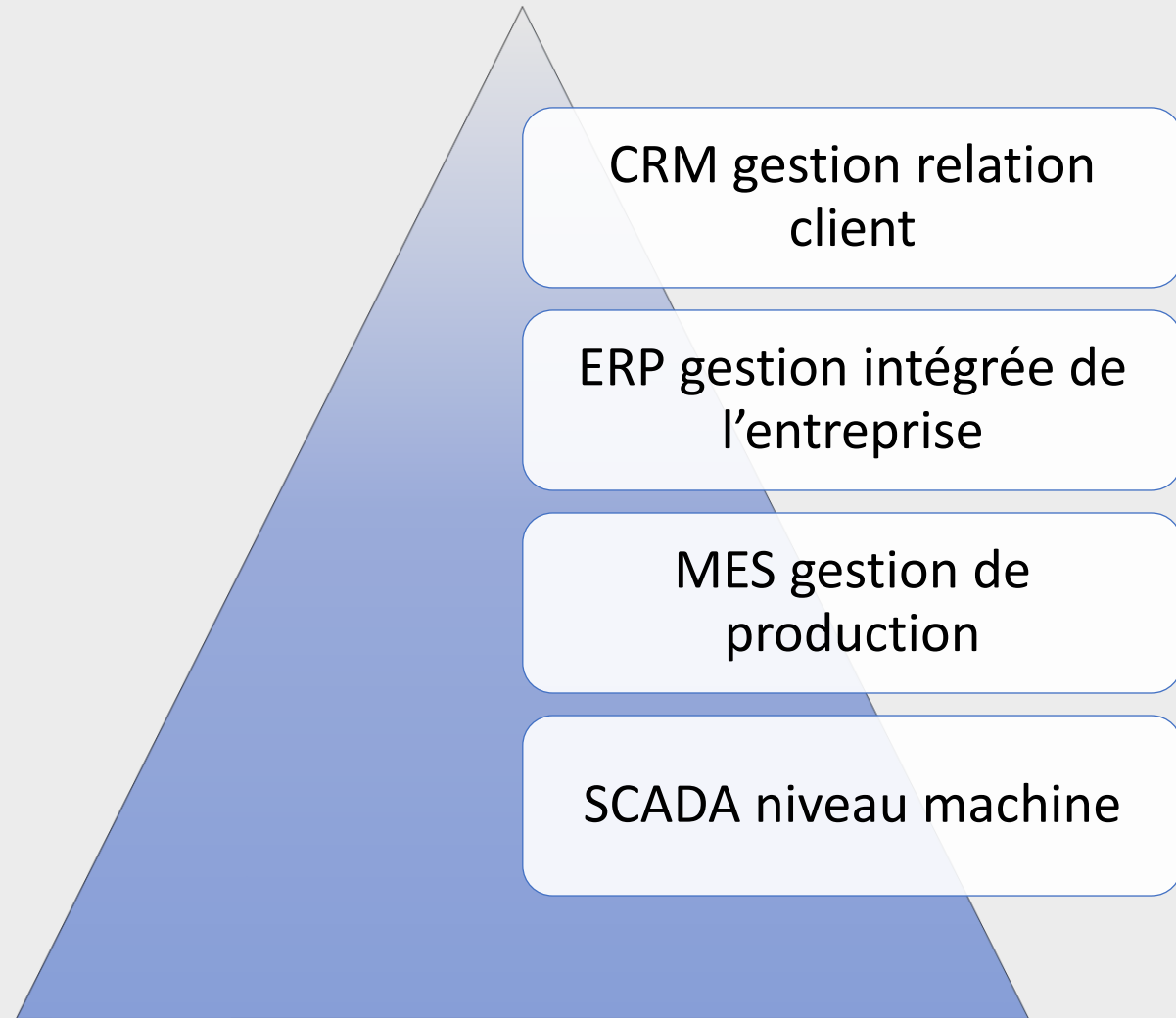
Exemple : Usine Bosch- Rexroth

- Identification des produits par puces RFID : gain de 10 % en productivité et réduction du stock de 30 %,
- Stations de travail modulaires avec une actualisation de la représentation virtuelle de la chaîne en fonction de la configuration de la ligne de production,
- Ajustement automatique et ergonomique de la station et/ou de la machine à l'opérateur et à son niveau de compétences par puce RFID.
- Un statut de la ligne de production, du produit et des données de stocks remontant en temps réel dans le MES et l'ERP avec un reporting en temps réel.

Des logiciels qui communiquent

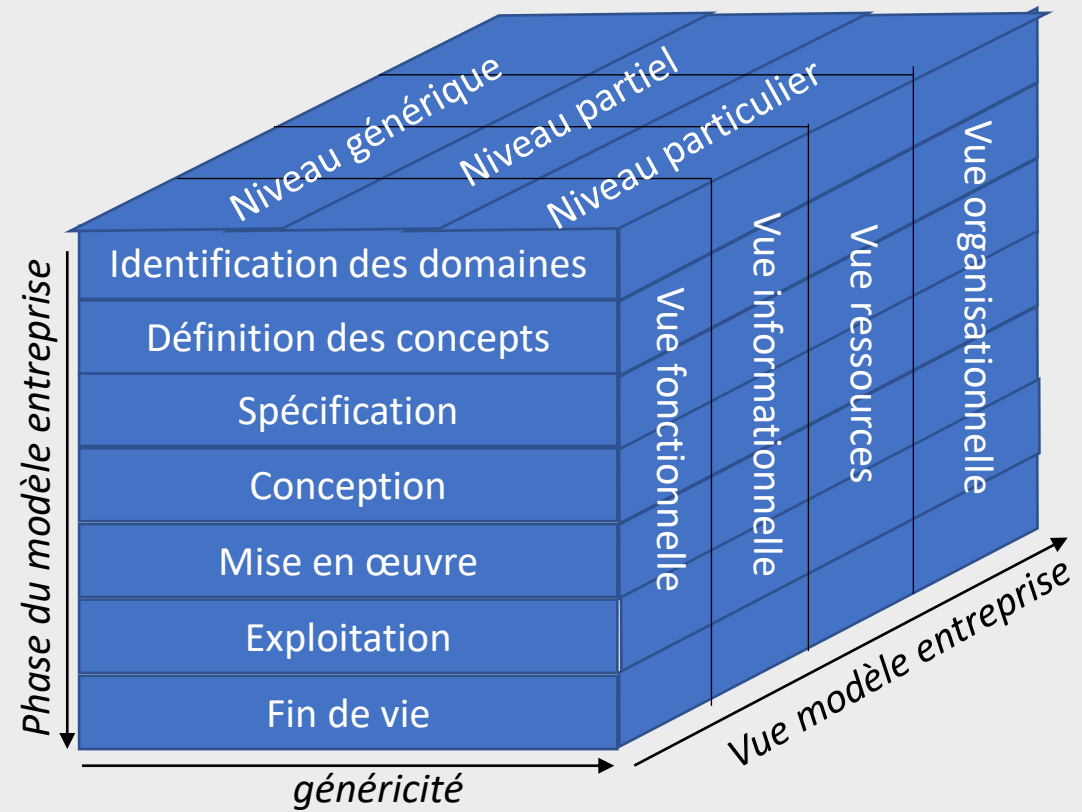
Gain d'un MES réductions de

67% documents de travail,
55% temps de travail perdu,
36% temps de saisie,
35% temps de cycle de fabrication,
32% en-cours
22% délais.



Besoin de
standardisation

Modèles de l'ISO 19439



Le virtuel pour l'aide à la décision

- **Développer des modèles adaptés**
 - Approche hiérarchique
 - Granularité
 - Modèles multi-échelles et multi-physiques
 - Modèles génériques
 - Modèles interopérables
- **Simuler le fonctionnement de l'usine** *Virtual manufacturing*
 - Prise de décision
 - Evaluation prédictive
 - Pilotage de la production
 - Réalisation de démonstrateurs
Smart Factory_{KL} de Kaiserslautern
- **Piloter l'usine par un jumeau numérique**
 - Suivi des composants machines pour la maintenance prévisionnelle et prédictive,
 - Gestion des consommations (matières premières, énergie...),
 - Optimisation et sécurisation du process de production en suivant les dérives par rapport aux modèles,
 - Traçabilité de la pièce jusqu'à l'utilisateur final,
 - Amélioration continue et innovation

Amélioration du poste de travail

- **Réduire la pénibilité**

Les Troubles Musculo Squelettiques ou TMS ont représenté 42 000 maladies professionnelles en 2016 soit 87% des maladies reconnues en France.

- **Interaction homme-machine : l'homme augmenté**

- Commande de l'équipement,
- Recueil des données de l'équipement et son environnement,
- Analyse, traitement et sauvegarde de ces données,
- Transmission ciblée et personnalisée des résultats aux différents intervenants concernés,
- Accès à toute information nécessaire à l'exécution de sa tâche.

- **Accompagner le personnel**

- Nouveaux métiers et modes de travail
- Inclusion numérique
- E-learning

- **Une nouvelle organisation du travail**

- Plateformes collaboratives
- Valorisation de l'apport humain

Sécuriser les données et les process

Le guide des bonnes pratiques de l'ANSSI

- Contrôle d'accès physique aux équipements et aux bus de terrain
- Cloisonnement des réseaux
- Gestion des médias amovibles
- Gestion des comptes (accès logique, authentification)
- Durcissement des configurations
- Gestion des journaux d'événements et d'alarmes
- Gestion des configurations
- Sauvegardes / restaurations
- Documentation
- Protection antivirale
- Mise à jour des correctifs (planification)
- Protection des automates (PLC)
- Stations d'ingénierie, postes de développement

L'USINE DU FUTUR

STRATÉGIES
ET DÉPLOIEMENT

INDUSTRIE 4.0,
DE L'IOT AUX
JUMEAUX
NUMÉRIQUES

Présentation

1. Qu'est-ce que l'usine du futur ?
2. Les axes de travail
- 3. L'usine numérique**
4. L'usine virtuelle
5. Mise en oeuvre d'un cobot
6. Conclusion provisoire...

3. L'usine numérique

- Le système de fabrication intelligent
- Intégration horizontale
- Intégration verticale
- Intelligence intégrée

Le système de fabrication intelligent

- Numérisation de toutes les parties de l'entreprise avec interopérabilité et productivité accrue,
- Dispositifs connectés et intelligence distribuée pour un contrôle en temps réel et une production flexible de petits lots,
- Pilotage par la donnée (*data driven*) qui maximise le flux et la réutilisation des données dans toute l'entreprise,
- Gestion collaborative de la chaîne d'approvisionnement avec une réactivité rapide aux changements du marché et à la rupture de la chaîne d'approvisionnement,
- Prise de décision intégrée et optimale pour l'efficacité de l'énergie et des ressources.

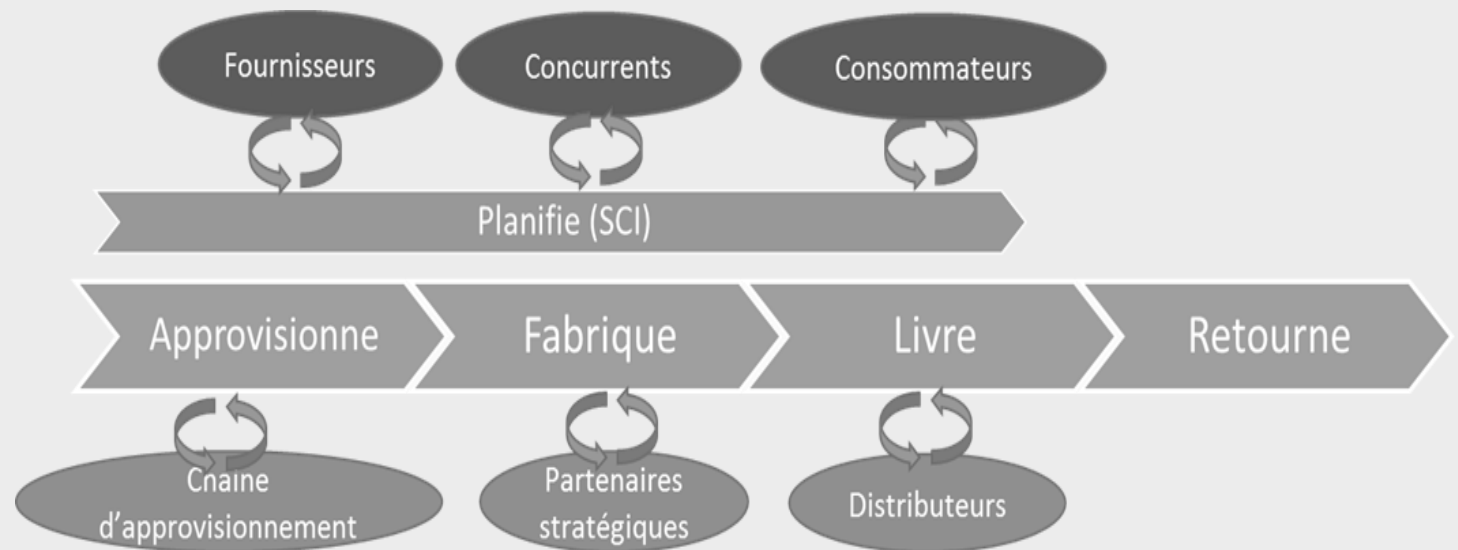
Le système de fabrication intelligent

Paradigmes	Technologie clé
Fabrication au plus juste	Mise à niveau des processus ; optimisation du flux de travail ; surveillance et visualisation en temps réel
Fabrication flexible	Conception modulaire ; interopérabilité ; architecture orientée service
Fabrication durable	Matériaux avancés ; métriques de processus durables ; mesure, surveillance et contrôle
Usine numérique	Modélisation 3D, ingénierie basée sur les modèles, gestion du cycle de vie des produits
Fabrication Cloud	Cloud computing, IoT, virtualisation, technologies orientées services et analyse avancée des données
Fabrication intelligente	Intelligence artificielle ; détection et contrôle avancés ; optimisation ; gestion des connaissances
Fabrication holonique	Systèmes multi-agents ; contrôle décentralisé ; raisonnement et planification basés sur les modèles.
Fabrication agile	Ingénierie collaborative, gestion de la chaîne d'approvisionnement, gestion du cycle de vie du produit.

Intégration horizontale

Flux entreprise

SCI : Supply Chain Information



Flux produit

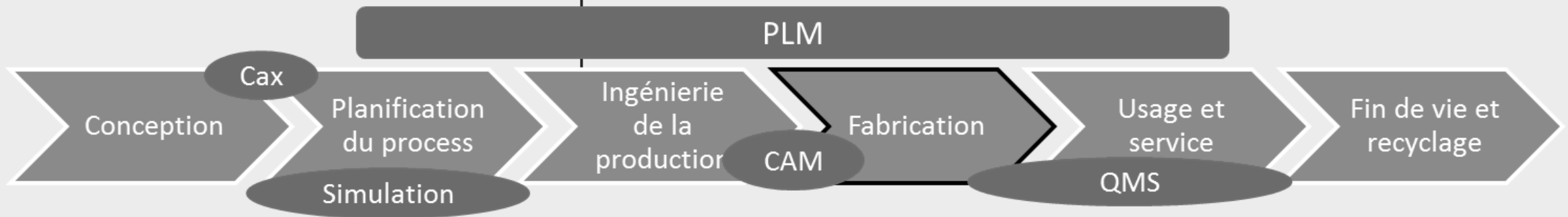
Intégration horizontale

PLM : Product Life Management

CAM : Computer Aided Manufacturing

QMS : Quality Management System

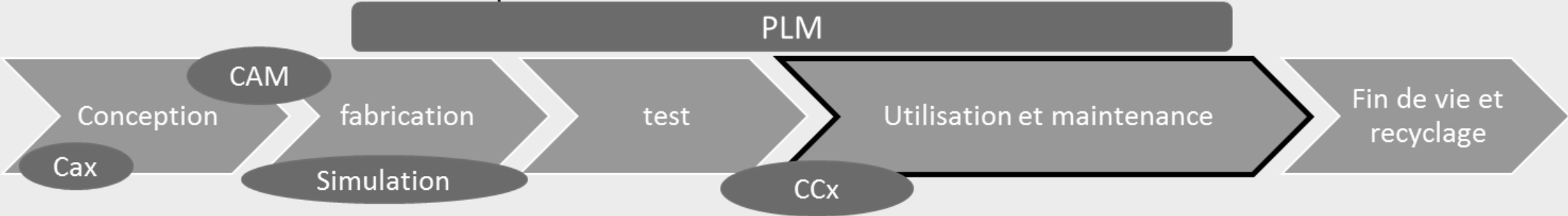
Cax : ensemble des technologies informatiques utilisées pour faciliter la conception, l'analyse et la fabrication de produits (CAO, CFAO, ERP...).



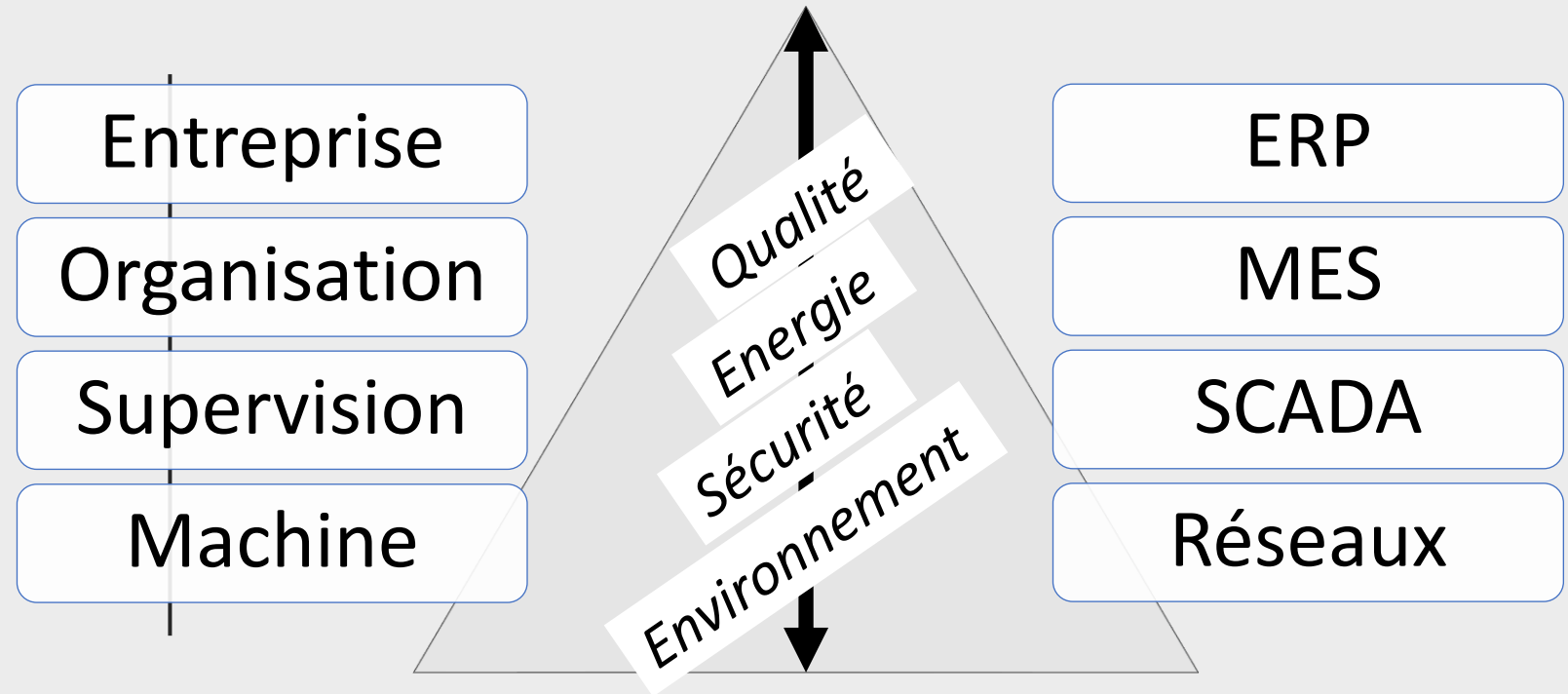
Flux process

Intégration horizontale

CCx : mise en service continue - processus continu de diagnostic, de pronostic et d'amélioration des performances des systèmes de production



Intégration verticale

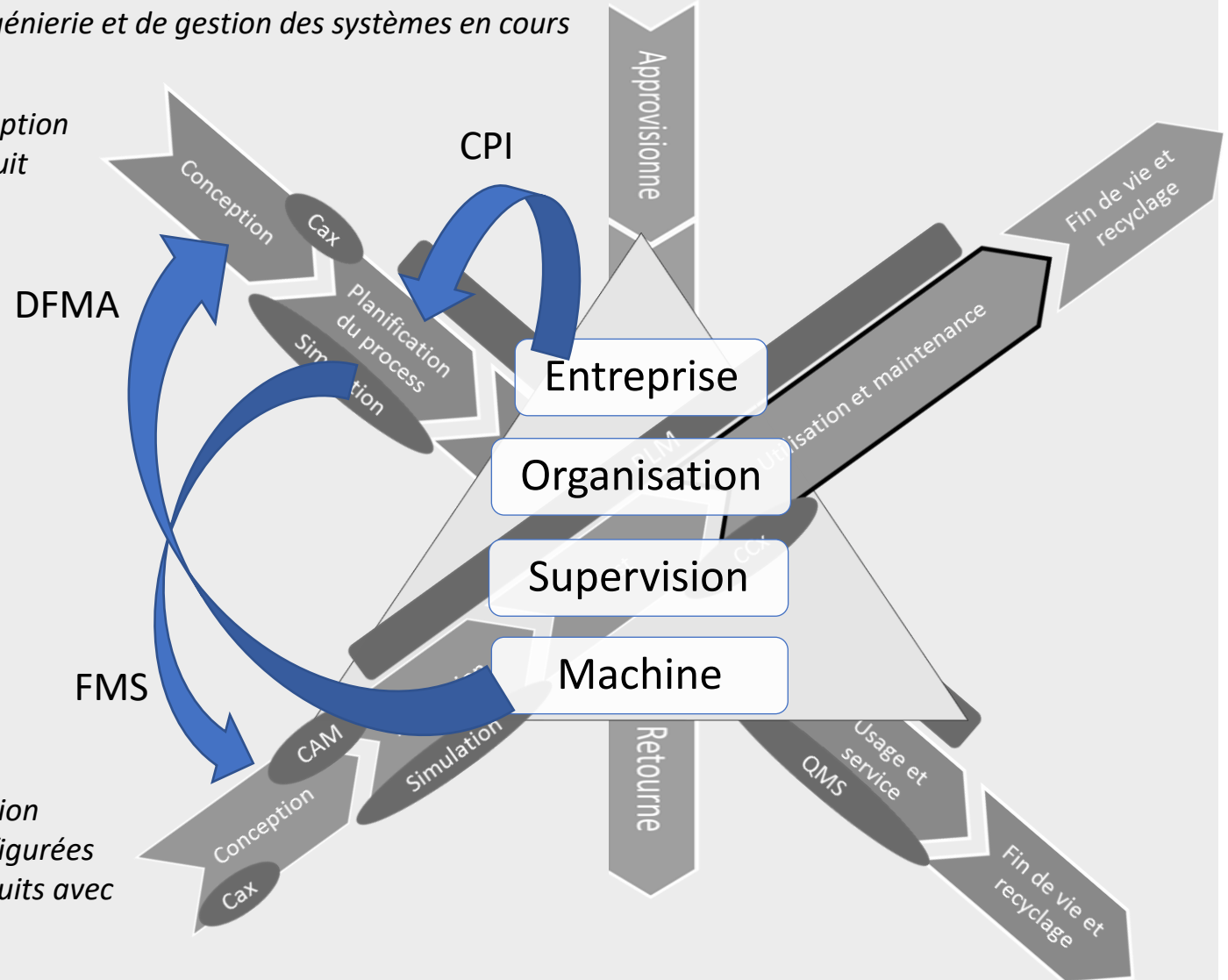


CPI : amélioration continue du processus, ensemble des activités d'ingénierie et de gestion des systèmes en cours

DFMA : conception pour l'assemblage en fabrication – la conception pour faciliter la fabrication des pièces et la conception du produit pour en faciliter l'assemblage

Intelligence intégrée

FMS/RMS : système de production flexible / système de production reconfigurable - les machines sont flexibles et peuvent être configurées pour produire un volume modifié ou de nouveaux types de produits avec ou sans modification de processus



L'USINE DU FUTUR

STRATÉGIES
ET DÉPLOIEMENT

INDUSTRIE 4.0,
DE L'IOT AUX
JUMEAUX
NUMÉRIQUES

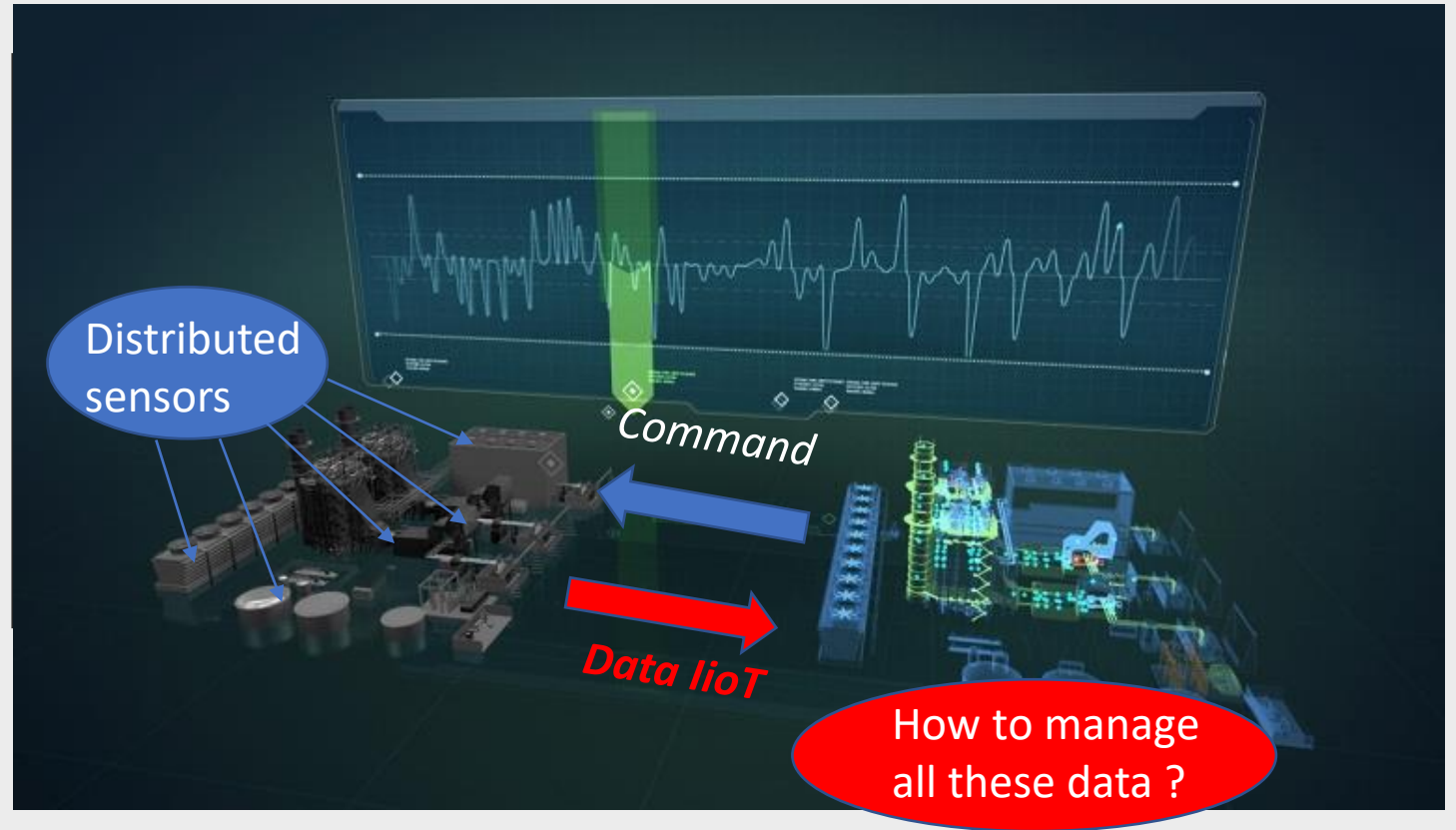
Présentation

1. Qu'est-ce que l'usine du futur ?
2. Les axes de travail
3. L'usine numérique
4. **L'usine virtuelle**
5. Mise en oeuvre d'un cobot
6. Conclusion provisoire...

4. L'usine virtuelle

- Représentation
- Le jumeau numérique
- Applications
- Méthodologie

Représentation



Le jumeau numérique

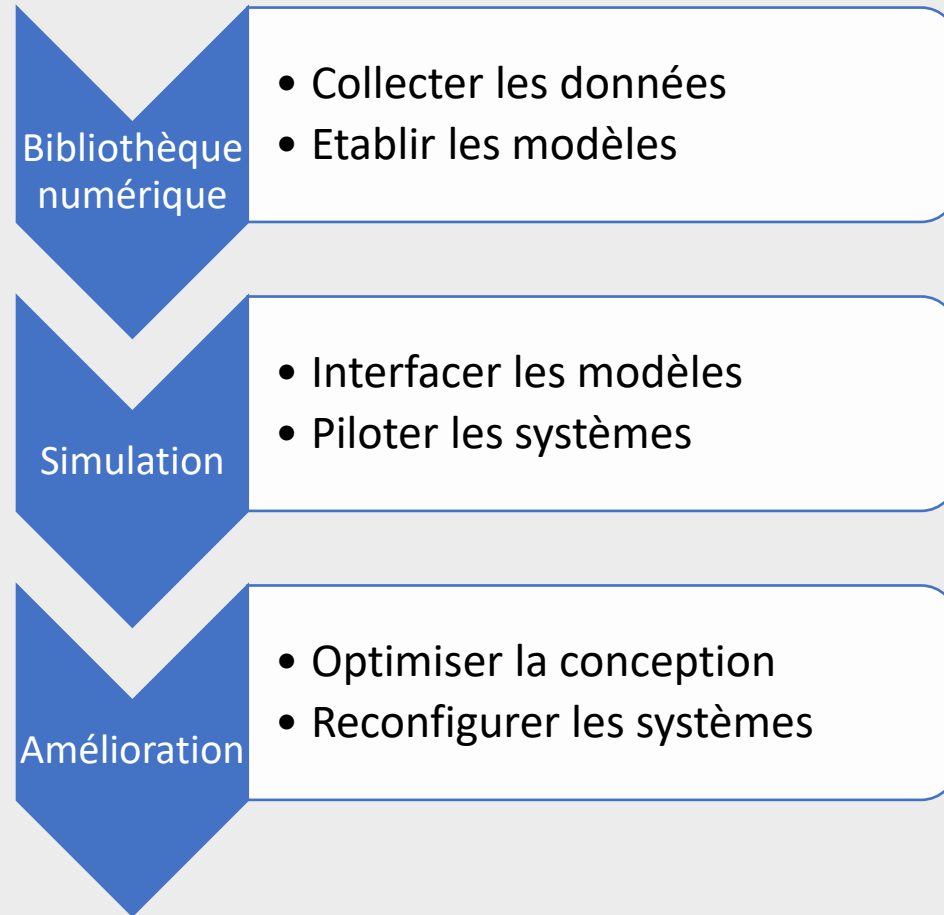
Modèle virtuel dynamique d'un processus, d'un équipement, d'un produit ou d'un service utilisé pour détecter des problèmes, tester et simuler des scénarios sur le modèle physique d'une unité de production.

Actuellement utilisé chez 4% des entreprises, les prévisions d'ABI Research indiquent un taux de croissance annuel de 24% pour atteindre 54% des systèmes de surveillance des infrastructures en 2026.

Applications

- Conception d'une ligne ou d'une usine
- Formation des opérateurs
- Surveillance des défauts, défaillances et pertes de performance
- Auto-correction
- Auto-adaptation
- Maintenance prédictive

Méthodologie



L'USINE DU FUTUR

STRATÉGIES ET DÉPLOIEMENT

INDUSTRIE 4.0,
DE L'IOT AUX
JUMEAUX
NUMÉRIQUES

Présentation

1. Qu'est-ce que l'usine du futur ?
2. Les axes de travail
3. L'usine numérique
4. L'usine virtuelle
5. **Mise en oeuvre d'un cobot**
6. Conclusion provisoire...

5. Mise en œuvre d'un cobot

- Définition
- Robot vs cobot
- Méthodologie d'implantation
- Cahier des charges
- Choix du cobot
- Répartition des actions
- Description des activités
- Choix du préhenseur
- Simulation des trajectoires

Définition

Cobot

Né en 1999, le cobot est une catégorie de robots non-autonomes dédiés à la manipulation d'objets en collaboration avec un opérateur humain.

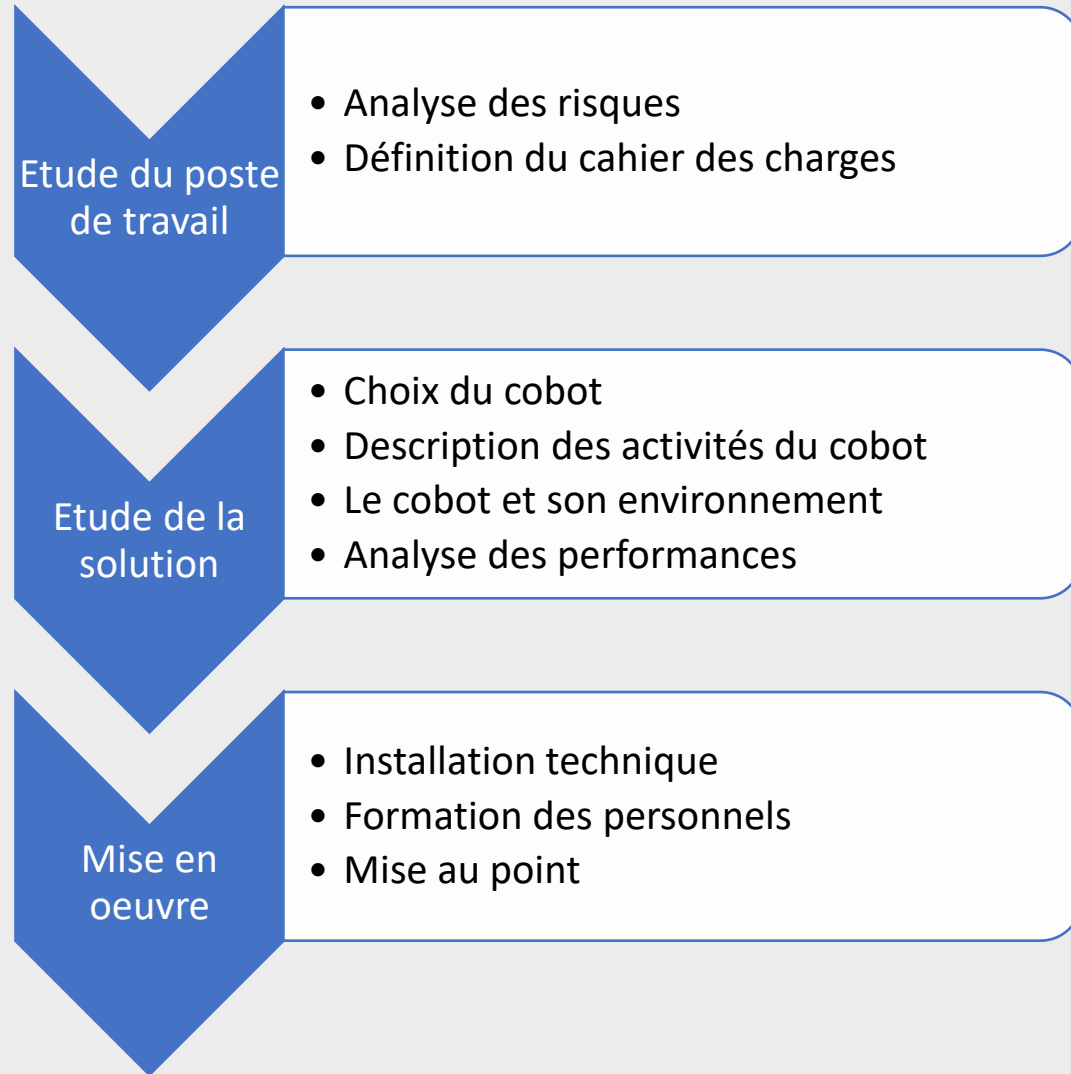
Avantages : simplicité de programmation, coût, sécurité, agilité



Robot vs cobot

	Robot	Cobot
Charge	Importante	Limitée
Vitesse	Importante	Réduite
Précision	Importante	En amélioration
Flexibilité	Faible	Importante
Mise en œuvre	Complexe	Facile et rapide
Investissement	Lourd	Faible

Méthodologie d'implantation



Cahier des charges

- Le lieu : où le cobot doit-il être monté ?
- L'interaction homme/machine : y aura-t-il contact avec l'opérateur ? Ce contact est-il potentiellement dangereux ?
- Programmation : préférez-vous le guidage à la main, la démonstration ?
- Flexibilité : le cobot doit-il effectuer plusieurs tâches avec le même programme ?
- Mobilité : le cobot doit-il changer de poste ?
- Charge : quel est le poids total que le cobot doit porter en incluant le préhenseur et en ajoutant une marge de 20% ?
- Ambiance : votre cobot sera-t-il utilisé en intérieur ou en extérieur, en ambiance sèche ou humide ?
- Rayon d'action : quelle est la plus longue distance que votre cobot doit atteindre ?
- Répétabilité : quelle doit être la précision de votre cobot pour reproduire une tâche ?
- Sécurité : Y a-t-il un risque pour l'homme à travailler auprès du cobot dans cette application ?
- Vitesse : avez-vous besoin d'une accélération rapide ?
- Poids : votre cobot sera-t-il stable une fois monté ou devra-t-il se déplacer ?


Choix du cobot

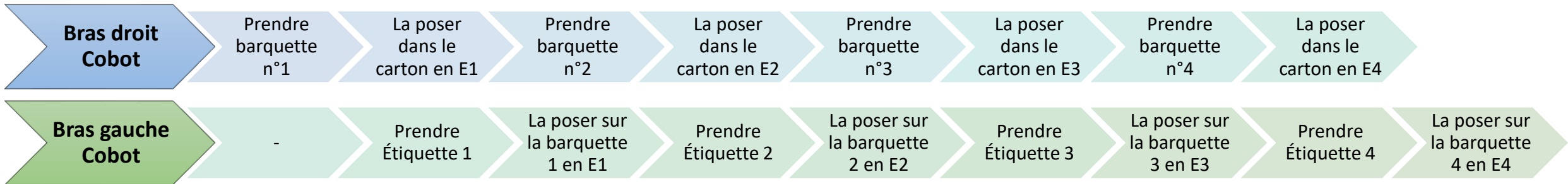
Marque	Cobot	Poids	Bras	Axes	Charge	Rayon	Répét.	Prix	Facilité
Universal Robot	UR3	11	1	6	3	500	0,1	28000	8
MIP Robotics	Junior 300	13,5	1	4	3	600	0,5	9600	8
Universal Robot	UR5	18,4	1	6	5	850	0,1	35000	8
Franka	Emika	18,5	1	7	3	800	0,1	12000	10
Rethink Robotics	Baxter	19	2	7	2,2	1210	0,1	37000	9
Rethink Robotics	Sawyer	19	1	7	4	1260	0,1	29 000	9
fp-robotics	Prob 2R	20	1	6	3	775	0,1	27480	9
Kuka	LBR IIWA 7 R800	22	1	7	7	800	0,01	70000	9
Aubo	I5	24	1	7	5	880	0,05	18000	8
Productive Robotics	OB 7	24	1	7	5	1000	0,1	20000	9
Universal Robot	UR10	28,9	1	6	10	1300	0,1	45000	8
Kawada	Nextage	29	2	15	1,5	577	0,03	60000	4
Kuka	LBR IIWA 14 R820	30	1	7	14	820	0,15	70000	9
ABB	Yumi - IRB 14000	38	2	7	0,5	500	0,02	70000	8
Isybot	SYB4	40	1	4	8	1200	0,5	NC	NE
Isybot	SYB6	41	1	6	8	1200	0,5	NC	NE
Yaskawa	HC10	47	1	6	10	1200	0,1	48000	8
Fanuc	CR4IA	48	1	6	4	550	0,02	45700	4
Staubli	TX2 60	52	1	6	3,5	670	0,02	40000	2
Fanuc	CR7IA	53	1	6	7	717	0,02	48000	2
Yaskawa	SDA 5F	110	2	7	5	559	0,06	NC	NE
MRK System	KR 5 SI	150	1	6	5	1423	0,04	16000	5
Kawasaki	Duaro	200	2	15	2	760	0,05	25000	4
Yaskawa	CSDA6F	220	2	7	10	720	0,1	NC	NE
Yaskawa	SDA 10F	220	2	7	10	720	0,1	NC	NE
Yaskawa	SDA 20F	380	2	7	10	910	0,1	NC	NE
Comau	Aura	685	1	6	110	2210	0,07	80000	6
Fanuc	CR35IA	990	1	6	35	1813	0,08	NC	2

Choix du cobot : Baxter de Rethink Robotics



Répartition des actions

	
Remplissage du carton avec les barquettes	Réapprovisionnement en carton
Mise en place des étiquettes	Aide si le cobot est bloqué
	Aide sur le poste en amont



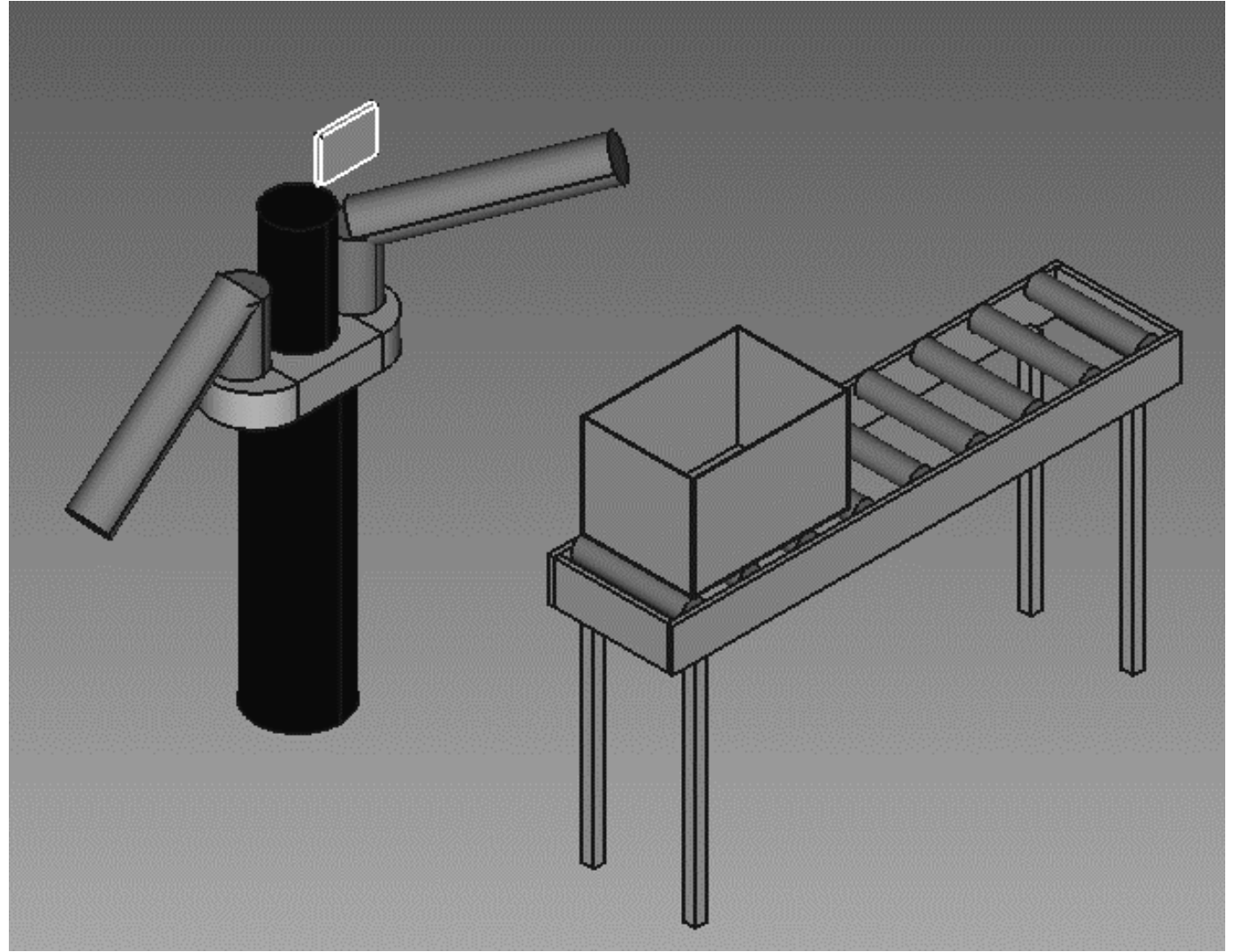
Description des activités du cobot

Choix du préhenseur

Différents préhenseurs



Simulation des trajectoires



L'USINE DU FUTUR

STRATÉGIES
ET DÉPLOIEMENT

INDUSTRIE 4.0,
DE L'IOT AUX
JUMEAUX
NUMÉRIQUES

Présentation

1. Qu'est-ce que l'usine du futur ?
2. Les axes de travail
3. L'usine numérique
4. L'usine virtuelle
5. Mise en oeuvre d'un cobot
6. **Conclusion provisoire...**

6. Conclusion provisoire...

- Beaucoup d'autres aspects passionnants
- Il est probable que de nouvelles applications vont prochainement apparaître
- Emergence de nouveaux métiers
- Besoin de méthodes et de standards
- Beaucoup d'entreprises ont besoin d'être accompagnées dans ces changements majeurs
- Plateformes collaboratives SCAP Industrie du futur
- L'humain doit rester au centre des évolutions
 - Le client au centre de l'innovation
 - L'employé au centre de la production
 - L'entreprise comme ascenseur social
 - La Responsabilité Sociétale de l'Entreprise

L'information étant accessible, ce qui donne du sens, c'est de comprendre ce qu'on fait et pourquoi, comment on le fait et comment on interagit avec les autres, mais également comprendre ce que font les autres, pourquoi et quels sont leurs besoins.