



Université d'été pluridisciplinaire  
et internationale sur le Travail

Travail et innovations  
technologiques



Bordeaux, 2-6 juillet 2018

# L'usine du futur : tendances technologiques et organisationnelles

**Bruno VALLESPIR**

*Université de Bordeaux / IMS*

*bruno.vallespir@u-bordeaux.fr*

université  
de **BORDEAUX**

3 juillet 2018

# Positionnement

## Usine du futur

Usine du futur = tout ce qui concerne les usines à partir de maintenant ?

Choix de se positionner par rapport aux initiatives organisées utilisant ce vocable (ou proche)

# Introduction

## Industrie et IT

Très forte évolution actuelle des technologies de l'information et de la communication

Beaucoup d'applications dans le secteur industriel

➡ Apparition d'un nouveau concept ayant pour but de suivre, encadrer et organiser ce domaine appelé « usine du futur », « industrie 4.0 », « entreprise 4.0 », « entreprise du futur », « usine 4.0 », etc.

*Les évolutions technologiques n'ont un intérêt que si elles conduisent à de nouveaux services, nouveaux usages, nouvelles organisations, nouveaux modèles économiques*

# Introduction

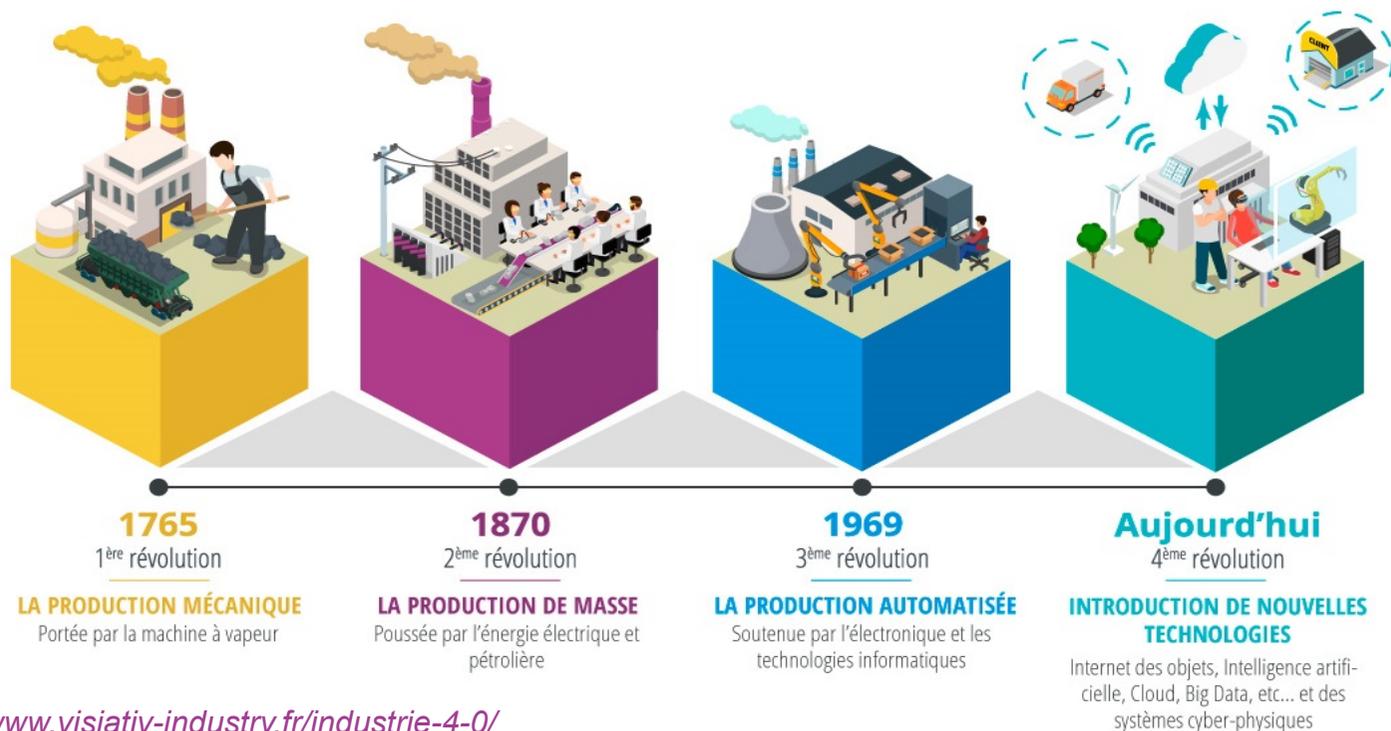
## Révolutions industrielles

Révolution	Date	Caractéristiques / Changements	Production
Première révolution	18 <sup>ème</sup> siècle (1780)	<ul style="list-style-type: none"><li>● Utilisation du Charbon</li><li>● Développement de la machine à vapeur</li></ul>	Production mécanisée
Deuxième révolution	Fin du 18 <sup>ème</sup> siècle (1850)	<ul style="list-style-type: none"><li>● Arrivée de l'électricité</li><li>● Exploitation du pétrole</li><li>● Développement des technologies de communication centralisée (télévision) et one to one (téléphone)</li></ul>	Production de masse
Troisième révolution	Milieu du 20 <sup>ème</sup> siècle (1970)	<ul style="list-style-type: none"><li>● Utilisation d'automates et robots</li><li>● Informatique industrielle</li><li>● Utilisation des énergies renouvelable</li><li>● Utilisation internet</li></ul>	Production automatisée

# Introduction

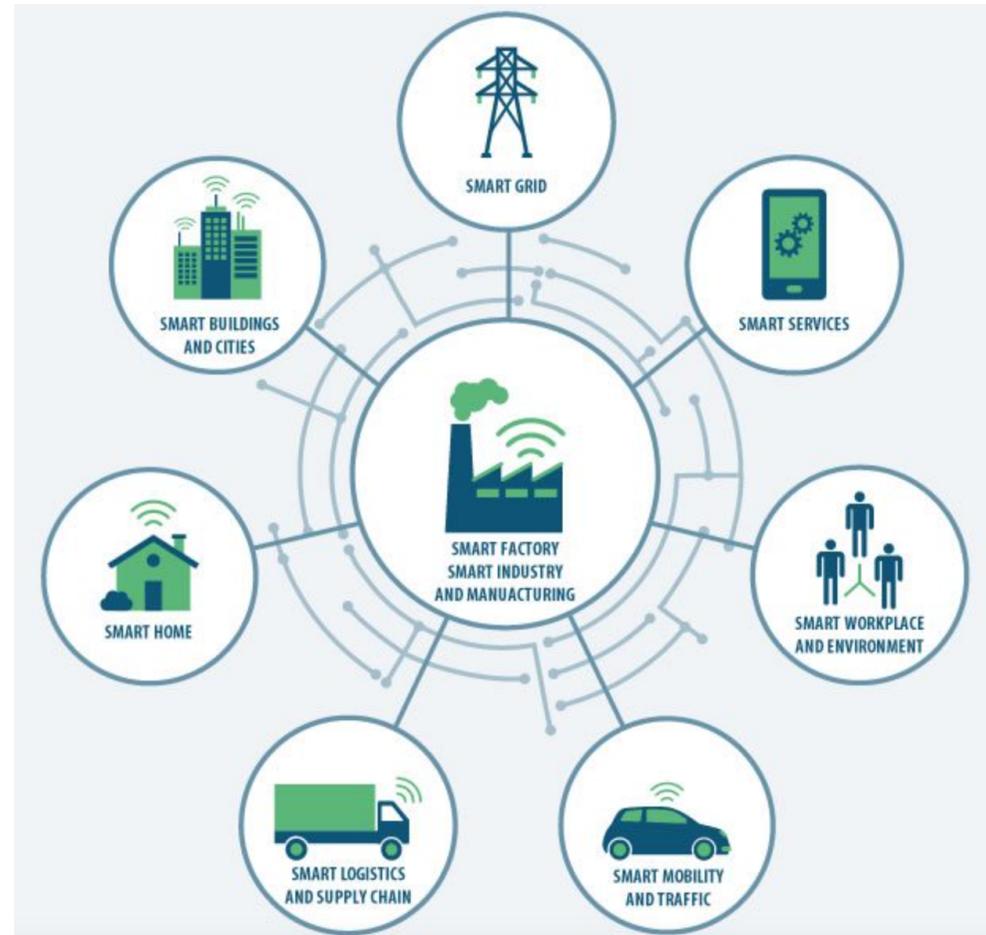
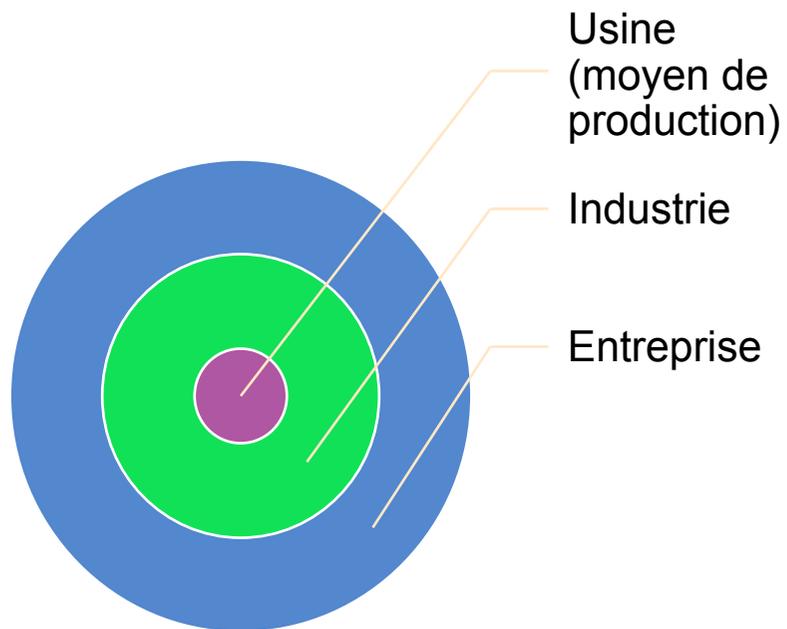
## 4<sup>ème</sup> révolution industrielle

- Arrivée d'internet dans les usines (objets connectés, internet des objets, cloud)
- Nouvelles technologies qui modifient les process industriels



# Introduction

## Echelles



<https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/>

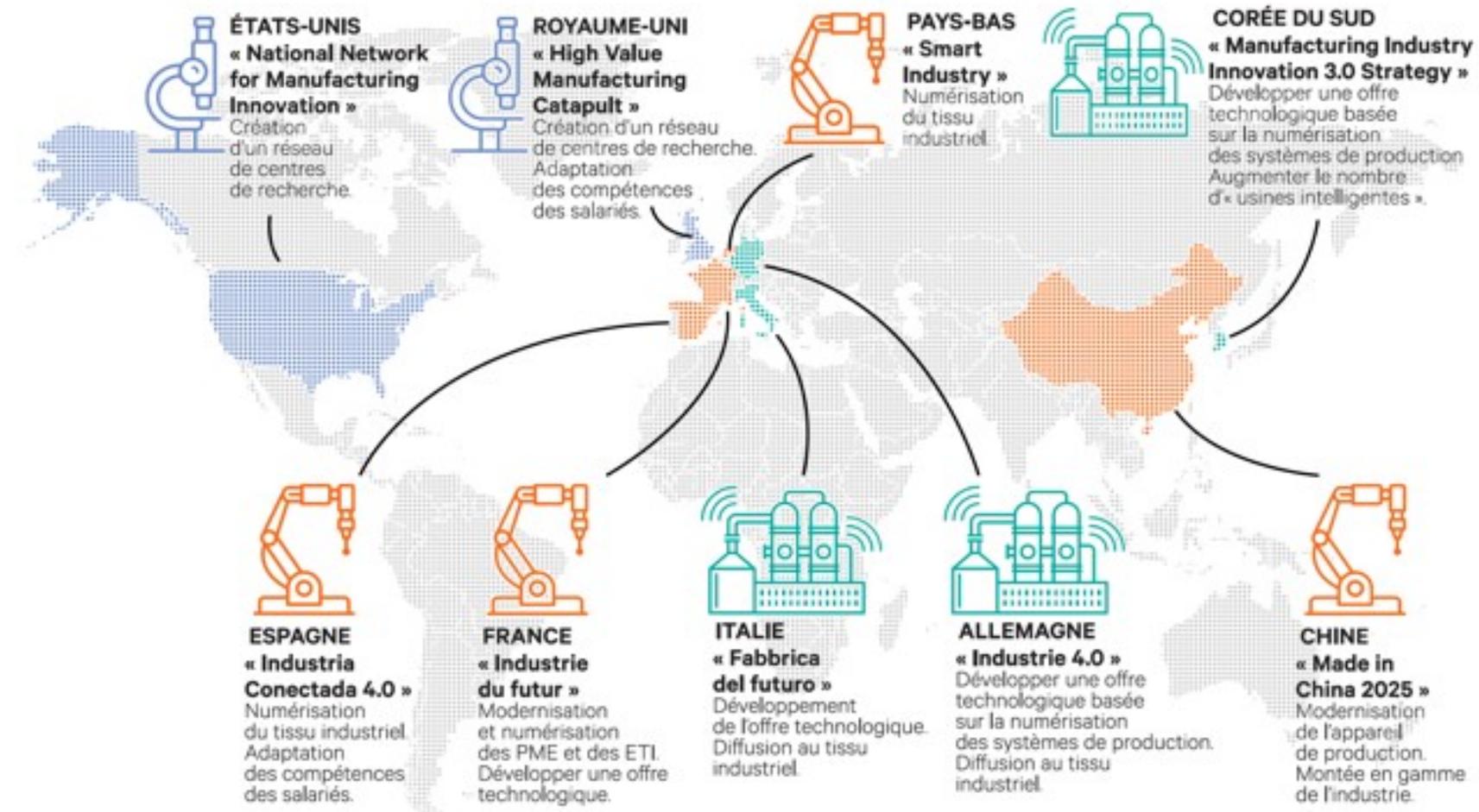
# Initiatives à l'échelle mondiale

Suite à un constat réalisé sur la modification du secteur industriel, l'Allemagne a regroupé les technologies émergentes dans un concept nommé **industrie 4.0** (développement de l'offre technologique, diffusion vers le tissu industriel, encadrement de pratiques déjà existantes). Concept dévoilé pour la première fois à la foire de Hanovre en 2011 puis repris au salon CeBIT en 2013.

2010	2011	2012	2014	2015
<ul style="list-style-type: none"><li>••Allemagne : Industrie 4.0 plateforme</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>••Etats-Unis : Advanced manufacturing Paternship 2.0</li><li>••Royaume-Uni: Catapult centers</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>••Italie : Intelligent factories clusters</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>••Belgique : Intelligent factories clusters</li><li>••Chine : Made in China 2025</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>••Japon : Robotics strategy</li><li>••Corée du sud : Manufacturing Innovation 3.0</li><li>••France : Industrie du futur</li></ul>

# Initiatives à l'échelle mondiale

## Les principaux programmes dans le monde pour l'industrie du futur



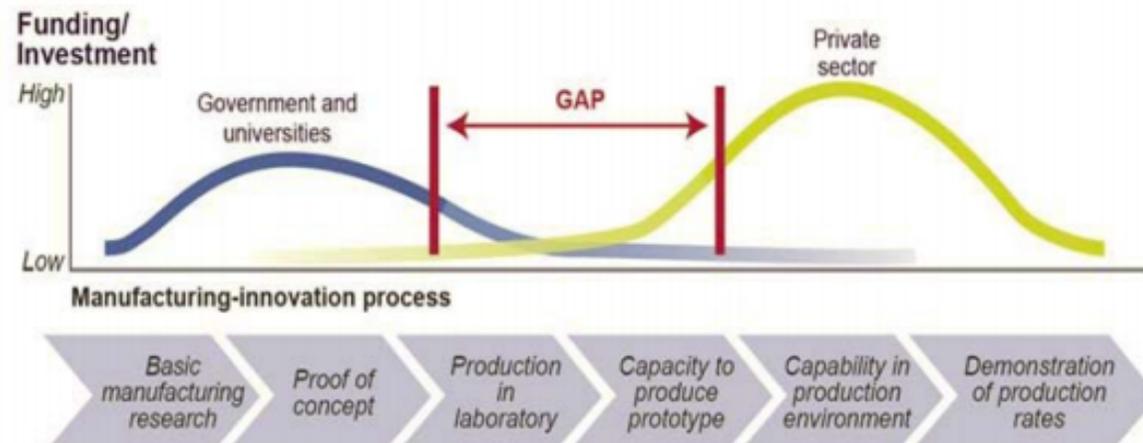
# Initiatives à l'échelle mondiale

## ETATS-UNIS : « National Network for Manufacturing Innovation »



**Objectif.** Création d'un réseau de centres de recherche sur le territoire : 15 « Institutes for manufacturing innovation » d'abord, 45 d'ici 2025

➡ Comblent le fossé entre recherche et production



**Spécialisation.** Secteur manufacturier (considéré comme le pilier de l'économie américaine)

# Initiatives à l'échelle mondiale

## ETATS-UNIS : « National Network for Manufacturing Innovation »



# Initiatives à l'échelle mondiale

## CHINE : « Made in China 2025 »

**Défis.** Défis environnementaux, hausse du coût de la main d'œuvre, dépendance vis à-vis des technologies de production étrangères

**Objectif.** Modernisation de l'appareil de production

➡ Vers un modèle de croissance plus équilibré, davantage assis sur la demande domestique et la montée en gamme et soucieux des équilibres environnementaux et sociaux.

### **Missions.**

- Création de 15 centres d'innovations industrielles en 2020, 40 en 2025 (focus sur les TIC, les systèmes cyber-physiques, la fabrication additive et les biopharmaceutiques)
- Soutenir la croissance du nombre de brevets en équipements industriels de pointe

# Initiatives à l'échelle mondiale

## CHINE : « Made in China 2025 »

### Missions.

- Création de 1000 usines-pilotes vertes et 100 zones industrielles écologiques
- Mesures en direction de dix secteurs clés

The 10 key sectors



GRAPHIC BY ZHANG RUIQI/PEOPLE'S DAILY ONLINE

# Initiatives à l'échelle mondiale

## ALLEMAGNE : « Industrie 4.0 »



**Constat.** L'Allemagne est le principal fournisseur international d'équipements industriels : 15 millions d'emplois en Allemagne dépendent directement et indirectement du secteur manufacturier

**Objectif.** Assurer / développer la position internationale de l'Allemagne dans la fabrication industrielle

**Membres.** Industrie, état, syndicats, recherche

### **Missions.**

- Promouvoir le changement structurel vers le numérique
- Fournir un cadre cohérent et fiable : compréhension globale cohérente, recommandations pertinentes, démonstration des applications

# Initiatives à l'échelle mondiale

## FRANCE : « Industrie du futur »

### Constat.

- Robotisation : 32 000 robots industriels en 2013, le double dans les autres pays de l'UE
- Age moyen du parc de machines : 19 ans
- Désindustrialisation

### Objectif.

- Moderniser les outils industriels français
- Transformer le modèle économique français par le numérique et accompagner la transformation numérique des entreprises
- Répondre aux grands défis sociétaux

# Initiatives à l'échelle mondiale

## FRANCE : « Industrie du futur »

### Missions.

#### LES 5 PILIERS DE L'INDUSTRIE DU FUTUR



DÉVELOPPEMENT  
DE L'OFFRE  
TECHNOLOGIQUE  
POUR L'INDUSTRIE  
DU FUTUR



ACCOMPAGNEMENT  
DES ENTREPRISES  
VERS L'INDUSTRIE  
DU FUTUR



FORMATION  
DES SALARIÉS



PROMOTION  
DE L'INDUSTRIE  
DU FUTUR



RENFORCEMENT DE  
LA COOPÉRATION  
EUROPÉENNE ET  
INTERNATIONALE

# Initiatives à l'échelle mondiale

## FRANCE : « Industrie du futur »

### Projet / programme.

1 plan transverse

x

9 solutions thématiques



**Industrie du Futur**  
Modernisation de l'outil de production et transformation des modèles d'affaires



**Transports de demain**  
Un transport des personnes et des marchandises plus écologique et plus compétitif



**Objets intelligents**  
L'internet des objets pour améliorer le quotidien



**Nouvelles ressources**  
De nouveaux matériaux biosourcés et recyclés pour toutes les industries



**Médecine du futur**  
Un parcours de soins plus performant grâce à l'innovation médicale et digitale



**Confiance numérique**  
Un environnement numérique de confiance plus protecteur des entreprises et des individus



**Ville durable**  
La ville économe de ses ressources, du producteur au consommateur



**Economie des données**  
Une meilleure gestion et valorisation des données dans les entreprises et dans les services publics



**Alimentation intelligente**  
Une alimentation sûre, saine, durable et exportable

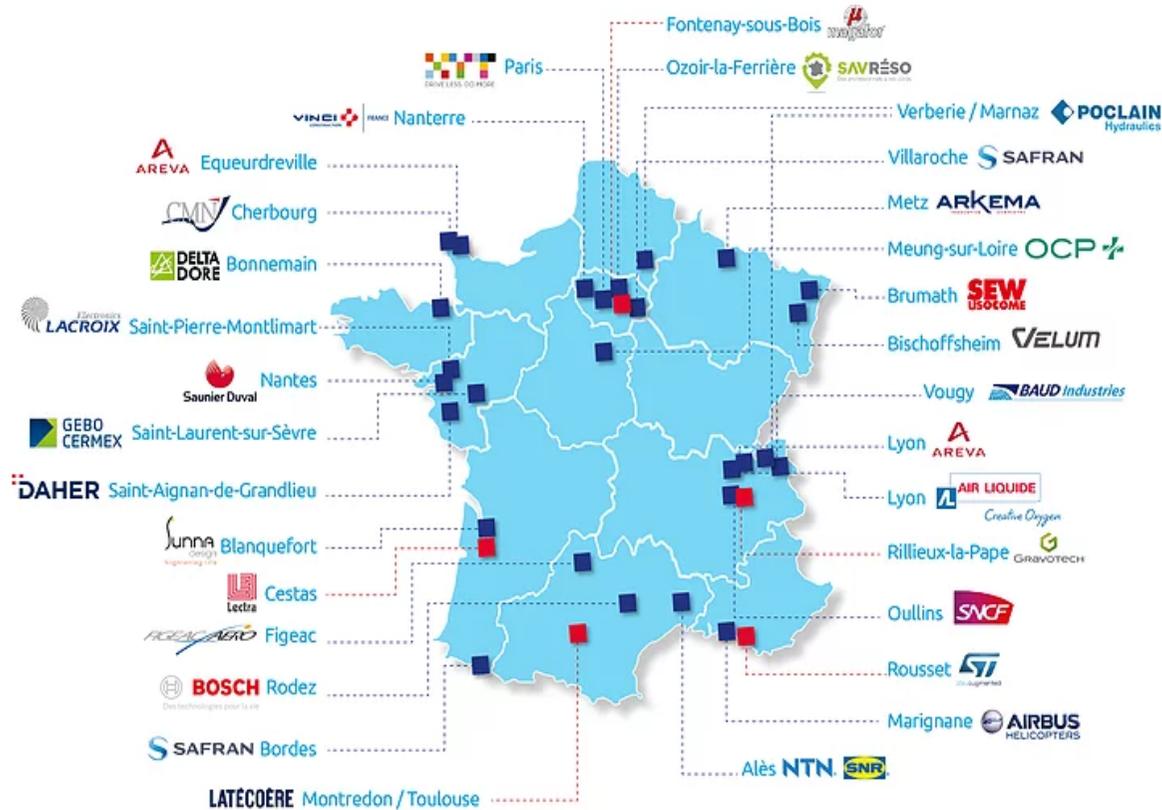


**Mobilité écologique**  
Une mobilité moins chère, plus libre, plus respectueuse de l'environnement et plus sûre au quotidien

# Initiatives à l'échelle mondiale

## FRANCE : « Industrie du futur »

**Promotion.** Campagne « Creative Industry », 31 entreprises labellisées « vitrines industrie du futur »

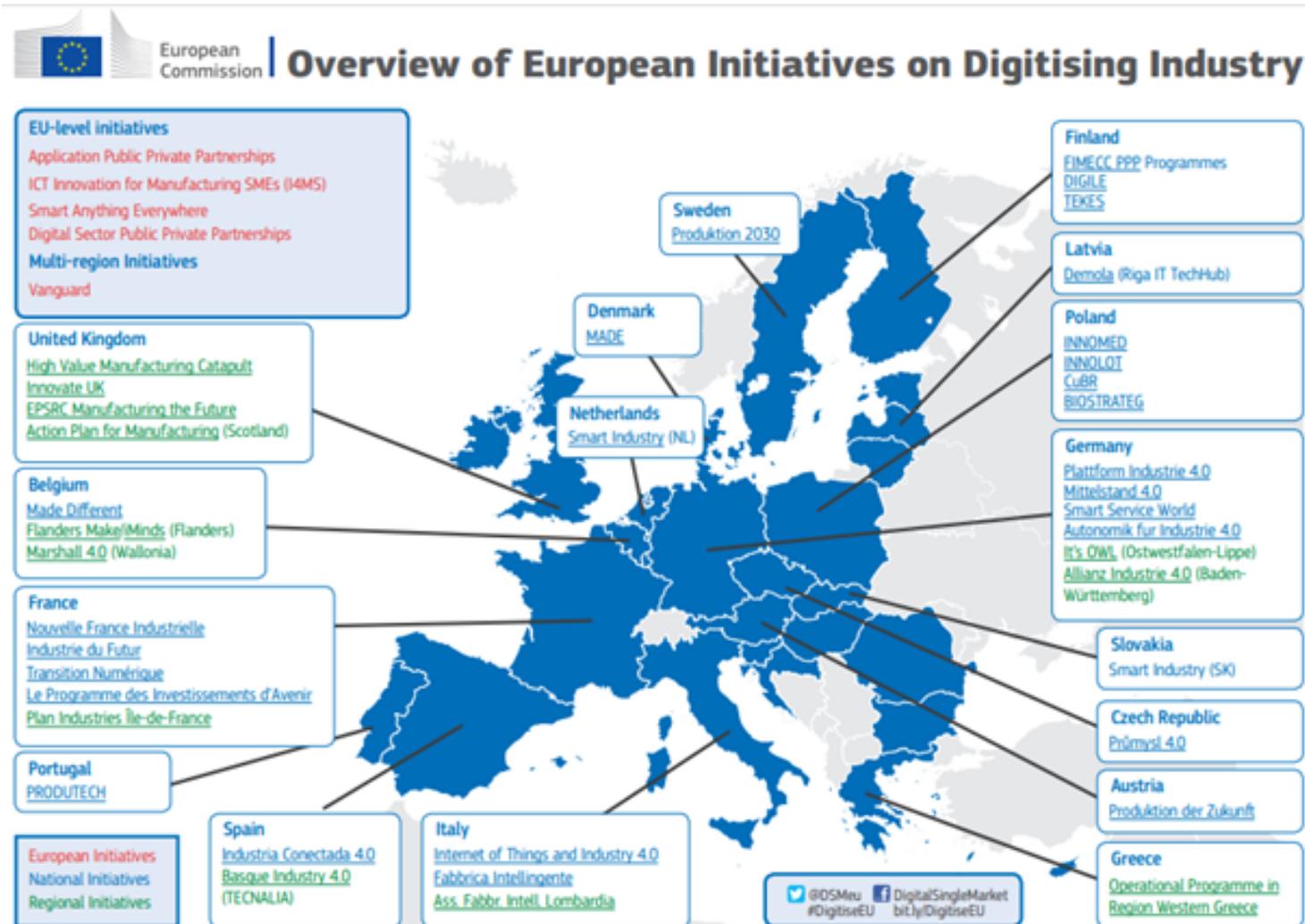


■ Nouvelles vitrines labellisées par l'Alliance Industrie du Futur

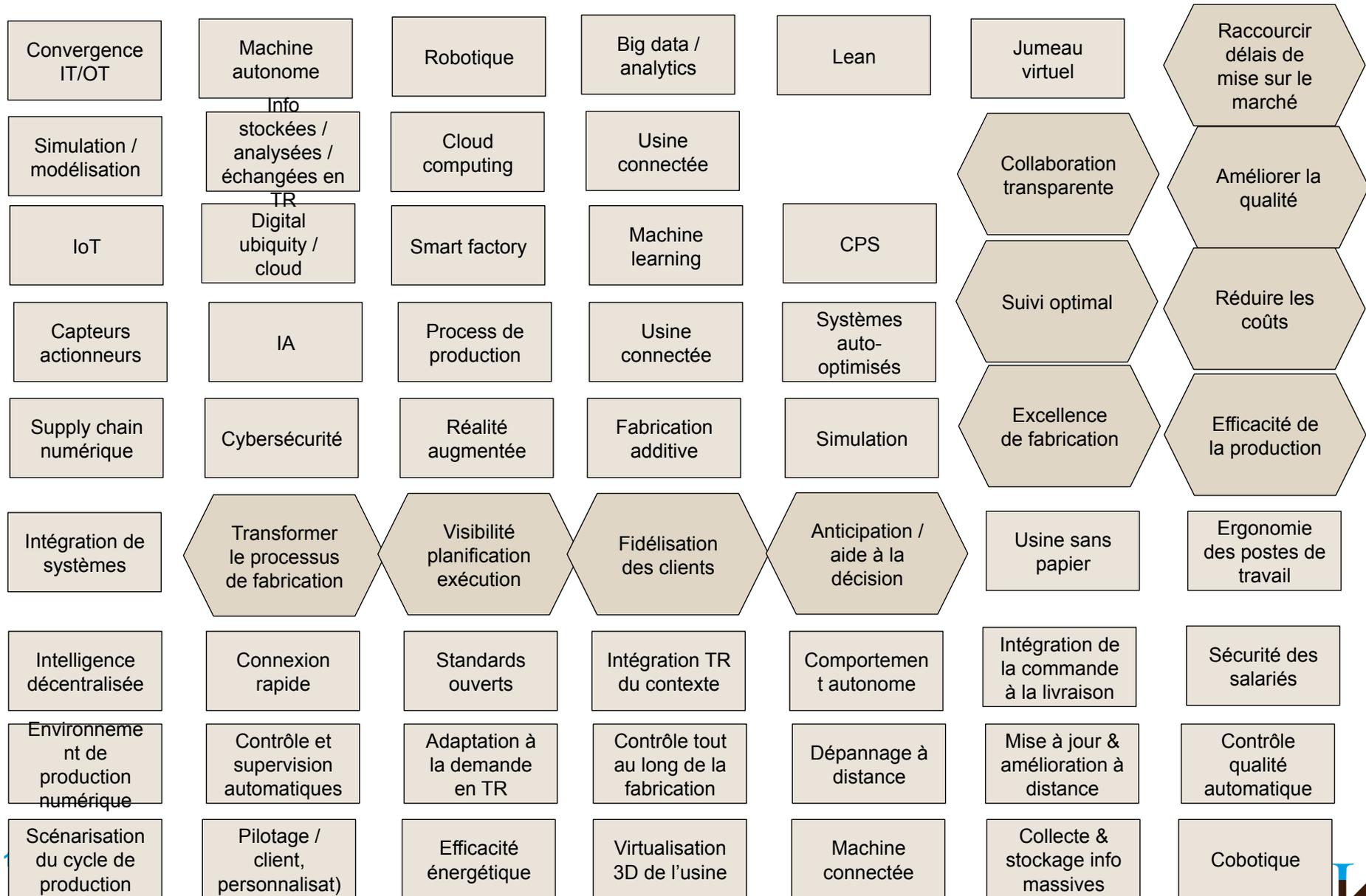
Source : Alliance Industrie du Futur, mise à jour 31 août 2017

# Initiatives à l'échelle mondiale

## Union Européenne



# Contenu



# Contenu

***Des solutions techniques***

***Des outils***

***Des méthodes***

***Des solutions organisationnelles***

***Des objectifs***

***...***

# Contenu

## Usine connectée

Internet of Things

Machine connectée

*Dépannage à distance*

*Mise à jour & amélioration à distance*

Supply chain numérique

Cybersécurité

## Usine intelligente

Intelligence artificielle

*Machine learning*

Machine autonome

*Intelligence décentralisée*

*Systèmes auto-optimisés*

*Systèmes mécatroniques intelligents*

## Données massives

Big data / analytics

Cloud computing

*Digital ubiquity / cloud*

INFORMATIQUE



# Contenu

## **Usine flexible & agile**

Connexion

*Connexion rapide*

*Standards ouverts*

*Plug & produce*

Info stockées, analysées, échangées en Temps Réel

Adaptation à la demande en Temps Réel

Pilotage / client (personnalisation, intégration  
de la commande à la livraison)

## **Contrôle continu de la fabrication**

Capteurs & actionneurs

Composants pour le test et le contrôle

Fiabilité

Contrôle et supervision automatiques

Contrôle qualité automatique

## **Usine optimisée**

Optimisation produits / process

**INFORMATIQUE  
ET PRODUCTION**



# Contenu

## Usine virtuelle

Réalité virtuelle

*Virtualisation 3D de l'usine*

Simulation / modélisation

*Réalité augmentée*

*Jumeau virtuel*

*Scénarisation du cycle de production*

INFORMATIQUE  
ET  
MODÉLISATION /  
VIRTUÁLISATION

# Contenu

## **Nouvelles technologies de production et de contrôle**

Robotique

*Cobotique*

Nouveau process de production

*Fabrication additive*

*Optoélectronique / photonique*

*Interopérabilité des process / hybridation*

Equipements multi-matériaux et multi-objets

*Matériaux et nano-matériaux innovants*

*Durabilité*

Convergence Information Technology / Operational Technology

*Cyber-physical systems*

**TECHNOLOGIE  
& PROCÉDES**

# Contenu

## Humain

Interaction Homme / Machine

*Impact sur la charge de travail*

*Ergonomie des postes de travail*

Place de l'Homme

*Sécurité des salariés*

*Employabilité*

*Psychologie*

## Organisation

Production collaborative

Réorganisation / amélioration continue

*Lean*

Réseau d'innovation ouvert

*FabLabs*

**HOMMES &  
ORGANISATION**

# Contenu

## Usine verte

Efficacité énergétique

Réduction de la consommation matière

*Usine sans papier*

*Recyclage des matériaux*

*Rénovation / reconditionnement  
des équipements industriels*

*Economie circulaire*

Eco-conception

ENVIRONNEMENT

# Contenu

## Liens multiples

Capteurs ↔ Big data

Robotique ↔ Cobotique ↔ Place de l'homme

Innovation ↔ Eco-conception

## Compatibilité développement durable



# Impact sur le travail et l'organisation

## Questionnement

- Comment fabriquera-t-on les objets ?
- Seront-ils toujours faits dans des usines ?
- Quel sera l'impact du réchauffement climatique sur la fabrication ?
- Pourra-t-on toujours importer / exporter les marchandises sans se soucier du coût et des effets du transport ou devra-t-on produire sur place ?
- Pourra-t-on utiliser de la matière et en jeter la moitié pour la fabrication d'une pièce ?
- L'homme aura-t-il toujours envie de travailler dans un espace clos comme une usine ou sera-t-il en mesure de choisir son environnement de travail et limiter ses déplacements vers les grands centres urbains ?
- Quel environnement de travail faudra-t-il créer pour que nos jeunes générations soient motivées par la conception d'objets de plus en plus intelligents ?

Christophe Blanchet - <https://www.lesechos.fr>

# Impact sur le travail et l'organisation

## Constat : automatisation

Depuis toujours, l'homme a cherché à rationaliser / automatiser ses activités pour des raisons multiples : vitesse, qualité, coûts, sécurité, suppression des tâches rébarbatives

1. Les activités physiques
2. Les activités intellectuelles

La puissance de calcul des ordinateurs ne fait qu'augmenter cette tendance

# Impact sur le travail et l'organisation

## Tendance 1 : Flux directs et temps-réel

- Organisation connectée et réactive : les flux d'informations permettent à chacun de réagir rapidement en fonction des besoins
- Flux d'informations libres qui arrivent le plus rapidement possible à l'interlocuteur qui va devoir traiter l'information

➡ Rapport de force vers rapport de flux : les échanges d'informations, de connaissances, de biens et de services ne circulent plus en fonction d'une structure pyramidale mais en suivant une relation client / fournisseur

# Impact sur le travail et l'organisation

## Tendance 2 : Organisation en plateformes

Nécessaire de sortir des organisations hiérarchiques classiques

- Organisation en mode projet : le groupe se constitue en fonction des compétences pour traiter l'affaire en cours
- Entreprise = plateforme adaptable destinée à répondre le plus rapidement possible aux demandes de nouveaux produits

➡ Salariés de plus en plus indépendants rassemblés dans différents réseaux et connectés grâce aux nouveaux moyens technologiques

# Impact sur le travail et l'organisation

## Tendance 3 : Virtualisation

Ere de la virtualisation

- Virtualisation des équipes
- Virtualisation des lieux de travail
  - Télétravail : les employés travaillent chez eux
  - Coworking : les employés n'ont plus de bureaux fixes et se partagent des espaces de travail

# Impact sur le travail et l'organisation

## Révolution industrielle

L'usine du futur est moins une révolution technologique qu'une révolution industrielle

Automatisation de tâches de plus en plus évoluées

L'activité humaine devient une activité de supervision : plus d'automates, moins de personnes mais plus qualifiées

# Impact sur le travail et l'organisation

## Simulation d'impact

Simulation de l'impact total du passage à l'industrie 4.0 d'une usine typique de l'industrie équipementière automobile (travaux de Roland Berger cités dans (Blanchet, 2016))

Cinq leviers de transformation :

- *Usine virtuelle* : développement totalement virtuel des nouveaux produits (conception, industrialisation, mise au point des process)
- *Automatisation des flux* (véhicules autonomes, Cobots) : gain en flexibilité et réactivité face à la personnalisation
- *Machines autonomes intelligentes* : plus besoin d'opérateurs (travaillent la nuit par exemple), auto-correction
- *Maintenance prédictive* : planification des temps d'arrêt machines car prévisibles
- *Cyber système de production* : couche de pilotage de l'usine et de ses fournisseurs, personnalisation de masse

# Impact sur le travail et l'organisation

## Simulation d'impact : effets

Effets financiers :

- Retour sur le capital engagé (ROCE) : 15 % à 40 %
- Marge : 6 à 12 %
- Taux d'utilisation de l'usine : 65 % à 90 %

Effets sur les ressources humaines :

- Personnel nécessaire au fonctionnement de l'usine réduit de moitié
- Remplacement de l'humain au centre du modèle
- Impact significatif sur les compétences et les qualifications

*Max Blanchet, « industrie 4.0 : nouvelle donne industrielle, nouveau modèle économique », Géoéconomie 2016/5 (n° 82), p. 37-53*

# Impact sur le travail et l'organisation

## Simulation d'impact : grands principes

- Place pour tous les niveaux de qualification car solutions techniques accessibles à tous (programmation des Cobots, des AGV...)
- Aucun métier actuel ne disparaît (qualité, maintenance, sécurité, etc...)
- Tous les métiers évoluent : centralité de la relation avec le client interne, compréhension du besoin, résolution du problème et disparition des composantes répétitives
- De nouveaux métiers apparaissent : système, cyber-sécurité, big data, réalité virtuelle
- Mode de travail différent : équipes apprenantes construites avec les compétences internes et externes à l'entreprise
- Qualité de vie au travail grandement améliorée (plus de tâches pénibles et répétitives, travail en équipe)

# Impact sur le travail et l'organisation

## Emplois de demain

Question sensible sur l'emploi : la quantité de travail détruite par la numérisation sera-t-elle compensée par la création d'activité liée aux bénéfices de cette numérisation ?

Modèle estimatif à la fois des destructions et créations d'emplois à l'horizon 2035 (Roland Berger) :

1. phase de destruction d'emplois liée à la baisse en main-d'œuvre
2. phases de création d'activité dans l'industrie, puis dans les services, du fait d'une meilleure profitabilité de l'industrie

Outil industriel modernisé ➡ meilleure utilisation du capital engagé ➡ nouvelles possibilités d'investir : financement de nouveaux projets et création d'emploi (Europe) : 10 millions (3 millions dans l'industrie dont 1,1 million par relocalisation industrielle, 7 millions dans les services)

# Impact sur le travail et l'organisation

## Emplois de demain

- L'usine du futur apporte une logique économique de création de valeur nouvelle
- Le « bilan » ne saurait se résumer à une réduction drastique des emplois industriels

Mais :

Urgence de mieux appréhender cette transformation pour anticiper la phase de transition (largement commencée) avec ses difficultés : chômage, désindustrialisation, dislocation de grands groupes, tensions sociales, inadaptation des compétences

➡ Prendre en charge dès maintenant la reconfiguration du modèle social, du travail et d'investissement

# Impact sur le travail et l'organisation

## Formation continue

Hier, les mutations technologiques laissaient le temps aux hommes de faire toute leur carrière autour d'une technologie.

Demain, dès son diplôme, un jeune débutant devra sans cesse actualiser ses compétences et comprendre l'évolution du monde technologique (obsolescence rapide)

- Formation initiale plus suffisante sinon les salariés seront vite dépassés
- Besoin constant de formation
- Nécessité de mise en œuvre d'un mode d'apprentissage et de formation spécifique permettant l'évolution de la carrière professionnelle