



INSTITUT
Mines-Télécom

Le triangle Homme/ Machine/Produit dans l'Industrie du futur

Groupe de travail « Usine du Futur » de
l'Institut Henri Fayol

Ecole des Mines de St Etienne



Industrie du futur : définition

- Ré-organisation des moyens de production et des fonctions de l'entreprise (étendue, ancrée dans un territoire, impliquée dans des réseaux),
- caractérisée par des interactions accrues machines-machines, humains-machines, humains-humains, organisation-organisation
- supportée par le développement de nouvelles technologies, matérielles et informationnelles
- en réponse aux besoins nouveaux de compétitivité (flexibilité, variété, réactivité...) et aux exigences sociétales.

A partir de la définition usuelle (H. Kagerma, et al., *Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution*, VDI Nachrichten, No. 13, Avr. 2011).

Le développement de l'Industrie du futur questionne notamment sur ...

- **De nouveaux modèles économiques et de gestion, tels :**
 - la personnalisation de masse
 - l'économie de la fonctionnalité
 - Une organisation du travail revisitée au sein de l'entreprise et entre organisations, où l'intelligence humaine est valorisée
 - décision distribuée
- **Des approches adaptées pour l'ingénierie, telles:**
 - la conception collaborative (associant les parties-prenantes)
 - la servicisation (PSS)
 - La gestion des flux (coordination, synchronisation, mutualisation, internet physique), à l'échelle de territoires (mobilité...)
- **Des approches innovantes en termes d'énergie et en matières premières, de prise en compte des risques et impacts environnementaux**
- **Des méthodes, des outils et des hommes efficaces pour supporter les échanges de données, leur contrôle (sécurité) et leur exploitation (décision, gestion)**

Industrie du futur: Cadre

Industrie : Un système d'activités vu comme un objet technique articulé autour des 3 concepts

FINALITE : (philosophie gestionnaire)

- Finalité intégrée au Projet d'Entreprise (par ex. optimisation des coûts, délais, qualité, facture énergétique/environnementale, territoriale...)
- Selon quels principes ? (implications sociales et sociétales)

SYSTEME technique

- Mode de gestion du système (centralisé ou non...)
- Composants techniques (hard et soft connectés à l'ensemble des technologies mises en œuvre)

Relations de prescription

Interactions / ajustements

ORGANISATION du travail

(répartition des rôles)

- Quels acteurs et quels rôles ?
- Quels moyens de coordination entre les rôles ?

Impact Social de l'usine connectée (1)

Sur la demande de Bosch Rexroth, un travail d'analyse mené par des étudiants de l'Ecole des Mines de Saint Etienne (cycle ISMIN en 2015) a permis de pointer les questions d'ordre sociales posées par l'usine connectée.

- **Du côté de l'impact social interne à l'entreprise, les impacts sont multiples. Ils s'organisent autour d'une triangulation homme/machine/produit dans laquelle l'homme peut ne plus être l'animateur mais l'une des composantes.**
- **Tout d'abord, la connexion des machines aux différents processus d'activité redistribue les rôles entre la machine, notamment par leur autonomie accrue, et l'opérateur. C'est ce que cherche à exprimer d'une façon paradoxale le terme de « Social Machine ».**

Impact social de l'usine connectée (2)

- Le produit fini vient lui aussi redistribuer les rôles : il pourra communiquer avec les machines dans sa phase de réalisation. Les « Smart Product » qui savent comment ils doivent être « processés » par les différentes machines et gardent en mémoire toutes les informations qui les concernent (via des tags RFID par exemple).
- Enfin, le rôle de l'homme dans le triangle Homme/machine/produit est profondément modifié : les *Augmented Operators* seraient en effet équipés d'outils de réalité augmentée et communicants pour interagir avec les autres membres de l'équipe, surveiller la chaîne de production et repérer les incidents. Hommes et machines sont ici profondément imbriqués. Les compétences sont modifiées, le sens du métier évolue.

Impact sociétal de l'usine connectée (1)

Mais la problématique 4.0 doit aussi être élargie à l'impact sociétal. A cet égard, si elle présente deux risques, elle propose également une perspective très positive.

- Le premier risque concerne la logique de traçabilité qui permet la mesure en temps réel de l'utilisation du produit par le client. Ces informations joueraient le rôle de confirmation de commande (modèle Build To Order / BTO) et pourraient permettre aussi bien l'optimisation de la production que celle des stocks. Cela signifie une mesure de plus en plus étroite des utilisations et des pratiques de chacun.
- Le second risque est dans la capacité à réaliser un produit fini personnalisé fait éclater la notion même de gamme de produits par les perspectives illimitées de diversification des biens produits. Le modèle économique de consommation semble ainsi démultiplier ce qui vient heurter beaucoup d'acteurs engagés dans le développement durable qui pointent le problème des ressources planétaires, notamment au plan énergétique et environnemental.

Impact sociétal de l'usine connectée

- La perspective positive réside dans les « *Virtual Production Units* » permettant de virtualiser une production pour en affiner les étapes et optimiser la productivité avant même d'être mis en place. De telles simulations fondées sur des productivités réelles et spécifiques permettent aussi bien l'évaluation des impacts internes sur les indicateurs (d'activité, sociaux) que sur les impacts sociétaux (environnementaux, énergétique...).

En conclusion, les procédés de virtualisation permettent de fonder une méthodologie d'accompagnement des entreprises aussi bien au développement et à l'usage d'objets connectés qu'au prototypage voire à l'expérimentation. Cette méthodologie de modélisation pourrait être complétée par un volet d'accompagnement au changement technologique. La trame de cet accompagnement comporterait les mots clés suivants repris dans la figure qui suit.



Usine 4.0	
Les technologies 4.0	Les produits 4.0

impactent :

Impact organisationnel

les identités professionnelles - Niveau d'autonomie - Niveau de qualification - Type de relations avec les pairs et la hiérarchie - Capacité à travailler en équipe - Engagement dans le travail, - ...	Les communautés et la société - Impacts relationnels : modes de communication et d'interactions, communauté de pratiques, d'usages, - Impacts cognitifs : structuration du raisonnement, capacité d'attention - Impact sociétal sur les ressources, environnement,
--	--

ce qui nécessite des ajustements :

des systèmes de gestion - Formation - Rémunération / reconnaissance - Embauche / Carrière/mobilité - Gestion de la performance, - ...	de la sociologie des usages et la valorisation économique - Identification des usages - Valorisation économique et sociétale des usages à partir des bénéfices et des coûts sociétaux, ...
--	---

Impact inter-organisationnel et sociétal

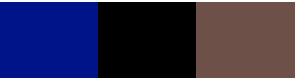
La co-conception, puis l'animation du changement sont essentiels



Perspectives d'actions

Proposition d'un Observatoire de la transition industrielle

- Concevoir une méthodologie d'accompagnement au changement 4.0 pour les acteurs de l'entreprise (notamment les PME-PMI et les ETI), les clients et l'ensemble de la société civile
- Expérimenter cet accompagnement auprès d'entreprises volontaires, motivées par la transition industrielle
- Essaimer la méthode développée auprès d'acteurs de proximité de l'accompagnement des PME-PMI et ETI
- Capitaliser les retours d'expérience et exploiter les données collectées par une valorisation académique et une diffusion des bonnes pratiques par une plateforme collaborative dédiée



Des thèmes de recherche

- **Fonctionnement et pilotage des systèmes d'innovation: vision sciences de gestion, appuyée sur l'analyse de traces.**
- **Quelle ontologie pour les systèmes d'innovation ?**
- **Système documentaire, web sémantique.**
- **Privacy.**

Références

- H. Kagerma, W.-D. Lukas, W. Wahlster, *Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution*, VDI Nachrichten, No. 13, Avr. 2011.
- Plateforme Industrie4.0 allemande, <http://www.plattform-i40.de> .
- A. Hatchuel, B. Weill, *L'expert et le système, suivi de quatre histoires de systèmes-experts*. Paris, Economica, 1992