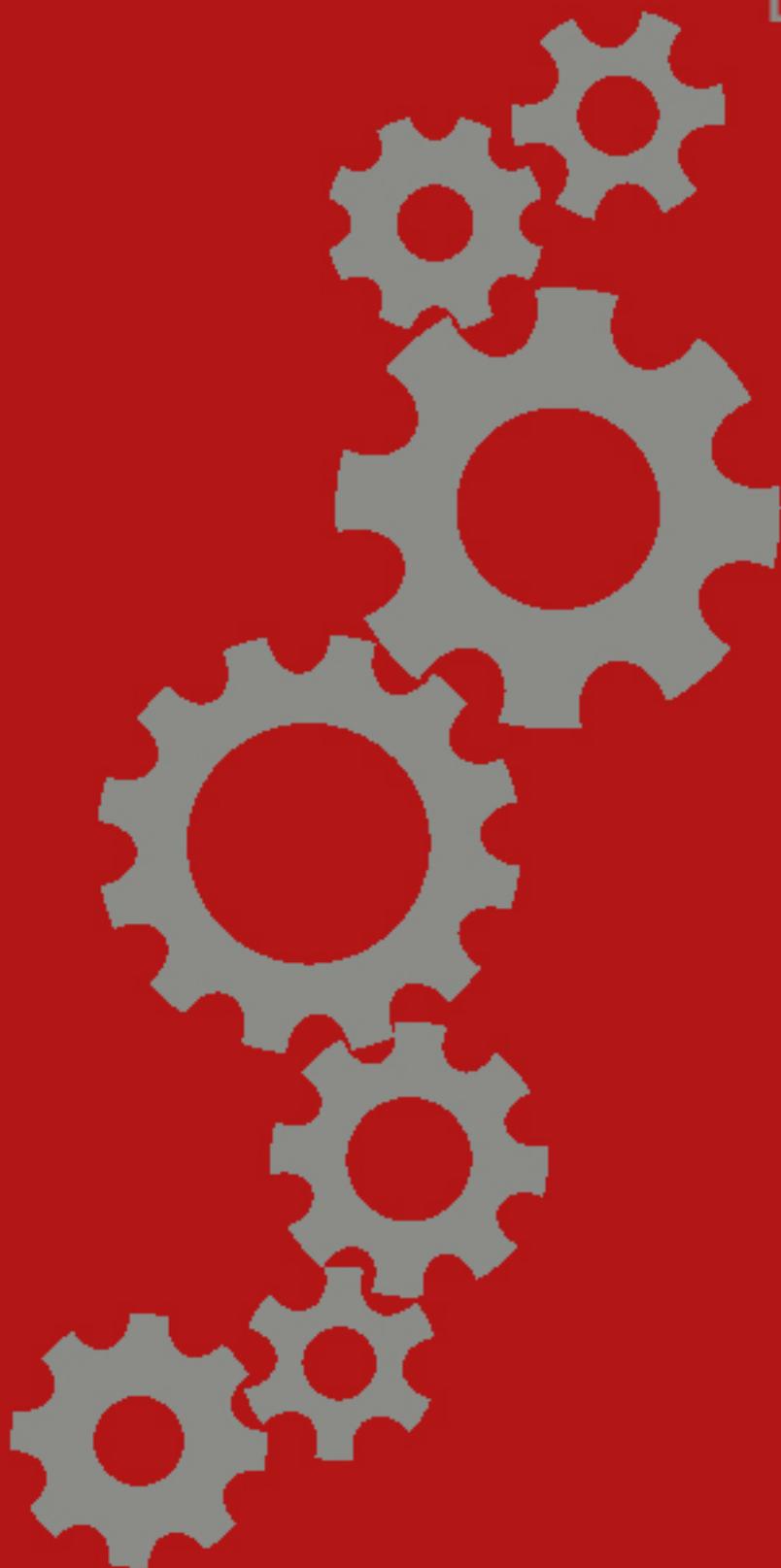


3. L'ÉVOLUTION DES MÉTIERS



3. L'ÉVOLUTION DES MÉTIERS

Les concepts d'usine du futur et de ville intelligente et durable modifient donc en profondeur les organisations, les processus, les méthodes de travail. D'une part, les conditions d'exercice de différents métiers de l'industrie et du BTP sont fortement différentes et vont continuer à se transformer. D'autre part, les entreprises ont besoin de pilotes projet qui vont faciliter l'intégration de ces nouveaux process et méthodes et accompagner les changements.

Ainsi, les enjeux pour l'enseignement supérieur sont forts et vont entraîner une révision radicale des méthodes pédagogiques et des syllabus de formation. Les paragraphes suivants présentent une vue globale de l'évolution de quelques métiers phares de l'industrie et un panorama plus large concernant le secteur du BTP. Cette évolution est mise en contexte au regard des enjeux pour les entreprises et des nouvelles compétences associées.

La présentation n'est pas exhaustive, d'autres métiers peuvent être étudiés également.

3.1. La maintenance

Un des métiers les plus impactés par la digitalisation de l'industrie est la maintenance. Celle-ci est au cœur de la performance industrielle car elle permet d'optimiser la production par une maximisation de la disponibilité du moyen.

Cette optimisation est réalisée par le triptyque maintenabilité/disponibilité/fiabilité. Pour cela, il s'agit de réduire le taux de pannes, d'agir uniquement lorsque cela est nécessaire et de diminuer les temps de maintenance.

3.1.1. Enjeux pour le métier

- **Réduire les coûts.** Pour cela, plusieurs leviers existent : en n'intervenant que lorsque cela est nécessaire, en évitant les opérations inutiles et en rendant les opérateurs plus efficaces lors de la maintenance elle-même. D'autres pistes peuvent être également investiguées telles que la gestion optimisée des stocks ou la gestion des obsolescences. La digitalisation des outils de production et des équipements de surveillance, avec notamment l'implantation de capteurs, permet une mise sous contrôle optimisée dans l'optique de réduire les coûts.
- **Accroître la maintenabilité.** Il s'agit ici de faire en sorte que la maintenance du moyen soit toujours possible et surtout optimisée. Pour cela, la maintenance devra être prise en compte dès la conception des systèmes. L'obsolescence des pièces ou leur usure pourront être contrôlées via des capteurs ou des contrôles non destructifs. Le développement de la maintenance prédictive par la captation de données en continue des systèmes à maintenance puis l'analyse de celles-ci par des algorithmes d'intelligence artificielle permet la mise en œuvre d'une maintenance prédictive et conditionnelle particulièrement fiable. Ainsi, le responsable maintenance devra intégrer les technologies du Big Data, du Data Scientist, ainsi que l'intelligence artificielle.

- **Accroître la disponibilité des équipements.** Là encore plusieurs leviers possibles puisqu'il s'agit de veiller à remettre en fonctionnement le plus vite possible l'équipement lors d'une défaillance ainsi que de réduire le taux de pannes.
- **Prévenir les risques professionnels et réduire la pénibilité.** L'utilisation de la réalité virtuelle, des salles d'immersion permettent de prendre en compte les enjeux ergonomiques de la conception. L'utilisation de moyens comme les exosquelettes permettront aussi une réduction de la pénibilité lors des actions de maintenance.

3.1.2. Objectifs pour le métier

Concernant la maintenance, l'impact de l'industrie du futur a plusieurs dimensions :

- mettre en place la maintenance prédictive et conditionnelle ;
- mieux préparer et anticiper les actions de maintenance ;
- prolonger la vie des équipements ;
- assister les opérations de maintenance :
 - mieux former les agents,
 - faciliter les missions des agents de maintenance.

Comme le montre le modèle suivant, les briques technologiques de l'usine du futur apportent des réponses concrètes à ces enjeux et ces objectifs.

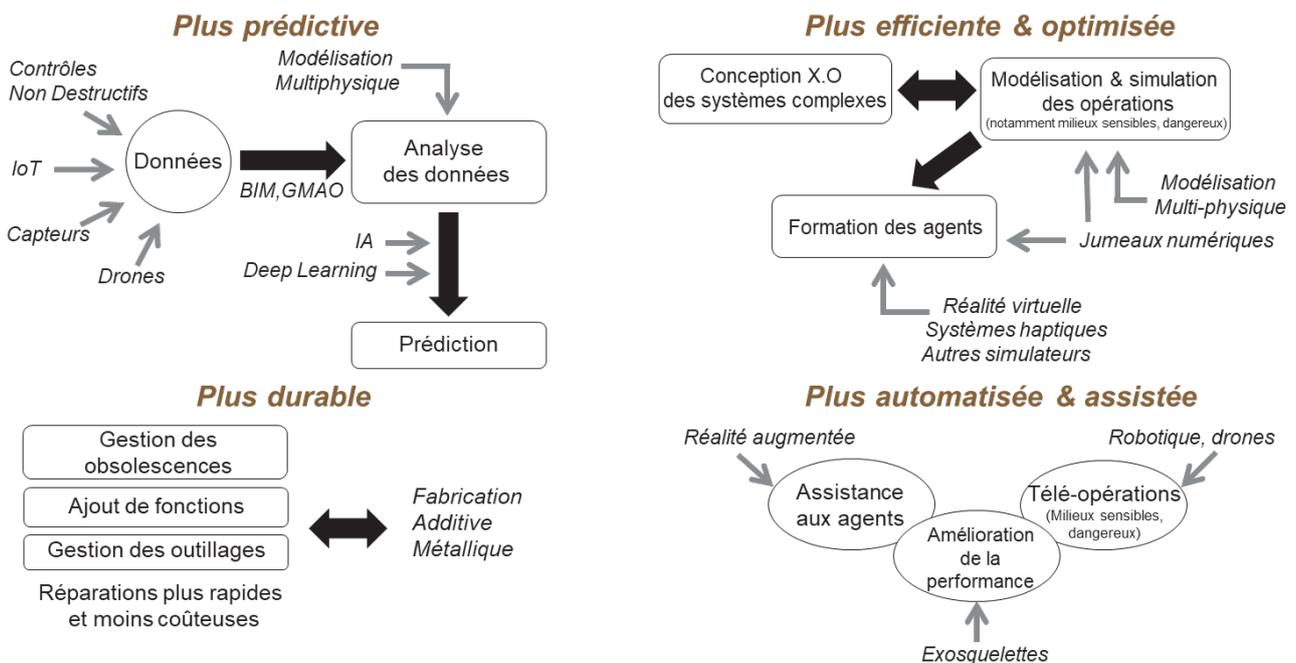


Figure 29- Evolution des métiers de la maintenance

3.1.3. Exemple d'application

Prenons un exemple concret pour illustrer l'impact des technologies sur l'évolution du métier.

Maintenance en milieu sensible et/ou dangereux

On considère comme milieux sensibles ceux pour lesquels les opérateurs doivent réaliser leurs missions dans des conditions difficiles entraînant notamment une pénibilité et/ou des risques pour leur santé ou leur vie. Ce sont par exemple les milieux hyperbares (sous-marins, tunnels, caissons), les environnements hautement inflammables ou explosifs (ATEX), soumis aux rayonnements ionisants (nucléaires, médical...) ou encore exposants à des risques CMR (cancérogène, mutagène et reprotoxiques).

Il est évident que les opérations de maintenance y sont toujours très délicates à opérer tant en phase de préparation que d'exécution. Ainsi, les outils technologiques peuvent être utilisés à de multiples niveaux et moments du processus :

- formation des opérateurs via la réalité virtuelle afin de réduire les risques lors de l'action elle-même tout en optimisant les gestes ;
- préparation de l'opération de maintenance via des simulateurs ;
- assistance méthodologique ou physique de l'opérateur sur le site ;
- téléopération. Il est à noter le développement possible de l'analyse et de la prise de décisions à distance. Un centre de contrôle permet d'assurer, en optimisant, la maintenance à distance de nombreux équipements.

3.2. La conception de systèmes complexes

La globalisation de l'économie et le développement de l'hyperconcurrence au niveau mondial depuis déjà de nombreuses années, le contexte d'évolution climatique, impose aux entreprises d'optimiser leur fonctionnement. Elles doivent donc trouver de nouveaux gisements de productivité afin de maintenir leur compétitivité.

Le métier abordé ici concerne la conception de systèmes complexes industriels et non la conception de produits manufacturiers dits simples à proprement parlé. On parle donc ici des industries automobile, nucléaire, aéronautique, navale...

Ce gisement de production est essentiellement amené par l'utilisation de jumeaux numériques, c'est-à-dire la reproduction numérique d'un système physique. Tels qu'ils ont été définis plus haut, les jumeaux numériques sont des outils informatiques complexes utilisables tant dans les phases de conception que de production et d'exploitation. Dans ce dernier cas, ils peuvent pleinement remplacer les outils habituels de GMAO en augmentant sensiblement la performance de cette dernière par l'adjonction de l'intelligence artificielle.

3.2.1. Enjeux pour le métier

- **Optimiser les coûts de développement** : en réalité cet enjeu est assez évident au regard d'une concurrence de plus en plus mondialisée et d'attentes de plus en plus pressantes des marchés. La réactivité est capitale ; les temps de développement de nouveaux produits ou de nouveaux équipements deviennent alors des enjeux primordiaux. Les 2 points suivants y contribuent fortement. Mais d'une manière générale, l'optimisation va concerner l'ensemble du processus de conception, tant sur le management des équipes projets que des outils mis à leur disposition.
- **Diminuer les temps de conception** : il s'agit ici du premier levier impactant directement le coût de développement. Cela répond également aux attentes du marché. Par exemple, les constructeurs automobiles ont divisé par 2 voire par 3 le temps de développement de leurs voitures de manière à proposer davantage de nouveautés et d'innovations à leur clientèle de plus en plus volatile, tout en gardant une maîtrise des prix proposés. De même, dans de nombreux secteurs, une demande forte de personnalisation est souhaitée. Toutefois, les clients ne peuvent accepter de prolonger leur attente. Parmi les nombreux exemples, on peut noter l'utilisation de maquettes numériques pour les multiples crash tests de l'industrie automobile.
- **Réduire voire supprimer les erreurs de conception** : principal atout du jumeau numérique, celui-ci permet par exemple de modéliser puis tester et simuler les comportements. Ainsi, tout comme l'usage du BIM en BTP, la maquette numérique permet d'anticiper et de trouver des solutions techniques à des erreurs de conception qui n'auraient parfois pu être identifiées qu'au moment de la fabrication.
- **Proposer des solutions innovantes pour le client** : comment remporter des marchés hyperconcurrentiels ? Une des possibilités est de se distinguer par une démarcation forte de son positionnement stratégique. Ainsi, la conception de systèmes ou produits complexes nécessite de modifier en profondeur l'approche de conception grâce à l'innovation, aux nouveaux procédés de fabrication (additive notamment), au management de projet, aux outils numériques.
- **Répondre aux exigences d'ergonomie et de durabilité** : pour illustrer cet aspect nous prendront l'exemple de la conception de lignes de production industrielle. Celles-ci doivent répondre à des contraintes en conception par l'intégration de la dimension HSE. Ainsi, le concepteur doit prendre en compte l'ergonomie du poste de travail et l'adaptation de ce dernier. Enfin, l'usage de cobots amène d'autres considérations (éléments communicants, espace disponible...)

3.2.2. Objectifs pour le métier

Des technologies de l'industrie du futur vont révolutionner la conception des systèmes complexes. Pour cela, les objectifs à prendre en compte sont :

- simuler au maximum avant la réalisation des systèmes ;
- favoriser l'innovation et les méthodes agiles ;
- accroître la fiabilité ;
- améliorer le suivi opérationnel et financier des projets.

Le graphe suivant montre l'articulation des briques technologiques avec l'évolution du processus de conception.

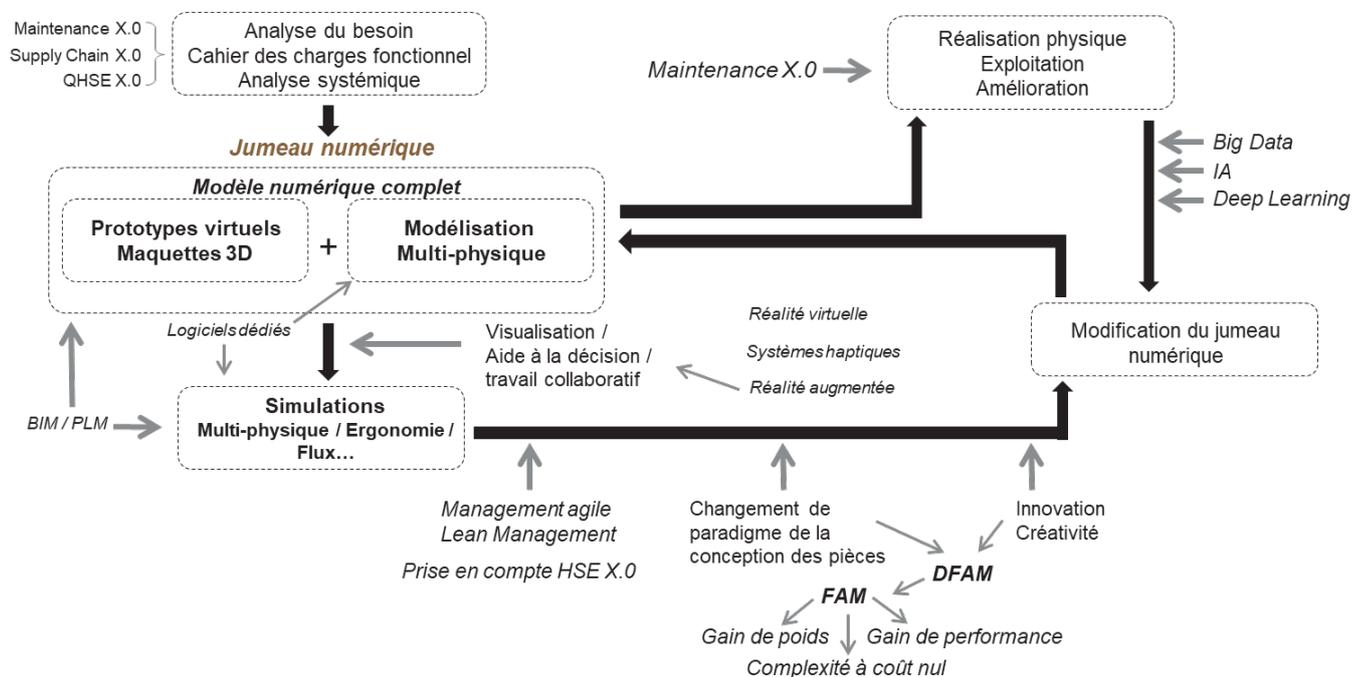


Figure 30- Evolution des métiers liés à la conception de systèmes complexes

Afin d'illustrer concrètement l'utilisation des moyens numériques pour la conception, le lecteur pourra s'intéresser à des cas concrets et vécus en entreprise telles que Alstom Transport dans le cadre de la conception de trains ou de Safran pour la conception de moteurs d'avion.

A une échelle ultime, ce processus est d'ores et déjà celui de l'industrie lourde pour la conception de navires de grand tonnage, civils ou militaires, de centrales de production électrique notamment nucléaire.

Un autre aspect intéressant de l'usage de ces outils numériques dans le cadre de la conception de systèmes complexes, concerne finalement la formation de l'utilisateur final. En effet, le jumeau numérique pourra être exploité en tant que contenu pédagogique pour former les individus : pilotes de ligne, opérateurs, techniciens, agents de maintenance... Cela à coût moindre tout en offrant la possibilité de proposer des scénarios impossibles à réaliser dans la réalité.

Evidemment, pour l'ingénieur, un apprentissage à l'utilisation et/ou au développement de jumeaux numériques devient nécessaire. Ses interlocuteurs changent également. Il devra ou doit déjà être familiarisé à l'intelligence artificielle, ou outils de réalité virtuelle et/ou augmentée...

3.3. La PLM (Project Lifecycle Management)

Le développement des outils numériques permet de décloisonner les fonctions principales de l'entreprise et notamment celle de la conception du produit. La PLM est un ensemble d'outils et de méthodes permettant de prendre en compte l'intégralité du cycle de vie d'un produit.

Les différentes étapes sont les suivantes : conception des cahiers des charges du produit et des services associés, les modes de production, les modes de distribution et de vente, les évolutions éventuelles du produit tout au long de sa vie, le recyclage du produit et son éventuel remplacement.

La transition numérique, avec notamment le développement de progiciels transverses, intégrant chacune des étapes du cycle de vie, permet une optimisation de l'ensemble de ces processus. On peut noter par exemple l'emploi quasi systématique de logiciel de CAO, le déploiement des outils de simulation numérique, l'apparition d'outils liés au « knowledge management ».

Le PLM devient de plus en plus présent dans les entreprises industrielles et demandent des compétences spécifiques. Comme le note l'APEC dans son étude « Tendances Métiers dans l'industrie », le PLM « ne bouleverse pas les métiers existants mais il entraîne des modifications sensibles dans les organisations de travail ».

3.4. Qualité, hygiène, sécurité, environnement

C'est une réalité, la prise en compte du QHSE est une priorité pour l'industrie : ergonomie, adaptation du poste de travail, suppression de la pénibilité, développement durable, satisfaction des parties prenantes. Sur l'aspect hygiène et sécurité, tout particulièrement et en seulement quelques années, la responsabilité pénale du manager ou directeur d'usine est passée de la faute de gestion à l'atteinte morale et/ou physique des personnes. Là encore, certaines technologies liées à l'industrie du futur vont faire fortement évoluer ces métiers.

3.4.1. Enjeux pour le métier

- **Accroître la satisfaction globale des parties prenantes**, au plus près de leurs attentes et besoins, par des systèmes de productions plus fiables, avec des solutions parfaitement cohérentes, par l'amélioration des conditions de travail.
- **Proposer des solutions innovantes pour le client** : permettre de répondre au mieux aux attentes parfois non encore exprimées de ses clients constitue un rêve pour toute l'industrie manufacturière. Or ce rêve n'est plus très loin. En effet la collecte massive de données sur les comportements d'utilisateurs et l'intelligence artificielle permettront de réaliser des systèmes d'aide à la décision particulièrement performants, notamment en prenant en compte tous les aspects QHSE.
- **Réduire voire supprimer les non-conformités** : cœur de l'efficacité en production, les capteurs d'une part et les moyens de contrôle non-destructifs permettent d'améliorer la performance globale par un contrôle en temps réel. Cet enjeu est ainsi au centre de l'amélioration de la performance.

3.5. La supply chain

Selon la définition retenue sur www.glossaire-international.com, on appelle Supply chain management (SCM) ou en français Gestion de la chaîne logistique (GCL) la gestion de l'ensemble des opérations liées à la supply chain, c'est-à-dire l'ensemble de la gestion des flux circulant dans l'entreprise et avec son environnement (approvisionnement, livraison, stockage, informations, transactions financières...).

Autrement dit, la supply chain gère la totalité des ressources, moyens, méthodes, outils et techniques destinés à piloter le plus efficacement possible la chaîne globale d'approvisionnement et de livraison d'un produit ou service jusqu'au consommateur final.

3.5.1. Enjeux pour le métier

Nous l'avons vu, le concept d'usine du futur est une démarche à part entière qui vise à améliorer l'efficacité globale sur l'ensemble de la chaîne de valeur et générer une meilleure productivité. Ainsi, la logistique s'en retrouve également modifiée avec pour finalité de tendre vers une production au plus près de la demande des clients tout en optimisant les flux et en minimisant au strict nécessaire les stocks disponibles. Cela sous-entend notamment d'être en capacité de prévoir les besoins de production à venir et d'y répondre précisément. Les principaux enjeux de la supply chain amenés par l'évolution de l'industrie sont :

- **Accroissement de la performance globale** : c'est-à-dire la capacité de livrer au client le bon produit, personnalisé, dans la qualité attendue, dans le délai le plus court possible, quel que soit l'endroit voulu. Dans une perspective de plus long terme, bien que long n'ait que peu de signification, la supply chain sera en capacité de se dispenser des intermédiaires et assurera elle-même le transport au client final.
- **Une supply chain plus souple, plus fonctionnelle et plus prédictible** grâce à une amélioration globale voire automatique de la prise de décision. En cela, l'intelligence artificielle impactera durablement l'ensemble des fonctions de la supply chain.
- **Optimisation de la traçabilité des produits** : il s'agit désormais d'une exigence forte des clients, qui souhaitent avoir l'assurance du respect des pratiques éthiques, de la provenance exacte des matières et du devenir des produits. Une vue précise et détaillée sur l'ensemble du cycle de vie du produit, managé par le PLM, permet désormais d'anticiper une traçabilité maximale de tous les composants d'un produit.
- **Optimisation des coûts** : comme l'ensemble de la chaîne de valeur de l'entreprise, la supply chain n'échappe pas à la nécessité de réduire ses coûts afin de préserver les marges.

3.5.2. Objectifs pour le métier

Placés au cœur des processus industriels, les métiers logistiques sont les premiers impactés par l'industrie du futur. Comme objectifs pour ces métiers, on peut souligner :

- soutenir une production flexible, souple et personnalisée ;
- optimiser les flux et les approvisionnements ;
- connaître en temps réel les stocks et flux ;
- automatiser la prise de décision.

Le modèle ci-dessous présente les apports des briques technologiques, leurs interactions et intérêt pour le métier. D'une manière générale, il s'agit pour la supply chain d'intégrer le plus d'automatisation possible afin d'apporter le maximum de service et de valeur ajoutée pour le client.

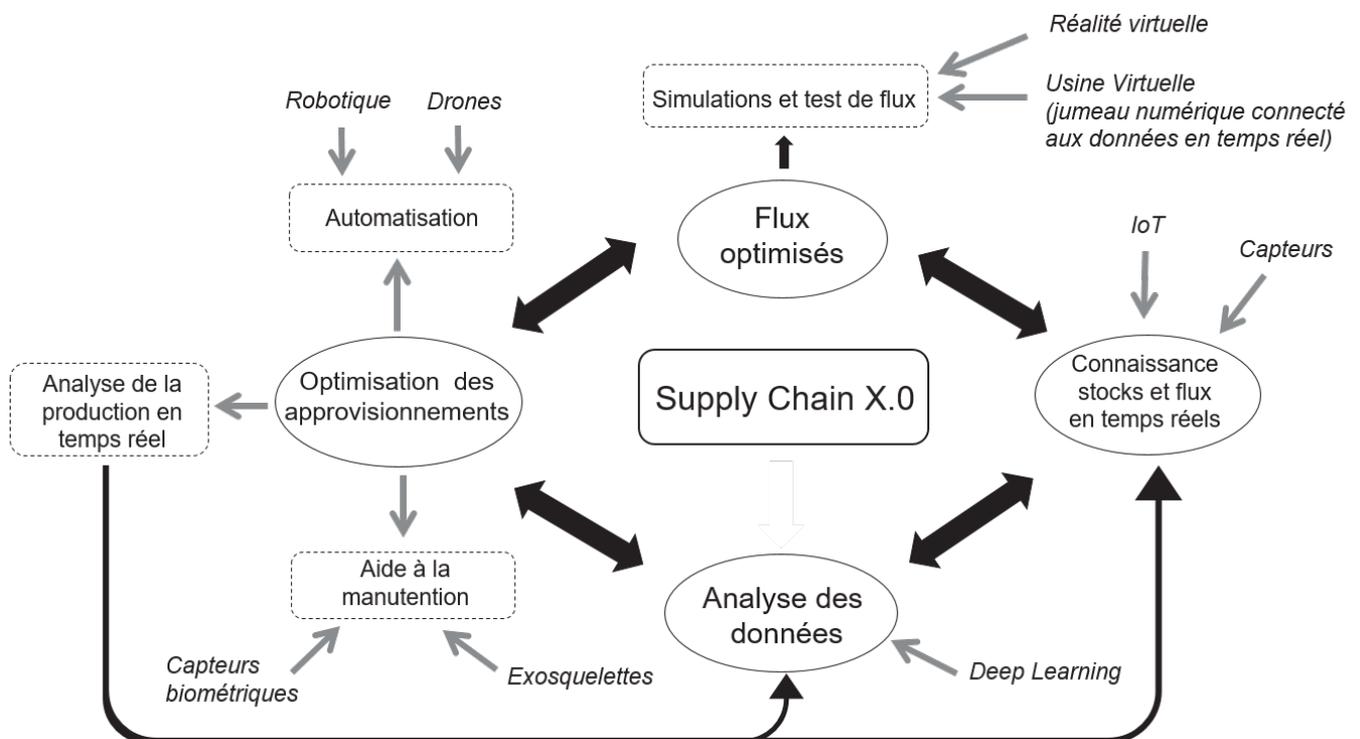


Figure 32- Evolution de la Supply Chain

3.6. Le bâtiment et les travaux publics

Bien que ce livre blanc soit dédié aux concepts d'usine du futur, il apparaît important de s'intéresser également à l'impact de l'usage des nouvelles briques technologiques pour le secteur du BTP. En effet, il y a de fortes similitudes et usages partagés pour l'ensemble des briques technologiques présentées au paragraphe précédent.

3.6.1. Enjeux de la filière [Etude AIF – Juin 2017]

Les enjeux présentés ici sont directement issus du document produit par les experts de l'AIF, Alliance pour l'Industrie du Futur, daté de juin 2017.

- **Développer des produits et services innovants et technologiques :**
 - développement de matériaux innovants (capteurs pour l'optimisation ou l'accélération des chantiers) ;
 - proposition de nouveaux services aux clients et usagers (objets connectés, performance énergétique) ;
 - accélération de la mise sur le marché des innovations (nouvelles méthodes de conception, prototypage).

- **Atteindre l'excellence opérationnelle dans la réalisation des projets :**
 - sécurisation de la conception et des études (conception partagée et collaborative, outils d'aide à la décision) ;
 - efficacité de la chaîne d'approvisionnement (préfabrication de composants, capteurs, supply chain 4.0) ;
 - réduction des temps d'inutilisation des équipements (outils analytiques, capteurs) ;
 - amélioration du suivi opérationnel et financier des projets (plateforme de gestion de projet (BIM) relevés de chantiers (drones), outils d'analyse) ;
 - prévention des risques d'accidents (cobotique, EPI connectés, surveillance des chantiers, exosquelettes) ;
 - transformation agile du business model (open innovation, entrepreneuriat, outils d'analyse).

- **Communication et collaboration au sein de l'écosystème :**
 - fluidification de la collaboration entre les acteurs du chantier ;
 - enrichissement et transmission des données entre chaque phase ;
 - attraction et rétention des meilleurs talents.

3.6.2. Le BIM

La principale évolution pour le domaine du BTP concerne l'adoption du BIM, Building Information Modelling. Celui-ci impacte l'ensemble de cycle de vie du secteur, depuis la conception jusqu'à l'exploitation, ainsi que de nombreux métiers utilisateurs.

Pour rappel, le BIM consiste à réaliser un double numérique complet d'un bâtiment (voire d'un quartier) en y intégrant les données réelles associées (types de matériaux, aspects géométriques...).

Dans le cas d'un usage optimum les gains sont assez nombreux :

- identification d'erreurs de conception, puis résolution de problème ;
- aide à la décision en revue de projet, notamment grâce à la modélisation multi-physique ;
- maîtrise des budgets grâce à une meilleure anticipation puis maîtrise des coûts ;
- amélioration globale du suivi de chantier.

Toutefois le BIM peut sembler contraignant pour les entreprises en ce sens qu'elles doivent collaborer à tous les stades en utilisant un outil unique et en harmonisant pratiques et systèmes informatiques. Ainsi, réaliser un programme immobilier en utilisant le BIM modifie en profondeur les pratiques des entreprises ainsi que leurs systèmes d'informations, avec l'obligation d'utiliser les mêmes solutions logicielles. Le BIM n'est donc en rien anodin tout en étant tout à fait indispensable. C'est pourquoi ce changement d'ampleur doit être accompagné, en particulier en formant massivement les professionnels à son utilisation sans le restreindre à un simple usage logiciel.

A noter enfin que l'exploitation du BIM est étroitement liée à la réalité virtuelle (revue de projet, aide à la décision en phase projet) ainsi qu'à la réalité augmentée (phases de réalisation en suivi de chantier, facility management).



Figure 33- Salle BIM CESI Nanterre