

3.6.3. Smart building

L'autre grande révolution pour le domaine du BTP consiste en l'utilisation massive de capteurs et d'objets connectés afin de collecter un nombre croissant de données sur les bâtiments tant en phase de construction que d'exploitation. Le bâtiment connecté devient SMART, l'analyse des données collectées par des intelligences artificielles permet de connaître à tout moment l'état de la consommation énergétique, d'une part, ainsi que l'état de santé du bâtiment, d'autre part. S'ouvrent alors la voie de l'optimisation de la performance énergétique par un pilotage intelligent du bâtiment ainsi que de la maintenance prédictive de ce dernier.



Figure 34- Bâtiment intelligent CESI Nanterre

3.6.4. Evolutions des métiers

Associés à la maquette BIM du bâtiment, tous ces éléments permettent de converger vers un jumeau numérique complet de la structure exploitable pour une optimisation permanente du bâtiment.

Bien que le secteur ne développe pas en tant que tel les technologies associées à la data et à l'intelligence artificielle, il est nécessaire pour les professionnels du BTP de connaître et de maîtriser le potentiel de ces dernières afin de les intégrer et les utiliser au mieux.

Enfin, d'autres évolutions touchent aux processus de construction avec de nouveaux matériaux notamment d'origine écologique ou de nouveaux moyens de fabrication tels que les imprimantes 3D béton. Ces procédés sont intéressants à de multiples égards : rapidité, personnalisation, automatisation... Ils sont au cœur des préoccupations des professionnels du secteur pour apporter des solutions nouvelles flexibles et innovantes à leurs clients et permettent également l'ouverture d'un nouveau marché avec de nouveaux clients comme par exemple la NASA.

Tous ces éléments, qui engendrent une modification très forte des métiers du bâtiment, sont présentés en synthèse dans le graphique suivant.

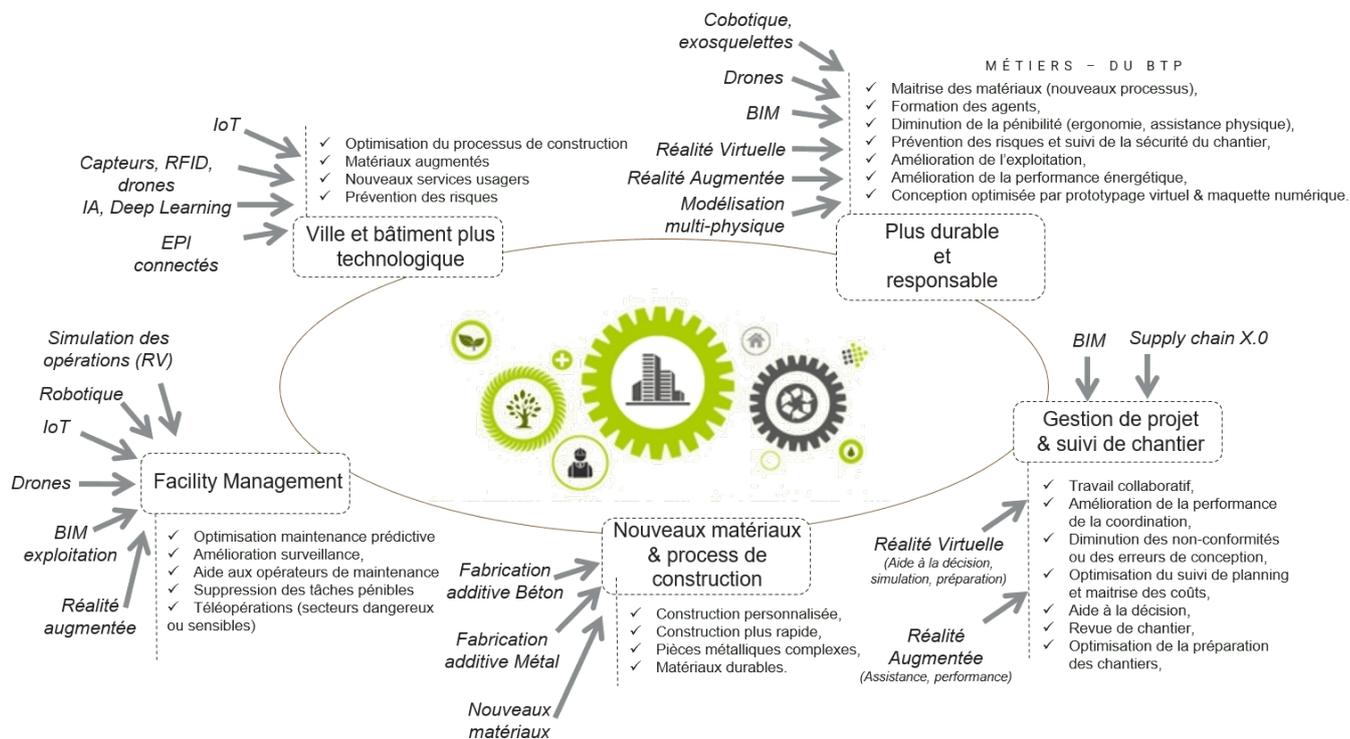


Figure 35- Evolution du domaine BTP

Le diagramme pourrait être décliné de la même manière que les métiers industriels. Le tableau suivant présente quelques usages des briques technologiques sur les métiers du Facility Management et du suivi de chantier.

Brique technologique	Technologie	BTP - Suivi de chantier (et Maintenance travaux neufs)	BTP - Facility Management
Procédés	Fabrication additive	Réalisation d'outillages spécifiques Réalisation de pièces de métallerie (gardes corps, ferronnerie) Réalisation de construction en FA béton	Gestion de l'obsolescence (outillages, pièces métalliques)
	Contrôle non destructif	Contrôle de la performance énergétique	Suivi de la performance énergétique (mesures d'étanchéité, de thermographie)
Modélisation et simulation	Réalité virtuelle	Revue de projet Aide à la décision Préparation chantier (BIM) Exploitation maquette BIM Etude de la pénibilité / ergonomie	Préparation des opérations de maintenance Formation
	Réalité augmentée	Assistance aux compagnons Contrôle de conformité des opérations	Assistance aux opérations de maintenance Visualisation des réseaux fluides
	Jumeau numérique	Préparation de chantier (BIM) Performance du suivi financier (BIM)	GMAO augmentée (BIM connecté aux capteurs et IoT) Mise en œuvre de la maintenance prédictive
	Modélisation multi-physique	Modélisations diverses du comportement des structures (plutôt en phase étude et conception)	Modélisation d'opérations complexes
Numérique	Big Data	Mesures diverses issues de capteurs	Données pour la maintenance prédictive des installations
	Internet des objets	Mesures diverses en cours de chantier (suivi séchage béton, état des matériaux) Mesures diverses en phase exploitation (pathologies)	Mesures diverses en phase exploitation (pathologies / structure...)
	Machine & Deep Learning		Analyse de données pour réaliser des prédictions de maintenance
	Cybersécurité	Protection des données lors de l'utilisation multi corps de métiers de la maquette BIM	Protection des données (bâtiments et individus)
Cybersystèmes	Robotique	Automatisation de tâches (robots constructifs positionnement automatique de parpaings / FA béton)	Téléopérations (milieux difficiles d'accès ou dangereux) Inspections
	Exosquelette	Aide à la manutention Accroissement de la performance des compagnons	Aide à la manutention Accroissement de la performance
	Cobotique	Assistance des compagnons	Assistance des compagnons
	Drones	Topographie des terrains Surveillance chantiers Suivi automatisés Convoyage	Surveillance des pathologies du bâtiment Inspection de maintenance Convoyage

3.7. Les métiers du numérique et de l'informatique

Les briques technologiques de l'usine du futur, ainsi que de la ville intelligente et durable, impactent, nous l'avons vu, un grand nombre de métiers d'ingénieurs de l'industrie et du BTP. Mais pour ces derniers, intégrer dans leurs pratiques l'usage de la réalité virtuelle et augmentée, des jumeaux numériques, des objets connectés ou encore de l'intelligence artificielle, ne signifie pas pour autant d'en maîtriser les aspects purement informatiques.

Ainsi, les ingénieurs et techniciens de ces domaines, devront plus que jamais travailler en étroite collaboration avec les ingénieurs informatiques tout en ayant les bases pour mettre en œuvre ce dialogue.

Plus précisément, les informaticiens de demain (voire d'aujourd'hui) devront s'approprier ces nouvelles briques technologiques, sachant que le Big Data, le SaaS ou le cloud computing sont en quelque sorte déjà derrière nous ou en tout cas d'ores-et-déjà bien intégrés dans les formations. De nouveaux métiers apparaissent ainsi pour répondre à ces besoins émergents :

Le data scientist

Spécialiste de l'analyse des données massives. L'objectif de cet expert, est de permettre d'extraire des informations utiles de l'immense masse de données collectées sur le Web ou via les capteurs et objets connectés. Il s'agit de construire des indicateurs fiables et intelligibles pour l'utilisateur final et de permettre la prise de décision.

L'expert en intelligence artificielle

Il s'agit ici d'un enjeu majeur pour les années à venir. En effet, analyser l'information et aider à la prise de décision est important, mais permettre la prise de décision en autonomie des systèmes informatiques l'est encore plus. On parle donc ici de concepts tels que le machine learning, le Deep Learning, le Deep Reinforcement Learning. Evidemment, cela évoque autant d'espoirs (assistance à l'humain, véhicules autonomes, optimisation des performances énergétiques) que d'inquiétudes légitimes (perte de contrôle laissé aux machines, rôle de l'humain, éthique...).

L'expert en cybersécurité

Ce point revêt trois aspects : la sécurité des systèmes collectant les données, la sécurité des données informatiques en elles-mêmes et la sécurité des programmes d'intelligence exploitant ces données. Dans tous les cas, l'expert en cybersécurité contribue à la protection globale de cette chaîne de valeur en assurant la sécurité à chacun de ces différents niveaux. Il identifie les failles probables et met en place les mesures de protection adaptées. Il est certain que l'ampleur des attaques sera de plus en plus forte au regard de la valeur grandissante de la donnée. Le déploiement massif des cybersystèmes et des machines autonomes contribuera également au succès de ce métier.

Le développeur/animateur en réalité virtuelle / réalité augmentée

Celui-ci est à la confluence de l'innovation, du jeu vidéo, de l'infographie et du développement logiciel. Il permet aux ingénieurs de pouvoir utiliser les jumeaux numériques des systèmes industriels et de les manipuler ou encore d'exploiter les lunettes et tablettes de réalité augmentée. De même il travaille avec les formateurs pour le développement de scénarios de formation en réalité virtuelle.

L'informatique quantique

L'informatique quantique repose sur la physique du même nom en exploitant les phénomènes d'intrication quantique et de superposition. Nous ne détaillerons pas ici ces principes mais on pourra retenir que contrairement à l'informatique classique binaire (suite de 0 et de 1), l'informatique quantique exploite la superposition d'états à la fois 0 et à la fois 1, le q-bit. Cela permettra la réalisation d'ordinateurs surpuissants équivalents à plusieurs milliers voire millions de nos meilleurs ordinateurs fonctionnant en parallèle. Bien évidemment, les algorithmes associés sont radicalement différents et font l'objet depuis plus de 30 ans d'intenses travaux de recherche initiés en 1994 par Peter Shor. Il faut bien comprendre qu'il ne s'agit pas d'un fantasme ou d'une fiction, IBM a annoncé le 10 novembre 2017 la réalisation d'un ordinateur quantique de 50 q-bit ; ce qui en fait déjà un ordinateur extrêmement puissant.

3.8. Synthèse des cas d'usages briques technologiques / métiers

Le tableau suivant présente l'utilisation des briques technologiques dans les principaux secteurs de l'industrie.

Brique technologique	Technologie	Qualité / Environnement	Hygiène / Sécurité	Maintenance	Conception de systèmes industriels (industrie lourde)	Conception produits	Production	Entrepreneuriat / Marketing	Supply Chain	BTP - Suivi de chantier (et Maintenance travaux neufs)	BTP - Facility Management
Procédés	Fabrication additive	Diminution des rebus de fabrication Gain de matière Personnalisation	Prise en compte des aspects ATEX et CMR Compréhension du procédé	Gestion de l'obsolescence Réparation rapide Création d'outilage Ajout de fonction Gain de performance (allègements, réduction assemblages...)	Gain de performance Allègement des pièces Ajout de complexité aux pièces	Réalisation de prototypes Gain de performance Allègement des pièces Ajout de fonction Complexité des pièces Gain de réactivité	Personnalisation Fabrication à la demande Réalisation d'outilage Réactivité	Réalisation de prototypes physiques Personnalisation Formes complexes	Gestion des obsolescences	Réalisation d'outillages spécifiques Réalisation de pièces de métallerie (gardes corps, ferronnerie) Réalisation de construction en FA béton	Gestion de l'obsolescence (outillages, pièces métalliques)
Modélisation et simulation	Contrôle non destructif	Monitoring en cours de production Suppression des non-conformités	Contrôle état de fonctionnement des systèmes (prédiction défaillances accidentogènes)	Etat d'usage Maintenance conditionnelle Contrôle permanent	Intégration des CND aux systèmes industriels		Amélioration de la fiabilité Mise en œuvre maintenance prédictive Détection des non conformités Contrôles métrologiques			Contrôle de la performance énergétique (mesures d'étanchéité, de thermographie)	Suivi de la performance énergétique (mesures d'étanchéité, de thermographie)
	Réalité virtuelle	Apprentissage et formation	Amélioration du poste de travail : - diminution de la pénibilité - amélioration ergonomie Prévention des risques	Formation des agents Conception d'une opération Préparation d'une opération Définition des gammes Simulation d'une opération en milieu sensible ou dangereux Amélioration de la maintenabilité	Gain de coûts de conception (moins de prototypes physiques) Diminution temps de conception Amélioration maintenabilité Amélioration ergonomie (postes opérateurs) Aide à la décision Intégration simulations multi-physiques Formation aux gestes et aux opérations	Créativité (changement des paradigmes de conception) Etude du design Etudes ergonomiques Expériences clients Etudes prospectives (immersion dans environnement futuriste)	Etude d'amélioration ergonomie Formation des opérateurs	Aide à la décision Présentation projets clients Modification projet Prototypage virtuel Amélioration produit Expériences clients Tests clients Etudes prospectives (immersion dans environnement futuriste)	Visualisation des simulations	Revue de projet Aide à la décision Préparation chantier (BIM) Exploitation maquette BIM Etude de la plénibilité / ergonomie	Préparation des opérations de maintenance Formation
Réalité augmentée	Assistance aux agents/opérateurs : - diminution des erreurs - amélioration performance globale		Assistance aux agents : - diminution du stress - diminution taux d'accidents (prévention des risques)	Assistance aux agents (téléopération, gammes) Amélioration perception (vision infrarouge)	Conception collaborative Amélioration de systèmes existants Aide à la décision	Conception collaborative Créativité Amélioration de systèmes existants Aide à la décision	Assistance aux opérateurs Humain augmenté (vision améliorée, vision infrarouge...)	Conseils personnalisés Aide à la projection client Aide à la décision (choix de formes, design couleurs)	Assistance aux opérateurs	Assistance aux compagnons Contrôle de conformité des opérations	Assistance aux opérations de maintenance Visualisation des réseaux fluides
Jumeau numérique			GMAO augmentée (jumeau connecté au système réel) Etude de la criticité	Simulation globale du système complexe Aide à la conception multi-métiers	Simulation en temps réel de la ligne Supervision Simulation production	Visualisation en temps réel de la ligne Supervision Simulation production		Préparation de chantier (BIM)	Simulation des flux logistiques	Préparation de chantier (BIM)	GMAO augmentée (BIM connecté aux capteurs et IoT) Mise en œuvre de la maintenance prédictive
Modélisation multi-physique			Modélisation d'opérations complexes (en milieu sensible ou dangereux) Elaboration de prédictions	Intégration facteurs complexes Simulation multidomaines Prise en compte des interactions Résolutions de problèmes complexes Préalable à la conception du jumeau numérique	Intégration facteurs complexes Simulation multidomaines Prise en compte des interactions Résolutions de problèmes complexes Préalable à la conception du jumeau numérique	Intégration facteurs complexes Simulation multidomaines Prise en compte des interactions Résolutions de problèmes complexes Préalable à la conception du jumeau numérique		Modélisations diverses du comportement des structures (plutôt en phase étude et conception)	Préalable à la simulation des flux logistiques	Modélisations diverses du comportement des structures (plutôt en phase étude et conception)	Modélisation d'opérations complexes

Brique technologique	Technologie	Qualité / Environnement	Hygiène / Sécurité	Maintenance	Conception de systèmes industriels (industrie lourde)	Conception produits	Production	Entrepreneuriat / Marketing	Supply Chain	BTP - Suivi de chantier (et Maintenance travaux neufs)	BTP - Facility Management
Numérique	Big Data		Données physiques des personnes	Données pour la prédiction de maintenance Suivi des arrêts de fonctionnements	Données machines Exploitation retours d'expériences	Données clients Données produits	Traçabilité Etat de fonctionnement	Données clients Données produits Traçabilité de produits Données sur les contreparties	Etat des besoins en temps réel		Données pour la maintenance prédictive des installations
	Internet des objets		Etat de santé d'un collaborateur Suivi physique de la réalisation d'une tâche (pénibilité)	Captation de données	Mesures diverses sur systèmes industriels réels	Captation de données client Captation de données d'utilisation des produits connectés (pour analyse des usages)	Captation de données machines et opérateurs Données de défilement post-production	Captation de données client Captation de données d'utilisation des produits connectés (pour analyse des usages)		Mesures diverses en cours de chantier (suivi séchage béton, état des matériaux) Mesures diverses en phase exploitation (pathologies / structure...)	
	Machine & Deep Learning		Analyse de données collectées pour la modélisation	Analyse de données pour réaliser des prédictions de maintenance	Analyse de données pour amélioration continue des systèmes industriels	Analyse de données clients Prédiction comportements d'achat besoins	Analyse de données de défilement/prédiction des retours de produits en SAV	Analyse de données clients Prédiction comportements d'achat SAV Prédiction business models	Gestion intelligente des approvisionnements		Analyse de données pour réaliser des prédictions de maintenance
	Cybersécurité	Protection de données clients	Protection de données personnelles	Sûreté de fonctionnement	Protection de données confidentielles	Protection de données clients	Sûreté de fonctionnement	Protection de données clients	Sûreté de fonctionnement	Sûreté de fonctionnement	
Cybersystèmes	Robotique		Amélioration du poste de travail (ergonomie, pénibilité)	Téléopération en milieu sensible ou dangereux	Intégration robots à ux systèmes industriels	Automatisation de la production Suppression des tâches répétitives Diminution des tâches pénibles Augmentation des temps disponibles de production	Automatisation de tâches positionnement automatique de parpaings / FA béton	Automatisation des approvisionnements	Automatisation des approvisionnements	Téléopérations (milieux difficiles d'accès ou dangereux) inspections	
	Exosquelette		Amélioration du poste de travail (ergonomie, pénibilité)	Diminution pénibilité Aide à la manutention	Intégration aux systèmes industriels	Diminution pénibilité Aide à la manutention	Diminution pénibilité Aide à la manutention	Aide à la manutention	Aide à la manutention	Aide à la manutention Accroissement de la performance des compagnons	
	Cobotique		Amélioration du poste de travail (ergonomie, pénibilité)	Assistance aux agents	Intégration aux systèmes industriels	Assistance aux agents	Assistance aux agents				
	Drones		Surveillance (chantier)	Surveillance globale ou secteurs difficilement accessibles					Convoiage	Convoiage	Surveillance des terrains pathologiques du bâtiment Inspection de maintenance Convoiage