

La mutation des systèmes productifs

La transformation des modèles industriels sous l'influence du numérique

L'essor des technologies de l'information et de la communication (TIC) et le déploiement de réseaux d'accès à Internet à très haut débit (THD) sur les territoires sont autant de prérequis de la transformation numérique de l'économie. Cette mutation, qui affecte directement les activités manufacturières, se traduit par trois effets principaux :

- **l'automatisation/robotisation**, qui accroît la productivité des facteurs de production (travail, capital mais aussi énergie et matières premières) ;
- la **dématérialisation**, qui marque l'apparition de canaux de communication et de distribution virtuels permettant la baisse des coûts de transaction, mais également des coûts de production ;
- la **désintermédiation/ré-intermédiation**, qui renouvelle le rôle des producteurs, des consommateurs et des acteurs du numérique ainsi que les business models par l'utilisation des données.

Le territoire alsacien compte près de 170 offreurs de solutions technologiques, fédérés sous la bannière « SmartTech Solutions », susceptibles d'accompagner les entreprises manufacturières dans leur évolution. La CCI Alsace a réparti cette offre globale en sept axes :

- **Conception, modélisation produit et process**, qui regroupe les services et outils en ingénierie autour de la conception conjointe des produits et des process à l'aide de la modélisation et de la simulation ;
- **Pilotage, mesure et contrôle de la production**, qui concerne la centralisation des données et du pilotage de la production, la traçabilité des produits et l'optimisation de la gestion des flux logistiques ;
- **Outils de production et maintenance**, qui permet la production unitaire de série par la digitalisation et la reconfiguration des chaînes de production. L'analyse de données et le recours aux objets connectés permettent de communiquer avec les machines-outils et d'anticiper les pannes ;

- **Infrastructures numériques et données**, qui recouvre les technologies numériques telles que le cloud computing, le Big Data et l'Internet des objets ;
- **Organisation, management et formation**, qui servent l'autonomie et la collaboration d'équipes de travail agiles tout en veillant à la qualité de l'ambiance de travail et le développement des compétences ;
- **Optimisation des ressources**, pour une maîtrise et une valorisation de ces dernières, de l'achat à la fin de cycle de production en passant par les process ;
- **Intelligence économique et relation client**, qui consiste, outre l'optimisation du process de production, à rendre l'entreprise capable de proposer des services associés à leur(s) produit(s) et d'améliorer la relation client tout en anticipant la demande.

Les caractéristiques d'une industrie flexible, connectée, collaborative, et frugale

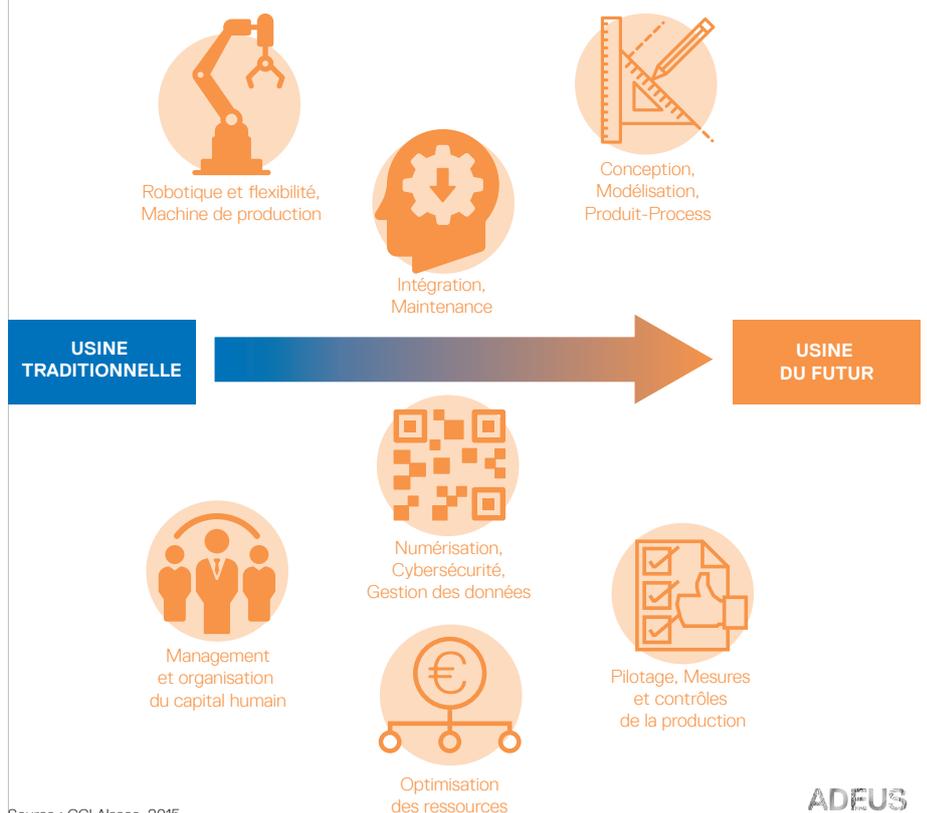
Le concept d'usine du futur désigne, au même titre que les terminologies d'« industrie 4.0 », d'« usine digitale » ou encore de « smart factory », l'évolution des systèmes productifs des entreprises industrielles. Il s'articule autour de quatre caractéristiques majeures : agilité, frugalité, connexion et collaboration.



L'usine du futur est **flexible** et suffisamment **agile** pour permettre une **production unitaire de série**. Elle est

capable de s'adapter aux demandes des clients pour leur proposer des produits sur mesure. Pour parvenir à

LES TECHNOLOGIES ET SERVICES DE L'USINE DU FUTUR



Source : CCI Alsace, 2015

cette « personnalisation de masse », les outils de production doivent être modulables et les flux optimisés. L'usine agile met en œuvre les principes Lean manufacturing, soit une production en juste-à-temps, sans rupture ni gaspillage, soutenue par une politique d'amélioration continue. Le fabricant de pièces plastiques Pöppelmann et l'entreprise de systèmes de déplacement et d'entraînement haguénovienne Schaeffler se sont ainsi attachés à déployer l'agilité de leur chaîne de production.



L'optimisation des flux passe notamment par l'**automatisation** et la **digitalisation** des process. Les technologies numériques telles que les logiciels

de simulation, les codes RFID, l'impression 3D ou encore le pilotage à distance occupent une place importante. L'opérateur intervient pour contrôler les tâches des robots. L'usine du futur est une usine connectée dans laquelle l'ensemble des maillons de la chaîne de création de valeur communique en continu et échange de l'information en interne comme à l'externe avec les fournisseurs et les clients. Cette circulation constante de l'information fait de la sécurisation des données et de la cybersécurité des enjeux majeurs pour le secteur industriel. Les capteurs permettent de suivre le produit après sa sortie de l'usine et d'assurer la maintenance prédictive. L'équipementier ferroviaire Alstom dispose par exemple d'une salle de contrôle lui permettant de localiser les trains vendus.



La **mise en réseau** décentralisée des hommes, des machines et des produits constitue une caractéristique essentielle de l'usine du futur. Ce fonctionnement

réticulaire, qui nécessite le recours aux TIC, différencie l'usine du futur d'une usine qui aurait uniquement procédé à l'automatisation complète de sa chaîne de production. L'usine du futur intègre la valeur ajoutée humaine dans la conception de son processus de fabrication, en l'augmentant par le recours à la robotique collaborative (ou cobotique) ainsi qu'à la réalité virtuelle et augmentée. Elle s'appuie enfin sur une organisation hiérarchique reconfigurée selon les projets et un management transversal soucieux de l'évolution des compétences. La conception des produits se fait directement avec les fournisseurs, les clients et les écoles. SEW Usocome a ainsi intégré ces méthodes de travail collaboratives avec l'instauration d'un management participatif au sein de ses ateliers.



Plus **respectueuse de l'environnement**, l'usine du futur veille à l'optimisation de ses ressources par une gestion économe des matières premières et des

énergies. Elle veille ainsi à la performance énergétique de ses bâtiments, soutient l'éco-conception et cherche à rationaliser ses achats. Intégrée dans

un écosystème local, elle se montre favorable aux démarches d'économie circulaire comme l'écologie industrielle territoriale. Pöppelmann utilise par exemple des matières premières issues du recyclage dans sa production et valorise ses propres déchets. L'entreprise agroalimentaire Soginal veille quant à elle à la maîtrise de ses consommations énergétiques par le biais d'un système de monitoring et s'est engagée à rendre ses sites de productions neutres en émissions de CO₂.

Les étapes de l'évolution vers l'usine du demain

Le passage de la première à la quatrième révolution industrielle se traduit par une complexification exponentielle de l'environnement de travail et des tâches réalisables au sein des usines. La « 4^{ème} révolution industrielle » est le résultat de l'accélération d'une mutation progressive engagée depuis une trentaine d'années grâce à l'introduction des TIC.

L'usine du futur entraîne les entreprises dans un process difficilement réversible. La transition numérique des entreprises est perçue comme une évolution naturelle des process de production lui permettant de gagner en efficacité. Il n'existe pas de scénario unique pour passer de l'usine dite traditionnelle à l'usine du futur. Ils dépendent de la stratégie que l'entreprise veut appliquer ainsi que de son niveau de maturité technologique. Il est possible de distinguer quatre niveaux d'intégration, partant de l'entreprise non consciente de l'évolution en cours aux entreprises dont la transition est déjà fortement avancée. Il s'agira alors de passer d'un niveau à l'autre, après avoir commencé par réaliser un diagnostic pour définir ses besoins réels. Les étapes de transformation dépendent de l'environnement, de la taille et de l'activité de l'entreprise. Une PME dans le bâtiment se tournera par exemple davantage vers de l'interfaçage numérique.

Les acteurs les plus avancés parlent déjà de l'industrie 5.0 dans laquelle tout individu serait en mesure de produire des objets à partir d'un ordinateur et de machines à commande numérique. Les entreprises manufacturières pourraient concevoir et vendre les fichiers informatiques permettant à leurs clients de fabriquer eux-mêmes la pièce demandée à l'aide d'une imprimante 3D. Cette évolution est déjà à l'œuvre avec la multiplication des FabLabs, ces ateliers de fabrication numériques équipés en machines-outils ouverts au grand public (AV-LAB à Strasbourg ou KMØ à Mulhouse), aux industriels (fablabs intra- ou interentreprises) et/ou aux étudiants (FabLab de l'INSA Strasbourg).

Les enjeux et opportunités de la transition numérique

La modernisation des outils de production

L'appareil productif français a souffert d'un retard d'investissement ayant pour conséquence l'obsolescence progressive du parc de machines. Le risque d'engendrer un déficit de compétitivité sur les marchés internationaux fait de la modernisation de ses outils de production une priorité pour le secteur industriel. Le Grand Est reste néanmoins au deuxième trimestre 2016 dans le Top 3 des investissements industriels par région après les Hauts-de-France et l'Occitanie. En Alsace, la transformation numérique s'explique par le caractère industriel du territoire et la proximité avec l'Allemagne. La modernisation des outils de production par le numérique et les objets connectés soulève néanmoins le besoin d'un cadre juridique adapté ainsi que la standardisation des protocoles et des interfaces.

Des machines et des hommes : les ressources humaines face aux ressources robotiques

La modernisation de l'appareil de production passe par des solutions technologiques, mais aussi par l'adaptation de l'organisation du travail et l'acquisition de nouvelles compétences techniques et managériales.

L'usine du futur s'appuie fortement sur la valeur ajoutée humaine. Les tâches pénibles et répétitives sont automatisées au profit de postes nécessitant davantage de polyvalence, d'agilité mentale et d'adaptabilité. Les nouveaux métiers portent sur le pilotage, la supervision des machines et l'analyse des données. Le poste d'opérateur évolue par exemple vers celui de conducteur de ligne de production. La suppression progressive des postes routiniers et la montée en puissance de la robotique et des données appellent à une prise en charge de la montée en compétences des salariés, ainsi qu'à l'adaptation des formations initiales.

La demande de flexibilité de la production et la collaboration en interne comme en externe conduit au renouvellement des pratiques managériales. Il importe en effet de commencer par optimiser son fonctionnement et ses process afin de déterminer dans un second temps des technologies répondant aux besoins de l'entreprise. Cela peut par exemple prendre la forme d'un fonctionnement en mode projet.

La reconfiguration des marchés et des modèles économiques

Le passage à l'industrie du futur ouvre de nouvelles opportunités de marché. Les pratiques émergentes telles que la collaboration, la gestion de l'énergie ou encore le pilotage numérique de la production génèrent de l'activité pour les offreurs de solutions. Mais il demande également de réfléchir à de nouveaux modèles d'affaires.

Le numérique permet à l'industrie de créer de la valeur par l'utilisation des données générées durant la fabrication ou l'utilisation du produit. Leur exploitation peut s'effectuer à plusieurs niveaux :

- par la connexion des machines et des produits, dans une visée d'amélioration de la qualité. Les machines pilotées par ordinateur génèrent des données qui peuvent être mises à profit pour améliorer les lignes de production. Elles rendent notamment possible l'évaluation de leur niveau d'usure ainsi que l'anticipation des dysfonctionnements. Par ailleurs, la pose de capteurs miniaturisés et l'intégration de fonctions numériques dans le produit permet de suivre son fonctionnement pour assurer les opérations de maintenance, mais aussi de connaître les conditions d'utilisation du produit et de l'améliorer en conséquence ;
- par la transformation du produit en plateforme de services, la vente du produit étant associée à la vente de services et de fonctions complémentaires tels que la mise à jour fonctionnelle ou la dispense de conseils. Le produit peut également être interfacé avec d'autres. C'est notamment le cas de produits connectés pouvant être pilotés à partir d'applications lancées d'un smartphone ;
- par la transformation de la donnée en source principale de revenus, par leur analyse, leur croisement, voire leur vente ;
- par la vente de l'usage du produit.

La transition 4.0 réinterroge ainsi la place de l'industrie sur la chaîne de création de valeur. Elle s'inscrit davantage dans l'économie de la fonctionnalité, dans laquelle la vente des services supplante la vente des produits eux-mêmes. L'enjeu consiste à anticiper les besoins des clients afin de leur proposer du sur-mesure.



SITE DE LA SALM À SÉLESTAT

Les politiques d'accompagnement

Les politiques d'accompagnement à travers le monde

De nombreux pays ont développé des initiatives visant à conforter la compétitivité de leur industrie par le recours aux technologies numériques. Les instances supranationales se sont également emparées de la question avec la stratégie de soutien à la numérisation de l'industrie de la Commission européenne et le plan d'action « New Industrial Revolution and Digital Economy » du G20. Ces politiques s'articulent autour de la même vision commune : développer l'offre technologique, moderniser l'appareil de production et adapter les compétences. Leur traduction reste néanmoins différente d'un pays à l'autre. Le Royaume-Uni met peu l'accent sur le volet ressources humaines tandis que le programme allemand, fortement centré sur le volet connecté, s'arrête davantage sur les conditions-cadres nécessaires à la digitalisation. Il souligne notamment l'importance de la mise en place de normes, protocoles et standards pour assurer la communication entre les machines.

L'Allemagne a été amenée à se tourner vers l'automatisation et la robotique en raison du coût

salarial de sa main d'œuvre et du vieillissement de sa population. Il lui importait, en tant qu'exportateur de machines-outils, de rester compétitive sur les marchés internationaux, mais aussi d'être en mesure de maintenir les salariés sur leur poste d'emploi. Deux ans après le lancement du projet Industrie 4.0, le gouvernement fédéral a créé en 2012 une plateforme conjointe de soutien à la transformation numérique de l'industrie dans le but de faire collaborer acteurs de l'économie, acteurs politiques, société civile et monde de la recherche. Le ministère fédéral de l'Economie et de l'Energie a ouvert des pôles de compétences PME 4.0 pour mettre à portée des PME et des artisans les connaissances nécessaires à leur mutation. L'un d'entre eux se trouve à Stuttgart, dirigé par l'Institut Fraunhofer IAO.

Le Bade-Wurtemberg a défini début 2015 le programme Allianz Industrie 4.0 suivant des objectifs similaires à ceux de la Plattform Industrie 4.0 : mettre en réseau les principaux acteurs du Land pour aider les PME à engager leur transformation numérique. Elle a lancé le concours « 100 Orte » pour identifier les exemples de bonnes pratiques sur son territoire. Une quinzaine de centres de formation 4.0 ont été développés dans le Land, dont l'un à Offenburg.

L'Industrie- und Handelskammer, qui anime le pôle de compétence Industrie 4.0 du Südlicher Oberrhein, accompagne par ailleurs les entreprises dans leur transition et leur mise en réseau par la mise en place de groupes de travail, la publication d'articles et l'organisation d'événements. Les industriels allemands restent néanmoins orientés sur le produit et le volet mécanique. Ils peinent à faire émerger les modèles d'affaires qui leur permettraient d'exploiter pleinement les apports du numérique. En raison de sa bonne situation économique, le pays compte peu de start-ups susceptibles de faire évoluer ces modèles. L'aménagement numérique du territoire constitue par ailleurs un enjeu de taille.

Le projet Industrie du Futur, pour une nouvelle France industrielle

Le projet Industrie du Futur est la poursuite de l'un des 34 plans de la Nouvelle France Industrielle lancés en 2013. Il s'articule autour de cinq piliers : le développement de l'offre technologique pour se positionner sur les marchés européens, l'accompagnement personnalisé des PME et des ETI par le biais de diagnostics proposés par les régions et d'un accompagnement financier, la formation des salariés pour leur montée en compétence et la mise en adéquation des diplômés avec les besoins de l'usine du futur, la promotion de cette dernière avec le lancement d'une quinzaine de « projets vitrines », le rassemblement des entreprises industrielles sous une bannière commune et le renforcement de la coopération européenne et internationale, en particulier avec l'Allemagne. Le projet Industrie du Futur vise le développement de solutions industrielles sur neufs marchés prioritaires : nouvelles ressources, ville durable, mobilité écologique, transports de demain, alimentation intelligente, économie des données, objets intelligents, confiance numérique et médecine du futur.

L'Alsace compte avec SEW Usocome l'une des « vitrines » de l'industrie du Futur. Le Cetim (Centre technique des industries mécaniques) a cartographié dans le Grand Est neuf exemples de sites industriels engagés dans l'industrie du futur dont peuvent s'inspirer les entreprises du même secteur. Deux sont implantés dans le Bas-Rhin : l'outilleur SECOME à Benfeld et le fabricant d'enceintes acoustiques d'Alsace Bossue SIMEA. Ces PME alsaciennes ont dû rester compétitives pour faire face aux changements technologiques, à la concurrence et aux menaces de délocalisations. Afin de mieux connaître les besoins de ses clients, SECOME a réorganisé ses processus internes en repositionnant les différents postes et en procédant à une veille des marchés qui la pousse à se rapprocher d'autres entreprises du secteur. SIMEA a misé sur l'investissement productif en s'équipant de machines à commande numérique de dernière

génération. Elle a ainsi vu son chiffre d'affaire progresser de 30 %, embauché une douzaine de salariés supplémentaires et ouvert une nouvelle usine pour répondre à la demande.

Les démarches engagées localement

Le Grand Est s'inscrit dans cette même dynamique. Une trentaine de PME industrielles alsaciennes ont déjà bénéficié du diagnostic personnalisé proposé par la Région pour cerner leurs besoins individuels et trouver la réponse adaptée, outil devant être déployé auprès de 150 entreprises à l'échelle du Grand Est. Les entreprises pourront se référer à une cartographie des offreurs de solution qui sera mise à leur disposition sur une plateforme publique. L'enjeu consiste à rapprocher les usines utilisant les technologies en développement (les pionnières et les entreprises souhaitant se lancer dans la démarche) des acteurs qui les conçoivent (les offreurs de solutions technologiques et les centres de recherche appliquée).

Pour permettre l'avènement de cet « Alsace Business Act », la CCI Alsace a recensé les entreprises ayant initié une démarche en direction de l'usine du futur, ainsi que des entreprises disposant d'une expertise susceptible de les appuyer dans cette démarche. 170 entreprises régionales ont ainsi été désignées comme « offreurs de solutions usine du futur ». 280 entreprises ont été identifiées en parallèle comme utilisatrices de ces services, dont une quinzaine de sites pilotes, leaders plus avancés dans leur transition tels qu'Alstom, Clemessy Motors ou SEW Usocome, susceptibles de constituer un groupe d'entreprises moteurs pour l'ensemble du tissu économique. La CCI a lancé un Serious Game pour aider les dirigeants de PME industrielles à se lancer dans la démarche. Il les aide à construire une vision de l'usine du futur adaptée à leur propre situation en sélectionnant les « briques technologiques » adéquates. Ils peuvent alors se tourner vers l'offre locale de la SmartTech Solutions.

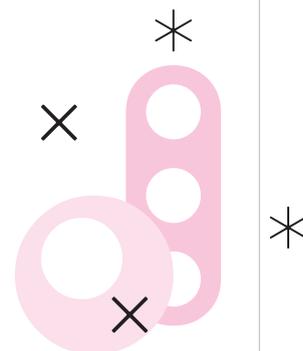
L'enseignement supérieur et la recherche se mobilisent en parallèle pour faciliter la transformation numérique de l'industrie. Le réseau des écoles d'ingénieurs et de management Alsace Tech s'attache à mettre en place un programme de formation continue et à connecter les plateformes technologiques de ses membres afin de permettre le transfert de technologies vers les entreprises. Les formations sont adaptées afin de répondre aux besoins en expertise de ces dernières. L'INSA Strasbourg propose à ses étudiants de réaliser leurs projets et leurs stages dans des entreprises pionnières en matière d'usine du futur telles que le groupe SALM. Sont enfin développés des outils



SITE DE SEW USOCOME À HAGUENAU

numériques de gestion des temps de travail dans un contexte de flexibilité accrue, comme le système de pilotage KapaflexCy de l'Institut Fraunhofer IAO.

Le pôle métropolitain Strasbourg-Mulhouse-Colmar a rejoint le réseau thématique « IoT Manufacturing » consacré à l'internet des objets, aux objets intelligents communicants, au hardware, à l'impression additive, aux robots et aux drones. Il comprend 16 territoires, dont l'autre écosystème numérique du Grand Est LORnTECH, regroupant Metz, Nancy, Thionville et Epinal. La French Tech Alsace vise ainsi la fertilisation croisée entre start-ups numériques et entreprises manufacturières. L'usine du futur relève également du programme de développement économique Strasbourg Eco 2030 de l'Eurométropole. Sa feuille de route stratégique affirme sa volonté de favoriser l'émergence des services à forte valeur ajoutée utiles à l'industrie nouvelle génération en s'appuyant sur la dynamique allemande de l'Industrie 4.0. Plus du tiers des sites leaders et près de 10 % des usines alsaciennes utilisatrices de solutions technologiques se situent dans l'Eurométropole.



Conclusion

L'évolution vers l'usine du futur n'est pas la seule conséquence de l'émergence des nouvelles technologies mais celle de nouvelles façons de diffuser de l'information, d'acheter et de consommer. Les produits proposés doivent répondre au plus près des besoins individuels, ce qui les pousse à davantage de flexibilité sur les chaînes de production et génère des relations plus étroites avec les autres acteurs de la chaîne de valeur, des fournisseurs aux clients. La mue numérique de l'industrie demande aux entreprises de repenser leur process interne et leur modèle économique. Outre la nécessaire modernisation et l'optimisation de l'appareil productif, l'évolution en direction du 4.0 marque la convergence entre industrie et services en permettant à l'industrie de s'insérer dans l'économie de la fonctionnalité. La vente de produits est associée à la vente de services, voire remplacée par la vente de la seule fonction d'usage du produit.

Mais cette transformation de l'industrie impacte également l'emploi et le territoire sur lequel elle se réalise. L'automatisation conduit à la suppression progressive des

postes routiniers tandis que de nouveaux métiers voient le jour. La robotisation croissante demande par ailleurs de repenser les interactions entre l'homme et la machine. L'inscription plus ou moins avancée des usines d'un territoire dans la démarche contribue enfin au dynamisme de l'ensemble de son tissu économique et permet d'envisager le rapprochement des sites industriels avec les zones d'habitation. La production de petites séries personnalisées par des usines ayant besoin d'infrastructures de haut niveau et de main-d'œuvre qualifiée pourrait également marquer un retour de l'industrie en ville.

La capacité d'un territoire industriel comme l'Alsace et le Grand Est à les accompagner et à proposer des services spécifiques répondant aux besoins de l'usine du futur sont autant d'éléments de compétitivité et d'attractivité susceptibles de dessiner le contour des futurs territoires productifs et résidentiels. Mais si les grands groupes s'y sont lancés, les PME se sentent moins concernées par la transition numérique et éprouvent des difficultés à estimer leurs

besoins. Il importe de leur faire prendre conscience des enjeux qu'elle représente.

Le concept d'usine du futur, désormais étendu à l'industrie, a vocation à s'ouvrir à l'ensemble des secteurs d'activité afin de faire advenir l'entreprise du futur. Il soulève néanmoins des questions territoriales importantes. Comment faire face au risque de défection d'un maillon de la chaîne dans une usine complètement intégrée à l'interne comme à l'externe ? Quelle résilience énergétique face à l'automatisation et à la dématérialisation ? Quelles logiques d'implantation pour l'industrie de demain et quelles conséquences en termes d'aménagement du territoire ? Autant de problématiques qu'il conviendra de résoudre dans les années à venir.

Sources

- Alliance Industrie du Futur, *Cartographie de 150 premiers exemples*, CETIM, 2016 <http://exemples-aif.industrie-dufutur.org>
- Philippe Lemoine, *La nouvelle grammaire du succès : la transformation numérique de l'économie française*. Rapport au gouvernement, novembre 2014
- Fédération des Industries Mécaniques, *Guide pratique de l'usine du futur : enjeux et panorama de solutions*. Usine du futur, octobre 2015
- Gimélec, *Industrie 4.0 : les leviers de la transformation*, Septembre 2014
- SYNTEC Numérique, *Transformer l'industrie par le numérique*. Livre blanc Industrie du futur, avril 2016
- CCI Alsace, *Usine du futur : les technologies pour accompagner la transformation industrielle*. Observatoire des offreurs de solutions, données 2015
- L'Usine Nouvelle, *Le baromètre de l'Usine Nouvelle des investissements industriels*, juillet 2016



L'Agence
de Développement
et d'Urbanisme
de l'Agglomération
Strasbourgeoise

Directrice de publication : **Anne Pons, Directrice générale**
Validation : **Yves Gendron, Directeur général adjoint**
Équipe projet : **Christel Estragnat (chef de projet), Aleksandar-Mihail Atanasov, Stéphanie Martin**
PTP 2016 - N° projet : **1.4.1.3**
Photos et mise en page : **Jean Isenmann**

© ADEUS - Numéro ISSN 2109-0149
Notes et actualités de l'urbanisme sont consultables sur le site de l'ADEUS www.adeus.org