GUIDE PRATIQUE DE L'USINE DU FUTUR

Enjeux et panorama de solutions

Usine du Futur

FIM

LA MÉCANIQUE EN FRANCE, BIEN PLUS QU'UNE INDUSTRIE

Alliance INDUSTRIE DU FUTUR

Édition Octobre 2015

GUIDE PRATIQUE DE L'USINE DU FUTUR

Enjeux et panorama de solutions

Édition Octobre 2015

Usine du Futur FIM

FIM LA MÉCANIQUE EN FRANCE, BIEN PLUS QU'UNE INDUSTRIE

Alliance INDUSTRIE DU FUTUR

SOMMAIRE

PREMIÈRE PARTIE

AVANT PROPOS 4

LE CONCEPT D'USINE DU FUTUR 6

L'ORIGINE DE LA DÉMARCHE 8

LES ENJEUX MAJEURS DE L'ENTREPRISE : 14

enjeux majeurs de l'évolution des marchés 16

enjeux majeurs sur le plan technologique 20

enjeux majeurs sur le plan organisationnel 38

enjeux majeurs sur le plan environnemental 46

enjeux majeurs sur le plan sociétal 54

DEUXIÈME PARTIE

FICHES THÉMATIQUES 58

Famille 1 Fiches « Evolution des marchés et impact sociétal »

- Nouvelle économie (en attente) ...
- Economie de la fonctionnalité 60
- Marketing client (en attente) ...

Famille 2 Fiches « Homme, organisation et transformation numérique »

- Assistance cognitive / Réalité augmentée (en attente) ...
- Numérique : outil de compétitivité pour les PME 62
- Innovation collaborative (en attente) ...
- Open Innovation (en attente) ...
- Optimisation de la chaîne de fournisseurs (en attente) ...
- Manufacturing « as a service » (en attente) ...
- Qualité (en attente) ...
- Logistique du futur (en attente) ...
- Intégration verticale et horizontale 66
- Capitalisation des connaissances (en attente) ...
- Ressources humaines et gestion des compétences 70
- Formation dans l'action (en attente) ...
- RSE - Responsabilité Sociétale des Entreprises 74

Famille 3 Fiches « Environnement »

- Qualité environnementale du bâtiment 76
- Modélisation et traçabilité écologique et énergétique (en attente) ...
- Ecoconception 80
- Valorisation des déchets et économie circulaire (en attente) ...
- Technologies propres 82
- Efficacité énergétique des procédés industriels 86

Famille 4 Fiches « Outils numériques »

- Application bibliothèque numérique 90
- Cybersécurité (en attente) ...
- Internet des objets (en attente) ...
- Big data pour l'intelligence de la production (en attente) ...

Famille 5 Fiches « Technologiques »

- Fabrication additive 94
- Flexibilité des Procédés de fabrication conventionnels 98
- Fonctionnalisation de surface (en attente) ...
- Machines intelligentes (en attente) ...
- Robotique collaborative 102
- Composites à forts volumes 106
- Assemblages multimatériaux (en attente) ...
- Procédés de soudage innovants 108
- Contrôles Non Destructifs innovants 112
- Monitoring/surveillance (en attente) ...

AVANT-PROPOS

LES MÉCANICIENS AU CŒUR DE LA DÉMARCHE DE L'USINE DU FUTUR

La Fédération des Industries Mécaniques (FIM) et ses syndicats adhérents représentent l'ensemble des entreprises mécaniciennes, soit plus de 10 000 entreprises de plus de 10 employés et donc plus de 10 000 usines du futur potentielles. Premier secteur industriel en termes d'emplois, les entreprises mécaniciennes sont le principal fournisseur des équipements de production de toutes les filières industrielles : agroalimentaire, aéronautique, automobile, chimie, énergie, ferroviaire, navale, pharmacie/cosmétique, bâtiment et travaux publics,...

Les équipements qu'elles conçoivent et fabriquent devront évoluer et porter les innovations nécessaires pour répondre aux besoins des usines du futur de tous les secteurs industriels.

Secteur transversal, les industries mécaniques sont donc des acteurs centraux de l'Usine du Futur.

La FIM, associée à ses partenaires technologiques comme le Cetim, l'Institut de Soudure ou l'Association Française de Mécanique et ses partenaires professionnels dont la FIEEC, a mis en place un grand projet fédérateur destiné à affirmer son rôle de référent en matière d'Usine du Futur. La FIM souhaite en effet vulgariser et promouvoir le concept, faire de la pédagogie autour des axes d'application, tant auprès des industriels mécaniciens qui doivent s'approprier ces concepts que des autres acteurs publics ou privés.

Une démarche multi-facettes

Ce projet débute par l'élaboration d'un référentiel, rappelant, dans une première partie, l'origine de la démarche, définissant les bases du concept d'Usine du Futur puis décrivant les enjeux majeurs. Pour chaque enjeu, des déclinaisons génériques renvoient vers des fiches techniques plus précises, fiches que l'entreprise pourra s'approprier et utiliser pour se guider sur le thème évoqué. Les fiches thématiques, descriptives des différents composants de l'Usine du Futur, qu'ils soient relatifs à des nouvelles technologies, à des modes d'organisation ou à des équipements particuliers, sont toujours orientées vers la mise en œuvre en entreprise (y compris PME et TPE).

Ce guide pratique, qui décrit une vision de l'Usine du Futur, est donc à disposition des entreprises, pour les accompagner dans l'appropriation du sujet, pour leur faciliter la mise en œuvre des différents composants de l'Usine du Futur lorsqu'elles décident de construire une nouvelle usine ou de moderniser un atelier existant. En tant que fournisseur d'équipements de production, ces fiches sont également une source d'information pour adapter l'offre aux besoins de demain.

Il constitue également une contribution aux programmes publics de soutien des entreprises dans le cadre de l'Usine du Futur. En effet, les pouvoirs publics, conscients de l'importance de l'industrie pour la richesse nationale et des défis de nos sociétés vieillissantes face aux pays émergents, sont décidés à donner un nouvel élan à l'industrie. Il se traduit par une modernisation de l'outil industriel et l'amélioration de la compétitivité par l'innovation et l'évolution technologique. Ils mettent en œuvre des programmes d'accompagnement des entreprises destinés à encourager la Recherche et Développement ainsi que l'investissement dans les technologies innovantes, disponibles sur le marché (fabrication additive, robotisation…). Ces programmes, se référant à l'Usine du Futur, s'initient dès maintenant.

Ce référentiel est enfin à disposition des acteurs de la recherche, pour contribuer à ce que les nombreux programmes de recherche conduits autour de la thématique « Usine du Futur » répondent, aux besoins des industriels et de l'économie du pays.

COMITÉ DE PILOTAGE DU GUIDE

Le référentiel intitulé
« Guide pratique de l'Usine du Futur - Enjeux et panorama de solutions » a été élaboré par un Comité de Pilotage, animé par Philippe Contet, FIM, composé de :

- FIM (M. Athimon, F. De Baillenx, O. Durteste, B. Frugier, F. Martin)
- ARTEMA (L. Chérillat)
- CISMA (R. Buronfosse)
- PROFLUID (L. Hélard)
- SYMOP (J. Tournoux)
- UITS (D. Théry)
- Cetim (H. Determe, P. Lubineau, J.P. Papin)
- Institut de Soudure (F. Scandella)
- Association Française de Mécanique (P. Devalan)
- CLEXTRAL (G. Guerrin)
- FIVES Group (M. Dancette)

Le COPIL a été rejoint par :

- CEA LIST (K. Gosse, J. Sreng)
- Dassault Systèmes (F. Bichet, H. Szigeti, Y. Coze)
- FIEEC (J. Levet)
- GIMELEC (L. Siegfried)

LE CONCEPT D'USINE DU FUTUR

L'Usine du Futur est un concept générique qui s'inscrit dans une prise de conscience générale de l'importance de l'industrie manufacturière dans la richesse nationale. Cette réflexion est destinée à conserver et développer en France et donc en Europe, une activité industrielle forte, innovante, exportatrice, génératrice de richesses et créatrice d'emplois.

L'Usine du Futur est une réponse à plusieurs transitions simultanées : énergétique, écologique, numérique, organisationnelle et sociétale. Chacune de ces transitions fait appel à de nombreuses nouvelles technologies ou modes d'organisation arrivant à maturité, en cours de développement ou à concevoir.

Il s'agit de poursuivre la modernisation de l'outil de production et d'accompagner les entreprises dans la transformation de leurs modèles d'affaires, de leurs organisations, de leurs modes de conception et de commercialisation, dans un monde où les outils numériques font tomber la cloison entre industrie et services.

Le nouveau modèle d'usine est pensé pour être au cœur de son éco-système et répondre aux nouveaux besoins sociétaux :

- une usine innovante, compétitive, performante, sûre et attractive,
- une usine tournée vers ses clients, capable de garantir la qualité et la traçabilité des produits et de fournir des solutions complètes avec les services associés,
- une usine en réseau avec ses fournisseurs et ses clients, capable de recomposer facilement sa chaîne de valeur pour s'adapter aux évolutions du marché et des technologies, tout en développant l'intimité digitale avec ses fournisseurs et ses clients propre à entretenir la confiance et favoriser l'innovation,
- une usine agile, disposant de modes de production flexibles et d'outils de production reconfigurables, capable de fournir des produits et services individualisés, durables à des prix compétitifs, en petites et moyennes quantités,
- une usine aux lignes de production et logistiques innovantes, performantes, sûres, mises au point en les simulant et en les optimisant dans le mode virtuel,
- une usine propre, silencieuse, impliquée dans son écosystème industriel, économe en matières premières et en énergie,
- une usine centrée sur l'humain, pour mieux prendre en compte les attentes des collaborateurs tout au long de leur vie active et mieux attirer les talents dont elle a besoin,
- une usine qui affranchit, grâce à l'automatisation et la robotique collaborative, l'homme des taches pénibles ou répétitives pour mettre ses fonctions cognitives au service de la qualité, de l'innovation et du déploiement du changement agile,
- une usine qui tire parti des apports de l'internet des objets et du cloud qui permet de piloter la production à partir des objets eux-mêmes, et d'assurer une traçabilité précise des opérations.

L'Usine du Futur est un projet majeur, emblème du renouveau industriel français.

L'ORIGINE DE LA DÉMARCHE

Le monde doit faire face à de très grands enjeux tels que le réchauffement climatique, l'épuisement des ressources naturelles, l'accroissement de la population, et l'amélioration de la compétitivité.

Une démarche politique des pays développés

Les pays développés, tout particulièrement en Europe, ont besoin de retrouver une vitalité économique et doivent réaffirmer une certaine forme de leadership sur les pays en voie de développement pour continuer à offrir à leur population, le niveau de vie acquis.

En effet, on constate depuis de nombreuses années, une baisse régulière de la part de l'industrie manufacturière dans notre PIB et on assiste, plus récemment, à un essoufflement général de notre économie. Une réaction forte est donc nécessaire pour que les entreprises retrouvent productivité, compétitivité et profitabilité, capacités d'investissement et d'innovation et restent ainsi engagées dans la compétition mondiale.

Il s'agit de trouver des solutions pour développer la compétitivité des entreprises, tout particulièrement des PME. Cet enjeu implique de répondre aux besoins des clients par le développement d'un marketing client au lieu d'un marketing produit, d'apporter plus de fonctionnalités aux produits, d'aller vers des solutions et des services associés, d'augmenter la qualité et la sécurité des produits, dans le cadre d'un travail collaboratif en réseau avec les autres parties prenantes : fournisseurs, prescripteurs, collectivités territoriales, acteurs de la R&D…

"Manufacturing renaissance"

Smart Everything Everywhere

Precision Manufacturing

Intelligent Manufacturing

"Innovation 25" program

L'Usine du Futur, telle que nous l'avons décrite dans notre avant-propos est une des réponses pour garantir la compétitivité des pays industriels matures.

Enjeu sociétal et politique, c'est à la fois :

- un des 34 plans du renouveau industriel français,
- un des piliers du 8ième PCRD de l'Union Européenne avec les programmes « Horizon 2020 » et « Factories of the Future »,
- un axe stratégique en Europe (initiative allemande « Industrie 4.0 », et autres initiatives : voir illustration ci-dessous), aux Etats Unis (« Advanced Manufacturing », « Manufacturing renaissance », « National Netwwork for Manufacturing Innovation »), en Inde (« Make in India »), au Japon (« Innovation 25 » program), en Chine (« Intelligent Manufacturing »), etc.

Vue détaillée des programmes européens :

Industry of the Future

High Value Manufacturing

Smart Industry

Production 2030

Manufacturing 4.0

Produktion der Zukunft

Operational Programme

Fabrica Intelligente

Cette prise de conscience intervient alors que s'ouvre une nouvelle ère industrielle.

L'Usine du Futur, dans la nouvelle économie

La nouvelle économie se caractérise par les grandes tendances suivantes, qui constituent autant de challenges que d'opportunités pour l'Usine du Futur :

1 un niveau global beaucoup plus développé, partagé, focalisé sur l'optimisation. Pour l'Usine du Futur, ceci concerne les problématiques d'optimisation de chaîne des fournisseurs, les hubs de collaboration globale, les systèmes de traçabilité et d'économie écologique et énergétique.

2 un niveau local, celui de la bulle logicielle de l'utilisateur (l'ensemble des interfaces fixes ou nomades auxquels il a accès) et ses usages, par lequel on met à la disposition de l'utilisateur, l'ensemble des services dont il a besoin pour exercer sa fonction avec le maximum de puissance (empowerment). Pour l'Usine du Futur, c'est à ce niveau que la vision de « l'homme au centre de l'usine » prend tout son sens.

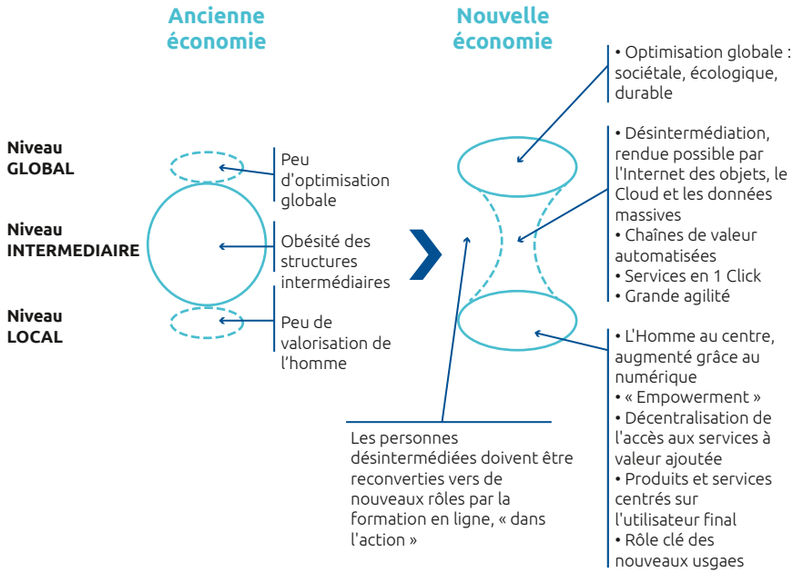
3 un niveau intermédiaire qui était auparavant très bureaucratique et obèse,

et qui est, dans la nouvelle économie, lean, automatisé, rapide, bref désintermédié et dématérialisé. C'est grâce à l'Internet des objets (local) connecté au big data (global) que ce niveau intermédiaire peut être rendu très simple, et surtout automatisable. Pour l'Usine du Futur, ce niveau est celui de la modélisation et du pilotage des lignes de production et des lignes logistiques, des procédés, des flux de valeur nécessaires à la livraison des services utiles aux agents de production (maintenance, formation, etc).

L'Usine du Futur s'inscrit à plein dans cette révolution. A ce titre le projet français se différencie de nombreux autres projets internationaux qui mettent souvent l'accent exclusivement sur l'automation et la modularité des systèmes de production (cyber-systèmes).

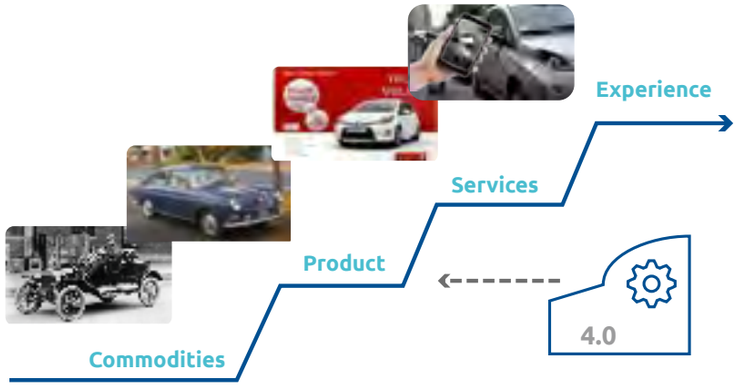
L'automatisation est importante, mais elle s'appuie toujours sur les principes de l'ancienne économie, et n'adresse pas les questions que posent les « digital natives », ou les « makers ». Le programme « Industrie du Futur » a bien l'ambition d'adresser tous les niveaux de l'usine ainsi que les aspects de la nouvelle économie. A ce titre il est beaucoup plus vaste.

La nouvelle économie



La nouvelle économie sera en outre la révolution de l'expérience : après le développement des produits, puis des services liés aux produits, l'expérience procurée par le produit et les services associés devient un élément critique. L'expérience caractérise le ressenti de l'utilisateur, au cours de l'usage, d'abord dans le monde virtuel, puis dans le monde réel. C'est un paramètre-clé dans une économie centrée sur les usages.

Experience economy: New Business Models



La nouvelle génération des systèmes de production automatisés : les cyber-systèmes

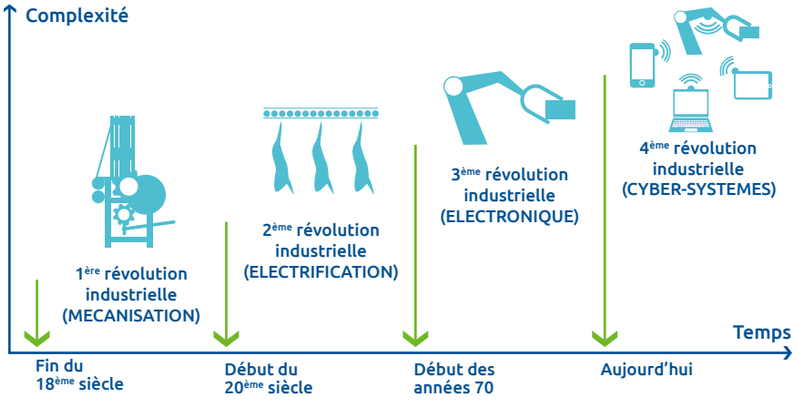
Au milieu de la seconde partie du XX^{e} siècle est survenue la troisième révolution industrielle tirant sa source de l'électronique, des télécommunications, de l'informatique, de l'audiovisuel. Aujourd'hui, une révolution industrielle est en marche, qualifiée de 4^{ième} révolution industrielle, pour les systèmes automatisés, fondée sur l'accroissement de la vitesse de traitement de l'information et des capacités de mémoire et sur le développement massif des réseaux de communication.

Cette nouvelle mutation technologique, liée à l'arrivée du numérique, caractérisée par une interconnexion totale des machines et des systèmes au sein des sites de production et entre eux et l'extérieur, ouvre la voie à une nouvelle organisation des moyens de production aussi bien au stade de l'approvisionnement, que de la fabrication et de la diffusion des produits.

Cette nouvelle révolution industrielle de l'automation s'appuie en particulier sur l'introduction massive de systèmes cyber-physiques, pouvant être définis comme des systèmes embarqués complexes conçus pour interagir avec leur environnement de manière continue via l'association d'éléments physiques, informatiques et de communication.

En plus de cette communication Machine to Machine, les technologies de l'information démultiplieront les possibilités de communication entre collaborateurs d'un même site, de sites différents, d'entreprises différentes, pour plus d'échange, de coopération. La qualité de ces relations favorisera l'émergence d'une intelligence collective qui peut constituer un facteur important d'efficacité des équipes dans les entreprises.

Les 4 étapes de la révolution industrielle de l'automation



(source : 14.0)

Le concept d'Usine du Futur ne se contente pas d'optimiser des solutions existantes mais intègre de réelles transformations amenant des solutions nouvelles pour les technologies et les modes d'organisation. Il conduit à aborder la production industrielle comme un système aux dimensions multiples : techniques, organisationnelles, économiques, humaines et sociales.

Plusieurs pistes d'évolution des systèmes de production sont aujourd'hui avancées dans de nombreux rapports publiés récemment : personnalisation des produits de marchés de grande série (mass customisation), flexibilité de l'outil industriel, économie circulaire (recyclabilité des matériaux, limitation ou suppression des déchets…), économie de la fonctionnalité, économie de la connaissance, établissement de communautés d'acteurs à forte interopérabilité, innovation collaborative…

Une dimension technologique très orientée « numérique », nouveaux matériaux et nouveaux procédés de production

De nouveaux outils de communication de l'entreprise étendue se développent et vont impacter l'Usine du Futur : cloud computing, big data, réseaux sociaux, espaces collaboratifs, internet des objets… L'accès aux nouveaux outils numériques permettra d'accélérer l'adoption des techniques de fabrication les plus avancées, d'accompagner la transition énergétique et d'améliorer les conditions de travail des opérateurs.

Les données s'installent au cœur de la stratégie des entreprises. S'appuyant sur des réseaux de capteurs, les usines de demain produiront en permanence de l'information sur les procédés de production, la gestion des stocks, l'acheminement des lots et elles seront connectées en permanence avec les produits qu'elles ont fabriqués. Toutes ces données devront être analysées afin d'optimiser la maintenance et d'améliorer la qualité. Pour les valoriser, il convient de tenir compte des particularités de ces données massives, hétérogènes, nécessitant un traitement rapide. L'enjeu est de transformer des données brutes en informations à forte valeur ajoutée, permettant de produire plus vite, avec une meilleure qualité et à moindre coût. Une stratégie devra être développée afin d'éviter une dépense d'effort (argent, temps) pour traiter des informations inutiles ou inversement de manquer des opportunités de création de valeur en omettant d'utiliser des informations disponibles. L'Usine du Futur saura optimiser ses systèmes d'informations, donc les dimensionner à l'utile voire les redimensionner régulièrement et à haut niveau (revue de Direction).

Les produits du futur fabriqués dans nos pays développés seront de plus en plus complexes, constitués de matériaux intelligents, seront connectés, interopérables, sûrs et feront appel à des technologies sans cesse modernisées et des modes de production évolués (production silencieuse, fabrication additive / impression 3D, capteurs intelligents, robots collaboratifs, intelligence artificielle…).

Les produits du futur seront constitués de matériaux en associations de plus en plus complexes de sorte que chacun d'eux apporte son avantage spécifique dans le produit final (légèreté, conductibilité, résistance, dureté…). A la diversité croissante de matériaux (nouveaux matériaux métalliques, composites, nanomatériaux, biomatériaux…) s'ajoutent des combinaisons de plus en plus variées entre matériaux. Les technologies d'assemblage sont donc un des points-clés de l'Usine du Futur.

Dans ce contexte, la cybersécurité devient un enjeu majeur : la mise en place de moyens de prévention de piratage des données et du risque de prise de contrôle de l'outil de production à distance est primordiale. L'Usine du Futur sera consciente collectivement de ses avantages concurrentiels et s'organisera pour identifier et préserver au mieux ses informations stratégiques. En complément des moyens techniques, la protection passera aussi par une sensibilisation des acteurs de l'Usine du Futur sur la valeur financière de ces actifs immatériels.

Une dimension sociétale plus affirmée

Un autre enjeu de l'Usine du Futur réside dans une évolution radicale de la vision de l'industrie par le citoyen français. Il faut ré-enchanter l'industrie et l'usine de manière à attirer les talents et motiver les jeunes, en mettant l'homme au cœur de l'Usine du Futur : association des collaborateurs au projet de l'entreprise, à sa stratégie, aux choix technologiques (ingénierie collaborative, open innovation), développement de la Responsabilité Sociétale des Entreprises (RSE), du bien-être des salariés, de leur formation tout au long de la vie professionnelle. L'adhésion des collaborateurs au projet d'entreprise ne peut que favoriser leur engagement et leur implication.

La démarche française, en plaçant l'homme au cœur de l'Usine du Futur, lui permet de se distinguer sur le plan international. La technologie et l'organisation permettent de le décharger des tâches pénibles, répétitives, pour qu'il se concentre sur les tâches à forte valeur ajoutée.

L'Usine du Futur s'appuie sur un ensemble de briques que les industriels peuvent assembler, intégrer et utiliser selon leurs besoins.

LES ENJEUX MAJEURS DE L'ENTREPRISE

Entreprendre, c'est prendre des risques en développant de nouvelles idées. Celles-ci se traduisent en nouveaux produits ou services à mettre sur le marché. La réussite dépendra aussi bien du caractère innovant de l'offre nouvelle que de la capacité à proposer celle-ci à des conditions économiques « de marché ».

Entreprendre, c'est aussi, jour après jour, consolider son offre en l'améliorant. Cette amélioration peut porter aussi bien sur la nature de l'offre que sur la manière dont elle est produite. Pour les activités industrielles, l'outil de production dans son écosystème est une composante primordiale.

Au sein de l'écosystème, l'ensemble des règles (obligations, normes...) et facteurs de coûts (niveaux des salaires, taxes...) étant arrêtés, ce qui fait la différence, c'est la manière de faire. Si le client, plus que jamais, conduit l'entreprise, ce sont ses hommes qui la font, en mettant en œuvre les technologies nouvelles. Le citoyen, producteur ou non, s'invite aussi dans ce mouvement en demandant une proximité de son lieu de vie et de travail, en se souciant de l'impact écologique des produits ou des conséquences des processus de fabrication. A la différence d'hier, toutes ces considérations doivent être prises en compte simultanément.

L'Usine du Futur cherche précisément à englober l'ensemble de ces enjeux.

1er enjeu : l'évolution des marchés

Pas d'entreprise sans clients, en France et à l'international, pas de clients sans prendre en compte leurs attentes, les offres alternatives et la valeur de l'offre.

2ième enjeu : l'offre technologique

Pour rendre l'offre compétitive, les systèmes de production connectés permettront de rester au plus près du client ; les nouveaux procédés, les composants intelligents ou mécatroniques et les nouveaux matériaux élargiront l'offre ou la rendront plus compétitive.

3ième enjeu : un nouveau modèle organisationnel

Repenser les processus de fabrication se fera avec une organisation où l'humain au travail sera plus responsable, ou l'organisation sera plus apprenante, plus collaborative. C'est le troisième enjeu.

4ième enjeu : l'environnement devient incontournable

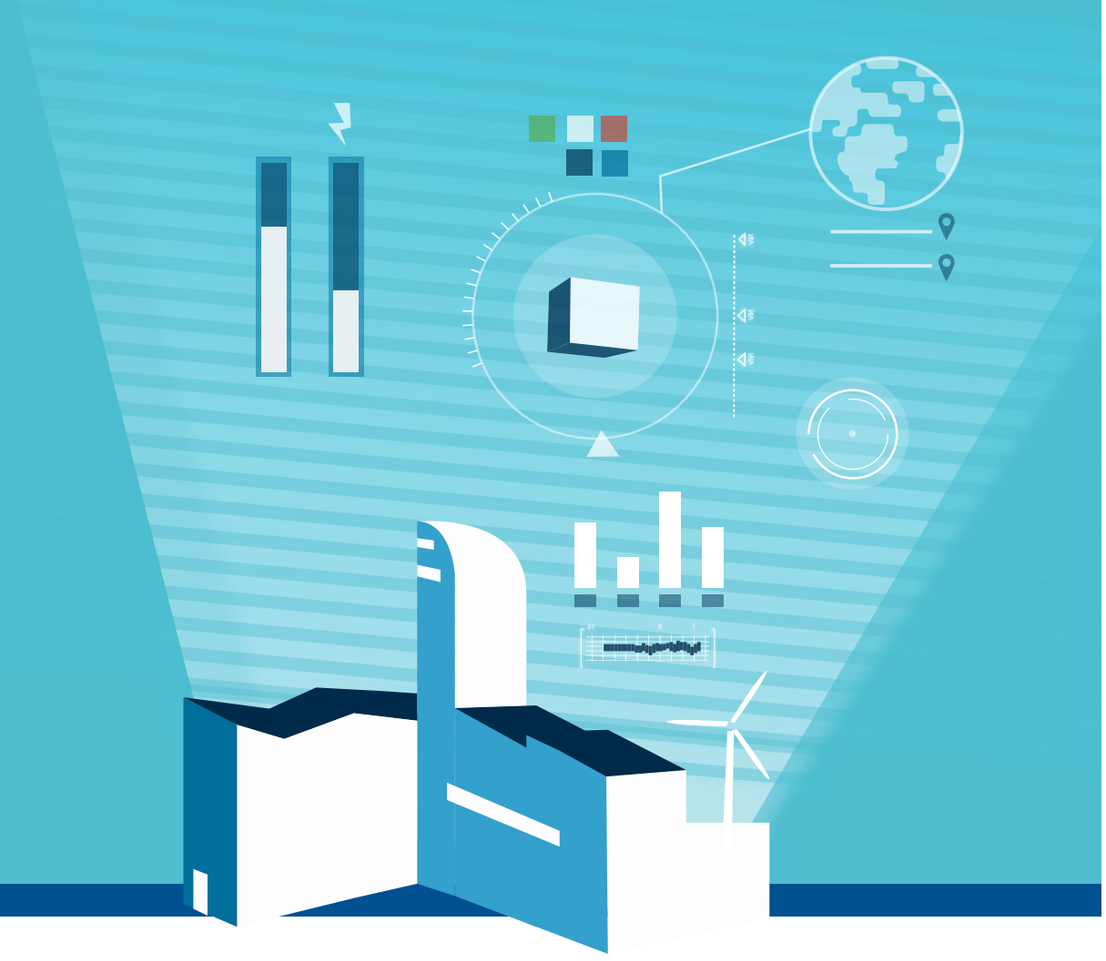
Il n'y a plus aujourd'hui de production sans prise en compte des aspects environnementaux. L'Usine du Futur non seulement porte son propre impact comme une donnée constituante mais en plus il s'agit de la concevoir avec ce modèle...

5ième enjeu : la dimension sociétale

Enfin, produire en France implique la reconnaissance de la démographie, des compétences et des lieux de vie. L'Usine du Futur est intégrée à la cité.

L'Usine du Futur met l'homme au centre de cette excellence opérationnelle. Au travers de ces 5 enjeux, il s'agit de trouver des solutions pour permettre aux entreprises de rester dans la course économique mondiale. Il faut donc développer productivité, valeur ajoutée et ainsi capacité d'innovation et d'investissement, et in fine compétitivité et profitabilité des entreprises, tout particulièrement des PME.

Chaque entreprise va pouvoir modeler son « usine » en fonction de ses enjeux clients, de ce qu'elle produit, de ses compétences ; chaque équipe pourra définir les conditions qui lui sont propres pour une production renouvelée, innovante et compétitive, source de croissance et d'emploi. Chaque usine est et sera différente. Chaque projet est unique et personnalisé ; chaque entreprise doit pouvoir, en fonction de sa taille, sélectionner ses pistes d'actions.



ENJEUX MAJEURS DE

L'ÉVOLUTION DES MARCHÉS

Depuis de nombreuses années, les marchés se sont mondialisés. Les entreprises et les systèmes de production sont pris dans un nouveau contexte, plus complexe qu'auparavant, où contraintes et objectifs se déclinent différemment, voire sont nouveaux. Les notions de performance et d'efficacité se sont élargies pour embrasser court terme et long terme, et prennent une dimension éthique. La performance doit être assurée dans un environnement international où les incertitudes et les variabilités techniques, économiques, sociétales, humaines n'ont jamais été aussi importantes et rapides.

La montée en gamme

L'essentiel de la compétitivité se joue davantage sur la qualité des produits et la richesse des services associés et sur leur degré d'innovation que sur les seuls coûts. La stratégie de montée en gamme d'une entreprise consiste à améliorer la qualité et le niveau de service des produits qu'elle propose, de façon à augmenter son chiffre d'affaires par la hausse du prix de vente de ses produits, voire à préserver ou augmenter ses ventes par l'avantage de la qualité des produits. C'est en partie la démarche inverse de celle de la réduction des coûts et des bas prix (low cost).

Le rythme élevé de l'évolution des technologies ainsi que leur diffusion massive sont des sources permanentes d'innovation aussi bien au niveau des solutions et des usages que des techniques et des organisations de production.

Le changement piloté par le client

Les exigences variées et changeantes des clients pilotent la production : c'est une nouvelle approche du consumérisme à laquelle il faut répondre pour créer de la richesse partagée et générer des emplois. On passe à un marché de l'offre personnalisée qui nécessite une nouvelle organisation de la production.

Les immenses sites de production destinés à fournir des produits standards à la plus vaste zone géographique laisseront de plus en plus la place à des sites de taille plus réduite, conçus pour fournir régionalement des produits répondant à une demande locale, dotés de moyens de production adaptés à des séries plus modestes, pouvant répondre à des marchés de plus en plus volatils et imprévisibles.

Cet enjeu implique de répondre aux besoins des clients par le développement d'un marketing client au lieu d'un marketing produit, d'apporter plus de fonctionnalités aux produits, d'aller vers des solutions globales et des services associés, d'augmenter la qualité et la sécurité des produits, mieux maitriser sa production avec les technologies de production les plus compétitives et les plus adaptées aux besoins des marchés.

Dans ce contexte, l'entreprise du futur sera d'autant plus compétitive qu'elle saura discerner avant et mieux que ses concurrents, les besoins à venir de ses marchés, en termes de produits, de services, et d'amélioration des processus. On pense naturellement au big data, ou encore à l'internet des objets. Mais l'homme aura toute sa place notamment par sa créativité, son propre esprit d'entreprise et sa capacité d'écoute des clients.

Voir fiche > Nouvelle économie

Des processus adaptés

L'Usine du Futur se nourrit de procédés flexibles, agiles, permettant de produire des objets de façon économe et compétitive. L'Usine du Futur doit pouvoir évoluer rapidement avec l'accélération du rythme de mise sur le marché des nouveaux produits. La flexibilité et la reconfigurabilité constituent donc des enjeux clés.

Les marchés actuels se caractérisent de plus en plus par leur variabilité, tant au niveau des quantités de produits à fabriquer ou à vendre par période que des fonctionnalités des produits, amenés à s'adapter à des besoins toujours plus spécifiques, dans un contexte de raccourcissement des délais de mise sur le marché. Les systèmes de production du futur se doivent d'être rentables tout en étant flexibles et réactifs, tant au niveau des quantités que de la nature des produits, processus et procédés mis en œuvre.

Concevoir des fonctionnalités plus que des produits

La concurrence internationale exacerbée que rencontrent les fournisseurs de produits et d'équipements leur impose, pour préserver et développer leurs positions sur leurs marchés, de monter en gamme continûment leur offre. Depuis longtemps les caractéristiques techniques et la qualité intrinsèque des produits sont des facteurs de différentiation. Aujourd'hui les fournisseurs doivent apporter toujours plus de valeur à leurs clients, en intégrant les multiples fonctions d'usage du produit et les services associés. Une bonne partie de ces fonctionnalités, qui répondront aux grands enjeux sociétaux (vieillissement de la population, santé, sécurité et liberté, mobilité, lien social, transition énergétique…) reste encore à inventer.

L'étape ultime consiste à vendre l'usage d'un produit plutôt que le produit lui-même.

Voir fiche > Économie de la fonctionnalité

Au-delà de l'adaptation permanente de l'outil de production à l'évolution des produits à fabriquer, ces tendances de fond nécessitent des changements profonds de marketing, afin de comprendre et d'anticiper les besoins et les attentes de ses clients (consommateurs finaux ou industriels intermédiaires), et d'organisation de l'entreprise, pour apporter les services associés. Dans ce cadre, les entreprises doivent organiser et structurer une veille stratégique permettant de surveiller les évolutions (technologiques, concurrentielles, réglementaires…) et détecter les signaux faibles pour mieux anticiper.

Voir fiche > Marketing client

Ces mutations sont d'autant plus rapides que la filière intègre verticalement toute la chaîne de valeur.

Le domaine industriel n'échappe pas à ces enjeux : le fournisseur de produits intermédiaires intègre de plus en plus l'usage final des produits et va contribuer au développement de son marché (ex : allègement et résistance pour une structure en composite), et le fabricant de machine de production, au cœur de l'Usine du Futur, va intégrer de multiples fonctions process, maintenance, traçabilité, etc., au-delà des performances classiques de qualité et de productivité.

ENJEUX MAJEURS SUR LE PLAN

TECHNOLOGIQUE

L'enjeu est de livrer au client l'objet technique et ses fonctionnalités conformes à la demande dans le délai le plus court possible, au prix négocié. Avoir la certitude de recevoir le produit commandé dans les conditions convenues et à la date prévue, est un facteur essentiel dans la prise de décision et la fidélisation des clients.
L'adaptation rapide des processus pour des produits personnalisables (petites et moyennes séries) passe par le développement de nouveaux procédés de fabrication agiles : la capacité à se reconfigurer très rapidement en fonction de la demande avec l'interopérabilité entre machines et l'amélioration de la coopération entre tous les acteurs de la chaîne de valeur.

Les nouvelles technologies à la base de la compétitivité

Les nouvelles technologies, qu'elles soient intégrées dans le processus de production ou dans le produit, constituent un levier majeur pour permettre aux entreprises de proposer des solutions enrichies, plus sûres, plus flexibles, plus fiables et compétitives. Elles constituent un vaste champ d'amélioration de la compétitivité globale de l'entreprise. Il est donc indispensable de réduire les temps d'innovation, de conception, de production, de distribution par l'usage massif des modèles et échanges de données numériques, et d'adopter les processus de management, de conception, de fabrication et de distribution qui se prêtent le mieux à ces échanges.

Le développement et la combinaison de nouvelles technologies telles que nanotechnologies, micro et nano-électronique, matériaux avancés, systèmes de production avancés, internet mobile, internet des objets, cloud, stockage de l'énergie, mécatronique et plastronique… vont fortement impacter les produits et systèmes de production de demain. Les principaux enjeux concernent à la fois les technologies (principes physiques, modélisation et simulation, applications) en tant que telles mais également leur conception, leur mise en œuvre et leur interaction avec les utilisateurs.

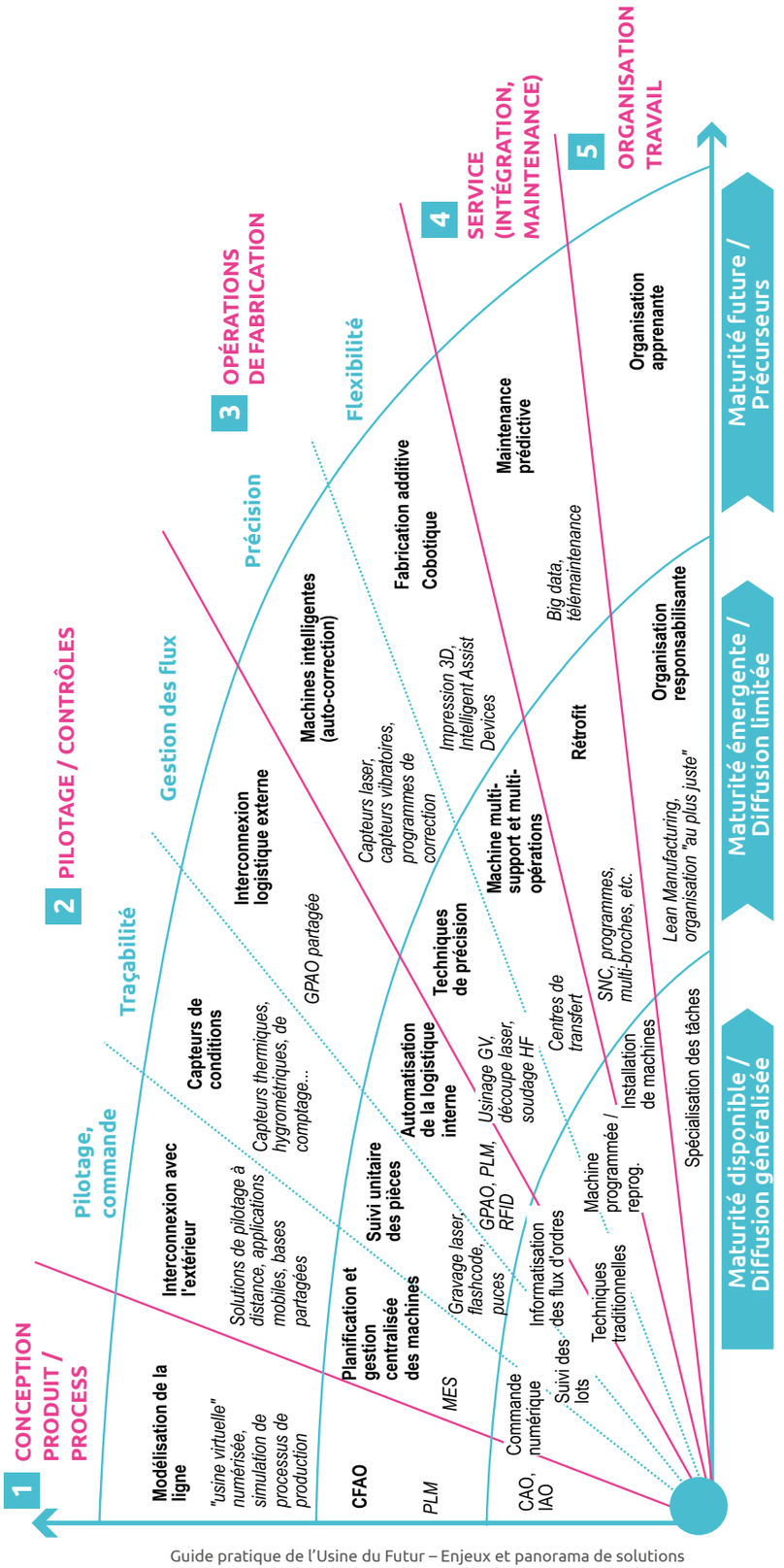
Au même titre que l'interopérabilité, la sécurité est un enjeu important de l'usine connectée. Les industriels doivent désormais se conformer à certaines exigences en termes de cybersécurité.

La modernisation de l'outil productif passe par de nouveaux processus, l'acquisition de nouvelles compétences, de nouvelles façons de piloter la production [étude Symop- Gimelec / Roland Berger]. Toutes les technologies nécessaires ne sont pas forcément disponibles à l'instant. La rosace ci-dessous en 5 domaines et 3 niveaux de maturité, illustre le chemin à parcourir vers l'Usine du Futur en ce qui concerne quelques domaines technologiques importants mais non exhaustifs ; pour une vue couvrante, se référer aux fiches du référentiel couvrant de nombreuses autres technologies et méthodologies.

L'usine numérique et connectée

L'Usine du Futur s'appuie sur plusieurs briques technologiques, dont une est transversale à toutes les autres, la brique relative aux Technologies de l'Information et de la Communication permettant en effet d'intégrer et de connecter d'autres briques ou des technologies entre elles :

- BT1- Les Technologies de l'Information et de la Communication, accessibles au milieu industriel, ouvrent la voie à l'usine connectée et numérique. Elles permettront notamment :
  - une communication continue, instantanée et intégrée d'informations relatives aux processus de de production (conception, fabrication, logistique et maintenance) ainsi qu'aux produits fabriqués,
  - la simulation du produit, du procédé, du poste de travail et même de l'usine, de la logistique et de la chaîne de fournisseurs,



Source : entretiens, ressources documentaires, analyse Roland Berger

- l'autodiagnostic et l'auto adaptation des procédés et des équipements de production et le contrôle en continu des produits.

Les TIC sont basées sur des logiciels spécifiques : bibliothèque de l'usine numérique, ingénierie numérique, nouveaux outils de communication de l'entreprise étendue, internet des objets.

- BT2- Les nouveaux procédés de fabrication agile, permettant de réagir très rapidement aux évolutions de la demande (quantité, qualité, évolution du produit, adaptation à des besoins spécifiques...), pouvant se réorganiser rapidement : affectation des opérateurs, réorganisation de l'atelier, interopérabilité des équipements, relation flexible et interactive avec le réseau de fournisseurs...
- BT3- Les machines intelligentes : équipements de production capables d'intégrer des composants intelligents et de les utiliser afin de répondre à une fonction donnée. La complexité des informations et des besoins traités qualifient le degré d'intelligence de l'équipement.
- BT4- Les nouveaux matériaux : les produits du futur seront constitués de matériaux en association de plus en plus complexe de sorte que chacun des constituants matériaux apporte son avantage spécifique dans le produit final (légèreté, conductibilité, résistance, dureté…).
- BT5- Contrôle, surveillance, traçabilité :
  - les capteurs miniaturisés, économes en énergie, en autonomie décisionnelle...
  - les nouvelles techniques de traitement du signal et d'imagerie numérique.

Briques technologiques principales :

BT1- Ingénierie numérique - modélisation et simulation

Outils permettant de modéliser et de simuler le fonctionnement d'un produit ou d'un procédé (y compris poste de travail) dans un environnement numérique homogène et sur l'ensemble de son cycle de vie.

Ces outils permettent de mettre au point les procédés, et de les optimiser dans le monde virtuel, à un coût très faible une fois que l'investissement initial de numérisation a été fait. Il s'agit de la mise en œuvre de très nombreuses co-simulations effectuées de manière itérative, qui font intervenir l'ensemble des disciplines concernées afin de trouver les optimums technico-économiques pour les produits et les processus de fabrication.

Le prototypage virtuel permet, avant réalisation matérielle, de montrer une réalité virtuelle tendant à représenter l'objet à réaliser le plus fidèlement possible. Il rend plus facile les modifications éventuelles sans avoir recours à des prototypes physiques. Le prototypage virtuel permet un gain de temps non négligeable quant aux tests de fonctionnalités et d'intégration environnementale.

La réalité augmentée désigne les systèmes informatiques qui rendent possible

la superposition d'un modèle virtuel 3D ou 2D à la perception que nous avons naturellement de la réalité et ceci en temps réel. Elle désigne les différentes méthodes qui permettent d'incruster de façon réaliste des objets virtuels dans une séquence d'images. Elle s'applique aussi bien à la perception visuelle (superposition d'image virtuelle aux images réelles) qu'aux perceptions tactiles ou auditives. La réalité augmentée permet de comparer avec précision le virtuel (ce qu'on a prévu de faire) avec le réel (ce qui existe et qu'on voit). Cette technologie est clé en particulier pour garantir la conformité aux spécifications, mais aussi pour les instructions, la formation, etc. Dans l'industrie, ses applications sont multiples et touchent la conception, le design, la maintenance, l'assemblage, le pilotage d'équipements, la robotique, l'implantation, l'étude d'impact...

Voir fiche > Assistance cognitive / Réalité augmentée

BT1- Logiciels de l'usine numérique

Différents logiciels constituent la bibliothèque de l'usine numérique et permettent la conception et la fabrication assistée par ordinateur, la gestion du cycle de vie des produits, l'ordonnancement de la production, la gestion de production et de maintenance assistée par ordinateur :

- Conception et fabrication assistées par ordinateurs (CFA0)
- Bibliothèque de Composants
- Système d'ordonnancement de la production
- Progiciels de gestion de la production et de la maintenance assistée par ordinateurs
- Supervision : outil collaboratif avec vision 360° du process, tableaux de bord
- Réseaux sociaux d'innovation
- Gestion du cycle de vie des produits (PLM).

Voir fiche > Application bibliothèque numérique

BT1- Interfaces et protocoles de communication des systèmes

L'Internet des objets permet de coupler de manière très simple les objets entre eux. Il permet également de coupler des objets aux capteurs et actuateurs qui permettent de les faire fonctionner, ou de compléter leurs fonctions de base par des services à valeur ajoutée supplémentaires. Enfin il permet de connecter toutes ces informations au big data sur le cloud, pour valoriser ces données au niveau global.

Une application particulièrement importante est l'utilisation de capteurs de type RFID ou autre pour détecter la présence d'un produit en cours de production, obtenir, via le cloud, l'historique de ce produit et ses propriétés, ainsi que les gammes opératoires, les instructions, et la destination finale du produit. Ce type de dispositif permet ainsi de piloter la production directement à partir de ces étiquettes, de manière beaucoup plus légère qu'à partir de systèmes centralisés.

BT1- Echanges d'information sécurisés

La sécurité des systèmes d'information est l'ensemble des moyens techniques, organisationnels, juridiques et humains nécessaire et mis en place pour conserver, rétablir, et garantir la sécurité du système d'information.

La sécurité est un enjeu majeur pour les entreprises. Sa finalité sur le long terme est de maintenir la confiance des utilisateurs et des clients. La finalité sur le moyen terme est la cohérence de l'ensemble du système d'information. Sur le court terme, l'objectif est que chacun ait accès aux informations dont il a besoin.

Voir fiche > Cybersécurité

BT1- Internet des objets

L'Internet des Objets est une « infrastructure mondiale pour la société de l'information, qui permet de disposer de services évolués en interconnectant des objets (physiques ou virtuels) grâce aux technologies de l'information et de la communication interopérables existantes ou en évolution ».

C'est « un réseau de réseaux qui permet, via des systèmes d'identification électronique normalisés et unifiés, et des dispositifs mobiles sans fil, d'identifier directement et sans ambiguïté des entités numériques et des objets physiques et ainsi de pouvoir récupérer, stocker, transférer et traiter, sans discontinuité entre les mondes physiques et virtuels, les données s'y rattachant ».

Avec l'Internet des Objets, l'objet physique devient - par le biais de son intelligence logicielle associée - un véritable acteur dans les chaînes de valeur ou les processus dans lesquels il est engagé, au même titre que le sont les humains, les organisations ou certains systèmes d'information.

Voir fiche > Internet des objets

BT1- Internet mobile, Cloud computing, Médias sociaux orientés applications industrielles

L'internet mobile est l'ensemble des technologies destinées à accéder à Internet au-delà des stations de travail et des PC fixes et de les rendre accessibles au moyen de terminaux mobiles et de réseaux mobiles.

Le déploiement de smartphones et de tablettes équipés d'écrans haute définition et d'accès aux réseaux mobiles 4G dans les usines facilite l'accès à l'Internet mobile ; les développements de sites Web et de nombreuses applications mobiles dédiés à ces smartphones ont accéléré la généralisation de l'Internet mobile.

L'Usine du Futur s'appuiera sur des dispositifs favorisant les échanges d'infor-

mations (Puces RFID, tablettes tactiles) ; cette connectivité offre plus d'efficacité aux opérateurs et permet aussi de piloter la production à distance. La machine envoie des informations relatives au processus en cours, permettant de constituer des tableaux de bord, d'émettre des alertes…

Par exemple, les produits dotés d'une puce RFID, auront en mémoire la tâche et les conditions de leur production, ce qui leur permet de contrôler le bon déroulement de leur propre fabrication. Quand le produit avance sur la chaîne de production, les informations s'actualisent.

Le cloud computing ou l'informatique en nuage, est un système d'informations et de services réalisés via Internet, permettant de fournir et d'utiliser les aptitudes des systèmes informatiques, qui est basé sur les nuages : un parc de machines, d'équipement de réseau et de logiciels maintenu par un fournisseur, que les consommateurs peuvent utiliser en libre-service via un réseau...

Le cloud computing ou l'informatique en nuage désigne donc un ensemble de processus qui consiste à utiliser la puissance de calcul et/ou de stockage de serveurs informatiques distants à travers un réseau, généralement Internet. Ces ordinateurs serveurs sont loués à la demande, le plus souvent par tranche d'utilisation selon des critères techniques (puissance, bande passante…) mais également au forfait.

Le cloud computing se caractérise par sa grande souplesse d'utilisation : selon le niveau de compétence de l'utilisateur client, il est possible de gérer soi-même son serveur ou de se contenter d'utiliser des applicatifs distants. Selon la définition du National Institute of Standards and Technology (NIST), le cloud computing est l'accès via un réseau de télécommunications, à la demande et en libre-service, à des ressources informatiques partagées configurables. Il s'agit donc d'une délocalisation de l'infrastructure informatique.

Un réseau social est un ensemble d'individus ou d'organisations reliés par des interactions sociales régulières. L'expression « médias sociaux » recouvre les différentes activités qui intègrent la technologie, l'interaction sociale (entre individus ou groupes d'individus), et la création de contenu.

Les médias sociaux utilisent l'intelligence collective dans un esprit de collaboration en ligne. Par le biais de ces moyens de communication sociale, des individus ou des groupes d'individus qui collaborent, créent ensemble du contenu web, organisent ce contenu, l'indexent, le modifient ou le commentent, le combinent avec des créations personnelles. Les médias sociaux utilisent de nombreuses techniques, telles que les flux RSS et autres flux de syndication web…

Les médias sociaux permettent en particulier l'innovation multi-disciplinaire collaborative en inter connectant les multiples compétences, internes et externes.

Voir fiche > Numérique : outil de compétitivité pour les PME

Voir fiche > Application bibliothèque numérique

BT1- Big data

Les big data, littéralement les données massives, est une expression anglophone utilisée pour désigner des ensembles de données qui deviennent tellement volumineux qu'ils en deviennent difficiles à travailler avec des outils classiques de gestion de base de données ou de gestion de l'information...

Il s'agit de méthodes et outils pour le traitement rapide de grandes quantités de données non structurées, permettant notamment de donner une orientation avec une probabilité associée de réalisation d'un évènement. Le big data permet par exemple d'analyser les données de production pour en déduire la combinaison de paramètres qui a conduit à une situation de non-qualité, permettant ainsi la prévention de telles situations et l'amélioration continue des processus.

Voir fiche > Big data pour l'intelligence de la production

BT2- Fabrication additive

La fabrication additive regroupe l'ensemble des procédés permettant de fabriquer couche par couche, par ajout de matière, un objet physique à partir d'un modèle numérique (NF E 67-001), qui englobe : fabrication directe, prototypage rapide, impression 3D. Il existe différents procédés se différenciant par la manière de déposer les différentes couches de matériaux et par les matériaux eux-mêmes. L'utilisation de poudres multiples permet la création de pièces issues de la fusion de plusieurs matériaux. L'insertion de capteurs dans les matériaux permettra de rendre les produits du futur de plus en plus intelligents.

Exemples de la fabrication additive :

- pour les polymères : dépôt fil, frittage laser,
- pour les métalliques : SLM (Fusion sur lit de poudre par laser), EBM (Fusion sur lit de poudre par faisceau d'électrons), DMD (Projection de poudres fondues dans un rayon laser).

Voir fiche > Fabrication Additive

BT2- Flexibilité des Procédés de fabrication conventionnels

Les procédés de fabrication dits « conventionnels » (usinage, forgeage, frappe, découpage/emboutissage, compactage, assemblage…) ont leur place dans l'Usine du Futur. Le défi consistera à savoir mettre en œuvre sur ces procédés a priori maitrisés, les innovations technologiques et numériques qui permettront de s'adapter, à cout maitrisé, aux évolutions de la demande client (taille de la série, qualité, personnalisation des produits…) et de l'environnement.

Les enjeux consisteront à :

- donner de l'agilité aux procédés :
  - en évitant la fabrication d'outils couteux et longs à réaliser,

- en s'appuyant sur la modélisation tant pour la conception des pièces, des gammes et des outils (réduction des temps de démarrage série),
- en s'équipant de machines et équipements permettant de gagner en temps de cycle et de programmation, voire avec des équipements d'usinage robotisé,
- en facilitant/automatisant la manipulation des pièces dans les machines/équipements,
- en donnant de la souplesse dans la gestion de la production via une intégration numérique croissante,
- en mettant en œuvre de nouveaux matériaux à performances accrues.

- maîtriser/optimiser la qualité/fonctionnalité des pièces et minimiser les rebuts :
  - en mettant en œuvre des méthodes de contrôle « in situ » qui permettront de vérifier les objectifs qualité nécessaires pour garantir la performance du process et /ou d'anticiper les actions de maintenance à mener (contrôle à l'intérieur de l'outil ou en sortie de ligne),
  - en s'équipant de machines instrumentées auto adaptatives,
  - en intégrant des opérations de fabrication indirectes dans les outils (traitement thermique, assemblage…).
- capitaliser les savoirfaire et expertises métier via des outils en ligne, qui faciliteront l'expertise et la prise de décision tant pour la conception des pièces et des outils, que pour l'amélioration continue des opérations de fabrication.
- diminuer les consommations énergétiques et impacts environnementaux :
  - en s'appuyant sur la simulation pour optimiser le transfert d'énergie,
  - en diminuant/supprimant la lubrification.

Voir fiche > Flexibilité des Procédés de fabrication conventionnels

BT2- Fonctionnalisation de surface

Les exigences concernant la tribologie et les surfaces des pièces sont de plus en plus élevées et multifonctionnelles.

Les enjeux consisteront à :

- mettre en œuvre des procédés plus innovants en termes de performance et de coûts :
  - en investiguant de nouveaux procédés : traitements par voies sèches par exemple (plasma, vapeur, projection de poudres…), traitement hybride (duplex)…,
  - en développant la robotisation pour l'accrochage et le déplacement des pièces à traiter dont le cheminement sera réorganisé pour permettre une meilleure gestion des flux dans les ateliers,
  - en s'appuyant sur le développement des GPAO et du contrôle des paramètres des procédés de production pour mieux maitriser le process,
  - en s'appuyant sur la simulation pour le choix du meilleur couple matériaux/procédés.
- répondre aux enjeux environnementaux et de santé (classement des installations, importance des critères écologiques, REACH…) avec des solutions qui répondent au cahier des charges fonctionnel :
  - en modernisant les équipements liés au process lui-même mais également aux équipements annexes,
  - en mettant en œuvre des procédés alternatifs « propres » : dépôt solgel, applicable à la plupart des métaux usuels et se déposant à partir de précurseurs non toxiques et sans composés CMR (Cancérigène, Mutagène et Reprotoxique), liquides ioniques.
- améliorer les propriétés de service et/ou performances des matériaux par l'ajout de fonctionnalités innovantes à la surface des pièces (fonctionnalités parfois combinées) : fonctions électriques, optiques, magnétiques, catalytiques, tribologiques, esthétiques, antibactériennes… :
  - en s'appuyant sur les technologies de micro nano structuration de surface (texturation laser, grenaillage, skin pass…),
  - en optimisant les procédés déjà industrialisés (traitements superficiels (PVD, CVD), grenaillage, cémentation, carbonitruration, etc.),
  - en mettant en œuvre des procédés combinés : usinage-formage de pièces métalliques, moulage des plastiques avec modification sélective par laser intégré au moule.
- augmenter la durabilité des surfaces visàvis des sollicitations de service (frottement par exemple) :
  - en adaptant les techniques de traitement, en particuliers DLC et nitruration, et s'appuyant sur l'usage de la texturation de surface et du biomimétisme.
- reconvertir des produits en leurs donnant une autre fonction et s'ouvrir ainsi de nouveaux marchés.

Voir fiche > Fonctionnalisation de surface

BT3- Machines et outils intelligents

Les machines et outils, intégrant des composants et des sous-systèmes intelligents, regroupent les équipements de production capables d'intégrer des informations et de les utiliser afin de répondre à une fonction donnée. La complexité des informations et des besoins traités qualifient le degré d'intelligence de l'équipement. Parmi les fonctions ainsi spécifiquement traitées sont répertoriées l'adaptation rapide au changement de production, la capacité de réaliser

plusieurs opérations, la communication entre équipements, l'optimisation de cycle de vie de l'équipement, l'optimisation de la maintenance, l'optimisation de l'interface opérateur, l'optimisation de consommation énergie et matière, les boucles d'auto-adaptation (auto-correction des paramètres du procédé. Par exemple : couple, vitesses de coupe…). Ces équipements intègrent les aspects mécanique, électronique et informatique (mécatronique).

Citons les familles :

- robots industriels et machines autoadaptatifs,
- robots collaboratifs (y compris cobots),
- les machines-outils multifonctions,
- les équipements pilotés à distance,
- les équipements de fabrication additive (y compris machines prototypage rapide, imprimantes 3D).

L'Interface Homme / Machine joue un rôle très important. Son objectif est d'augmenter la surface d'échange entre les équipements et les intervenants afin d'améliorer l'efficacité, la compétitivité du couple Homme + Machine. Il s'agit donc de moyens et d'outils (matériels et logiciels) mis en œuvre permettant à un intervenant de contrôler et communiquer avec son équipement, machine, ligne…

Ces moyens et outils assurent :

- la commande de l'équipement par l'intervenant,
- la récupération des données recueillies sur l'équipement et son milieu environnant,
- l'analyse et le traitement multicritères de ces données,
- l'enregistrement des événements et datas,
- la transmission des résultats aux différents intervenants concernés. Cette transmission doit être personnalisée à chaque typologie d'intervenant et fonction de l'événement : la bonne information à la bonne personne au bon moment et sous la bonne forme,
- la mise à disposition d'autres informations, type : documentations, modes opératoires, etc…

Ces outils permettent de déployer « l'homme augmenté », c'est à dire l'homme doté à travers ces interfaces de toutes les informations dont il a besoin : plans, gammes, instructions, données techniques, formation, historiques, etc. mais aussi et surtout de tous les services en ligne dont il peut avoir besoin, comme maintenance, aide à la qualité, approvisionnement, services généraux, etc.

Le résultat est que cet homme augmenté peut être responsabilisé, « empowered », et devenir un véritable entrepreneur interne, avec de nouvelles relations au travail.

Voir fiche > Machines intelligentes

BT3- Robots collaboratifs

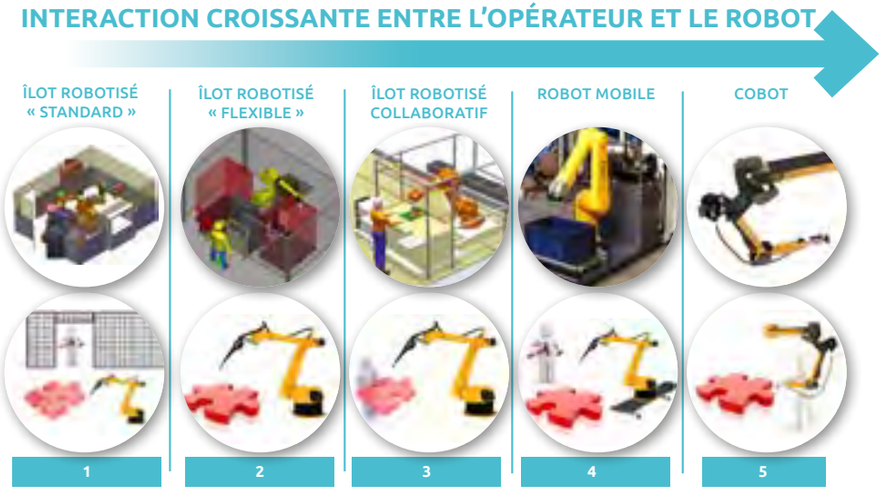
Le robot collaboratif est un robot conçu pour travailler dans une zone commune avec l'opérateur de production ; il intègre les fonctions de sécurité nécessaires pour une interaction directe avec un humain dans un espace de travail coopératif défini.

Les robots collaboratifs intègrent des capacités améliorées d'interaction en toute sécurité avec l'homme et les procédés ; ils peuvent être auto-adaptatifs, c'est-à-dire capables de capitaliser les situations réelles rencontrées pour une prise de décision raisonnée.

On peut classer les typologies d'applications industrielles en cinq catégories, comme évoqué dans le graphique ci-dessous :

- Îlot robotisé « standard » : sans interaction prévue entre l'opérateur et le robot
- Îlot robotisé « flexible » : solution avec apport de solutions techniques en matière de sécurité
- Îlot robotisé collaboratif : solution mettant en œuvre une collaboration entre l'opérateur et le robot, avec une interaction qui peut être ponctuelle selon les besoins ou quasi-permanente.
- Robot mobile : solution introduisant la mobilité du robot
- Cobot (contraction des mots « collaborative robot ») désigne un équipement robotisé permettant d'assister un opérateur dans ses tâches, notamment en permettant une démultiplication des efforts et une réduction de la pénibilité engendrée par une tâche manuelle.

Voir fiche > Robotique collaborative



BT4- Nouveaux matériaux, composites et assemblages multi-matériaux

Dans le cadre de l'Usine du Futur, il est indispensable de considérer le couple matériaux / procédés dès la conception (pour ex : poudre métallique Co-Cr pour réalisation de pièces médicales par procédé de fabrication additive par fusion laser). De même il serait illusoire d'imaginer des procédés avancés de fabrication et la modélisation des procédés sans une connaissance approfondie des matériaux (et en particulier des nouveaux matériaux).

Les nouveaux couples matériaux/procédés de l'Usine du Futur doivent permettre :

- d'améliorer la performance économique des entreprises par le biais de procédés augmentant la productivité des ateliers et la qualité des pièces fabriquées,
- de prendre en compte les évolutions sociétales et réglementaires vers des produits plus respectueux de l'environnement.

L'évolution des matériaux induira :

- d'adapter les procédés classiques par des innovations (ex : emboutissage à haute température sur des THR),
- de développer des nouveaux procédés de mise en œuvre (fabrication additive).

Parmi les évolutions matériaux notables, on note :

- pour les métalliques :
  - les aciers à très hautes performances (THR) (spécifications d'allégement, de sécurité, tout en préservant leur facilité de mise en œuvre. Leur résistance peut atteindre plus de 2000 MPa),
  - les superalliages, développés en vue d'applications à haute température. Ils disposent d'une résistance élevée à la corrosion et au fluage, ou d'une meilleure tenue mécanique en conditions extrêmes et/ou aux chocs. Les bases nickel ou cobalt, avec addition de rhénium ou de ruthénium, sont envisagés pour la construction de nouveaux moteurs d'avion à température de combustion plus élevée ou pour les nouvelles motorisations automobiles à haut rendement énergétique,
  - les alliages légers avec l'utilisation, aujourd'hui, d'aluminium-lithium en aéronautique, d'aluminures de titane pour les aubes de turbine, ou d'alliages de magnésium pour des pièces semi-structurelles comme des éléments de carrosserie ou de sièges.
- pour les élastomères : de nouveaux caoutchoucs émergent, offrant des propriétés spécifiques par l'incorporation de polymères et d'additifs modifiés ou par un traitement particulier lors de la mise en œuvre. Par exemple des élastomères fluorés sont en cours d'étude et peuvent tenir jusqu'à 315°C.
- pour les composites : le défi composite dans le cadre de l'Usine du futur sera d'intégrer massivement les composites dans des marchés à gros volume, et sans doute à grandes cadences. Pour ce faire, il sera nécessaire de :
  - diminuer les temps de cycle de fabrication (usage des composites à matrice thermoplastique par exemple),
  - développer des procédés « grande cadence » (Procédés de drappage automatique, pultrusion, procédés voies liquides (RTM), enroulement filamentaire, placement de fibres ou de rubans de fibres, assemblages multimatériaux),
  - réduire les coûts (Procédés « Net Shape », réduction des pertes « matériaux » et rebus, hybridation des procédés pour fonctionnaliser les pièces au maximum),
  - en parallèle aux développements menés pour les composites à matrice organique, on assiste au développement des composites à matrice céramique pour les tenues à haute température et à l'abrasion.
- les nanomatériaux : matériaux nanostructurés / nanoadditivés pour augmenter les performances.

Différentes contraintes, dont environnementales via l'allègement, mais aussi liées à l'optimisation de la répartition des matériaux au sein d'une pièce ou d'un ensemble en fonction des sollicitations subies, conduisent à concevoir des pièces multi-matériaux, réalisées dans des matériaux choisis pour satisfaire aux besoins spécifiques (tenue à la corrosion, légèreté, propriétés mécaniques…).

Les conceptions multi-matériaux permettent de bénéficier des avantages de chacun des constituants. Elles améliorent les caractéristiques des produits (allégement, absorption chocs…), la qualité perçue (surfaces…) et répondent à des problématiques croissantes de complexité de produit, tout en prenant en compte la compatibilité des matériaux entre eux et les contraintes environnementales. Mais elles nécessitent de mettre en œuvre des techniques d'assemblage de matériaux dissemblables respectant ces fonctionnalités, tout en garantissant une qualité de liaison assurant des propriétés optimales de l'ensemble obtenu.

Parmi les technologies mises en œuvre, on peut citer :

- techniques d'assemblages de deux matériaux métalliques dissemblables : brasage, brasage diffusion et les procédés de soudage à l'état « solide » tels que le soudage diffusion, le soudage par friction, le soudage par friction-malaxage, le soudage par impulsion magnétique (SIM),
- techniques d'assemblages entre un matériau métallique et un matériau composite ou plastique : le vissage, le collage, le rivetage-collage, le soudo-collage, le clinchage, le surmoulage.

Ces conceptions nouvelles nécessitent :

- des méthodologies de dimensionnement d'assemblages hétérogènes, la détermination des modèles de comportement et les bases de données correspondantes obtenues par des essais de caractérisation,

- des moyens de qualifier la qualité de l'assemblage obtenu, préférentiellement par méthodes de contrôle non destructif, et sa durabilité en fonction des sollicitations de service.

Les composites ne sont plus des nouveaux matériaux à proprement parler. Le défi composite dans le cadre de l'Usine du Futur sera d'intégrer massivement les composites dans des marchés à gros volume, et sans doute à grandes cadences. Pour ce faire, il sera nécessaire de diminuer les temps de cycle de fabrication, de développer des procédés « grande cadence », des assemblages multi matériaux, de réduire les coûts…

Voir fiche > Composites à forts volumes

Voir fiche > Assemblage multimatériaux

BT4- Assemblages par procédés de soudage innovants

Les procédés de soudage innovants doivent apporter une réponse à des enjeux technologiques tels que l'allègement des structures, la maîtrise des coûts et de la qualité ou encore la fiabilité et l'augmentation de la durée de vie des appareils. Dans de nombreux cas, les matériaux utilisés vont évoluer, avec par exemple l'utilisation croissante d'alliages d'aluminium, d'aciers à très haute limite d'élasticité et de matériaux dits « nobles ». L'idée générale est d'avoir le bon matériau au bon endroit et le procédé d'assemblage doit être adapté aux matériaux en présence et à leurs épaisseurs.

Les procédés de soudage innovants sont bien entendu des procédés nouveaux, mais également des évolutions significatives de procédés établis de longue date, qui répondent à des besoins croissants :

- capacité à réaliser des assemblages multimatériaux, en particulier entre des métaux ou alliages incompatibles sur le plan métallurgique,
- augmentation substantielle de la productivité, soit en termes de vitesse de soudage, de taux de dépôt ou encore de nombre de passes, généralement grâce aussi à la robotisation,
- amélioration de la qualité des soudures, avec des procédés garantissant l'absence de défauts rédhibitoires ou plus robustes d'un point de vue opératoire pour absorber la variabilité de préparation des plans de joint.

Exemples de procédés de soudage innovants :

- à l'état solide : soudage par friction-malaxage (FSW) et par impulsion électromagnétique (MPW),
- par fusion : soudage laser et hybride laser-MAG, variantes MIG-MAG à court-circuit contrôlé, variantes MIG-MAG à forte pénétration.

Voir fiche > Procédés de soudage innovants

BT5- Capteurs et actionneurs

Un capteur est défini comme un système intégré comprenant le moyen de réaliser une mesure. Il comprend la détection, la transmission et l'analyse de l'information établie. Les capteurs ont pour vocation d'être intégrés dans des systèmes complexes.

On recense trois types de capteurs :

- les capteurs physiques, mesurent une variation (déplacement, température, lumière, masse…) donnant un renseignement sur l'environnement du capteur,
- les capteurs chimiques, transforment de l'information chimique en un signal analytique utile,
- les capteurs biologiques, systèmes de reconnaissance biologique réalisés à l'aide de : biopuces, micro-organismes, ADN… Ils sont perçus comme complémentaires des autres capteurs par leur mesure à l'échelle moléculaire.

L'intégration des capteurs dans des matériaux est considérée comme une voie technologique pour le développement de matériaux intelligents car ils permettent d'assurer le lien entre le matériau et son monde extérieur et confère ainsi au matériau une capacité d'adaptation.

La connexion à Internet des capteurs implantés dans les objets du quotidien, les composants, les machines, les containers, les infrastructures et tout type d'actifs physiques, offre un énorme gisement de valeur économique. Des puces RFID doublées de GPS, de capteurs de température, humidité, accéléromètres, dynamomètres, etc… pourront être implantés dans la plupart des maillons des chaînes de production et d'approvisionnement, permettant d'améliorer la productivité des usines avec la maintenance prédictive et des fonctions additionnelles de supervision , d'améliorer la gestion des flux et de réduire la variabilité ainsi que les coûts liés à la gestion des stocks.

Une énorme capacité de traitement d'information est nécessaire pour utiliser les données rassemblées, les confronter et enfin délivrer la bonne information (cf big data, cloud…).

BT 5- Contrôle, surveillance et traçabilité

Les produits sont élaborés à partir de matériaux de plus en plus complexes et associent de plus en plus de technologies différentes.

La vérification de la conformité du produit réel en regard du produit théorique (celui issu de la spécification, modélisation et simulation) nécessite donc un contrôle et un suivi des performances du produit plus importants tout au long du cycle de vie, avec deux enjeux majeurs :

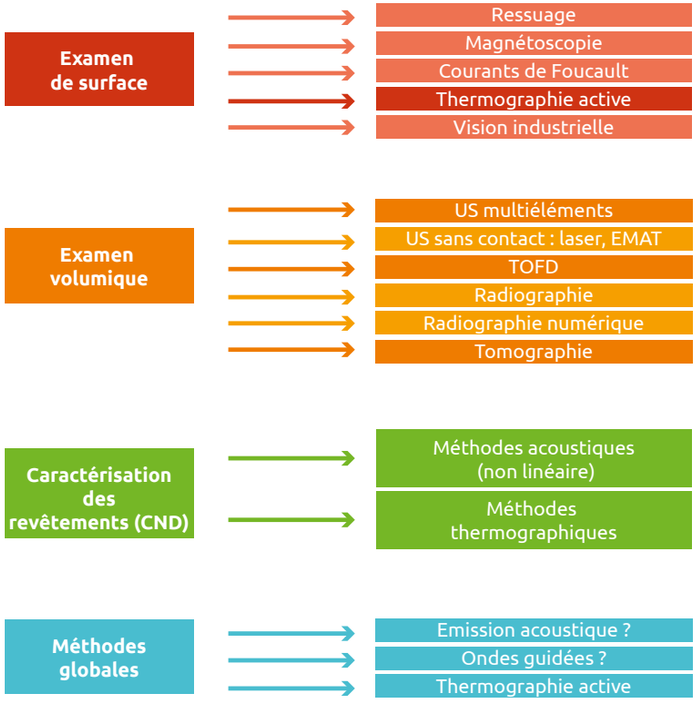
- la surveillance des produits et des procédés : pour anticiper les pannes, augmenter la disponibilité et échelonner les actions de maintenance, minimiser les temps et les coûts de réparation, connaitre en permanence les sollicitations en fonctionnement, rendre le produit intelligent, monitorer en temps

réel (détection des non conformités ou des défauts dès leur formation, et en intégrant des modèles d'analyse de la nocivité des défauts), estimer la durée de vie résiduelle en temps réel,

- le contrôle et la traçabilité : pour des contrôles plus rapides, plus discriminants, traçables, propres, sans rayonnement ionisant, automatisés, à moindre coûts / temps d'opération/sans nécessité de compétences, sur des matériaux nouveaux ; avec, à terme, la possibilité de passer à une chaîne de contrôle complète « tout numérique ».

Pour ce faire, on mettra en œuvre :

- les technologies CND modernes, avec ou sans contact, en s'appuyant sur les nouvelles techniques de traitement du signal et d'imagerie numérique et à l'évolution des capteurs : multiéléments, ondes guidées, thermographie active, tomographie...



- des capteurs intégrés et des modèles de fonctionnement.

La difficulté pour les entreprises résidera notamment dans l'industrialisation et l'intégration optimale des méthodes et des systèmes de CND (le plus souvent, chaque produit nécessite une adaptation spécifique) dans le processus de fabrication.

Les outils de simulation des CND permettront de préparer, avant d'aller sur le site, les conditions opératoires, le choix du contrôle et optimiser les réglages.

Voir fiche > Contrôles Non Destructifs innovants

Voir fiche > Monitoring/surveillance

ENJEUX MAJEURS SUR LE PLAN

ORGANISATIONNEL

Dans le cadre de la mondialisation et de la spécialisation industrielle des économies, le développement de l'entreprise dans nos pays occidentaux repose désormais sur une stratégie majeure :
• développer des activités à forte valeur ajoutée,
• miser sur la créativité, la qualité et la réactivité,
• monter en gamme.
Pour ce faire, il est nécessaire de travailler sur les aspects organisationnels de l'entreprise et de la chaîne des fournisseurs, ainsi que sur le management des ressources humaines dans le cadre d'un dialogue social réinventé.

La qualité totale et l'excellence opérationnelle au cœur de la démarche

Les normes internationales de la qualité se sont orientées vers la Qualité totale (TQM : Total Quality Management ; NF EN ISO 9004 : Gestion des performances durables d'un organisme - Approche de management par la qualité), qui articule stratégie, système, performance, dimension humaine et sociale.

Dans le cadre de la Qualité totale, les parties prenantes sont :

- les clients,
- les fournisseurs,
- les actionnaires,
- les salariés,
- et la société en général.

La qualité optimale se situe au point de rencontre des besoins explicites ou implicites de l'ensemble des parties prenantes.

Une nouvelle organisation de la production doit émerger : flexible, facilement reconfigurable et adaptative, permettant de répondre dans des délais inférieurs aux transports maritimes en provenance de pays lointains. Le délai et la qualité de réalisation d'une production personnalisée doivent être des arguments face à la production de masse.

La flexibilité des moyens de production doit s'accompagner d'une agilité des organisations, cadre de travail d'opérateurs plus polyvalents, poly-compétents et favorisant l'émergence et le développement de processus de coopération et d'innovation.

L'excellence opérationnelle, démarche systématique et méthodique menée dans l'entreprise, a pour but l'amélioration continue des procédés de production, tant en termes de productivité et de qualité des produits que de réduction des coûts de toute nature. Cette démarche utilise une grande variété de concepts, méthodes, techniques ou outils, dont : 6 sigma, AMDEC, Kaizen, Kanban, Lean management, etc… L'excellence opérationnelle, en se focalisant sur la satisfaction du client final, favorise la pérennisation des activités.

Au-delà de l'entreprise en tant que telle, le déploiement des nouvelles technologies numériques doit accélérer, faciliter, changer la mise en relation des différents acteurs de la chaîne de valeur. Les anciennes relations Clients / Fournisseurs, dictatoriales, doivent laisser la place à l'Entreprise Etendue dans un modèle gagnant/gagnant. Ces nouvelles relations inter- entreprises, leader et partenaires, unis autour de mêmes projets avec les mêmes valeurs, doivent permettre la mise en commun et le partage de :

- savoirs, connaissances,
- compétences,
- expériences,

- voire d'équipements industriels dans le cadre du « manufacturing as a service ».

Et ceci, toujours, dans un but d'efficacité, de compétitivité, d'accélération de la croissance de chacun des partenaires : Plus fort ensemble que séparément.

Ces partenariats peuvent être locaux, internationaux, avec des centres techniques ou universitaires, avec tout partenaire, quel qu'il soit, permettant d'accélérer et d'être meilleur.

Les outils de l'excellence opérationnelle

- Le 5S (premières lettres de 5 termes japonais : Seiri (trier), Seiton (ranger), Seiso (nettoyer), Seiketsu (standardiser), Shitsuke (respecter)) a pour objectif d'éliminer les causes de nombreux petits problèmes, sources de perte d'efficacité. C'est l'une des premières méthodes à mettre en œuvre dans une démarche de lean management. Elle vise aussi à changer la mentalité des opérateurs et de l'encadrement.
- La VSM (Value Stream Mapping), analyse de la chaîne de la valeur, des flux physiques et des temps d'écoulement de la production (depuis l'entrée des matières premières jusqu'à l'expédition des produits finis emballés), permet de définir les enjeux et les actions prioritaires d'un plan de mise en œuvre du lean management (aussi appelé roadmap).
- Le lean management est un système d'organisation du travail qui cherche à mettre à contribution l'ensemble des acteurs afin d'éliminer les gaspillages qui réduisent l'efficacité et la performance d'une entreprise, d'une unité de production ou d'un département. Pour cela, le lean se fixe comme objectif d'éradiquer trois « démons » de l'organisation du travail : tout ce qui est sans valeur, la surcharge de travail engendrée par des processus non adaptés, la variabilité ou l'irrégularité.
- Le lean management s'attaque tout particulièrement à la surproduction, aux attentes, aux rebuts-retouches/corrections, aux processus mal adaptés, aux transports/ruptures de flux, aux mouvements inutiles et aux stocks. Pour obtenir des résultats pérennes, le lean management s'appuie sur l'amélioration continue, avec une forte implication de tout le personnel concerné par les processus à optimiser.
- Le management visuel repose sur la transparence des résultats en temps réel, pour tenter d'améliorer la réactivité aux problèmes constatés. Chaque zone ou service doit disposer de ses propres indicateurs, affichés sur place. Les écarts significatifs par rapport aux objectifs fixés doivent donner lieu à une analyse et à un plan d'action correctif.
- La méthode SMED (Single Minute Exchange of Die) est une méthode d'analyse et de diminution des temps de changement de production (ou de série), dont l'objectif est surtout de diminuer la taille des lots pour diminuer la valeur des stocks (produits finis et produits intermédiaires).
- La maintenance productive totale (Total Productive Maintenance ou TPM) est une méthode fondée sur l'observation sur le terrain et la résolution des pannes qui affectent une installation, avec la participation des opérateurs. Deux indicateurs sont utilisés dans cette méthode : le MTBF (Mean Time Between Failures ou temps moyen entre deux pannes) et le MTTR (Mean Time to Repair ou Temps moyen pour réparer). En cas de succès de la méthode, cela doit se traduire par une augmentation du TRS/OEE (Taux de Rendement Synthétique/Overall equipment effectiveness), qui est le principal indicateur du lean manufacturing.

Inventer de nouveaux dispositifs de collaboration

La collaboration est au cœur de l'innovation, pour les produits et les processus de demain. Il s'agit de réseaux sociaux adaptés aux problématiques techniques, permettant le partage d'information, la gestion et la priorisation des idées, la gestion des controverses techniques, la gestion de projet et de programme, la gestion de portefeuilles de produits, etc.

Ce type de collaboration peut être déployé au sein de l'entreprise et à l'extérieur, pour une innovation « outside-in ». Particulièrement importante est la co-innovation avec le client, qui permet de le fidéliser dès les premiers stades du cycle de vie des produits. Cette collaboration concerne aussi bien la conception (des produits, des procédés) que l'exécution. La collaboration en conception permet de définir des produits ou des processus de fabrication fonctionnellement innovants, donc gagnants sur le marché. L'exécution permet d'optimiser en permanence les conditions de la production et la qualité avec un impact direct sur les indicateurs de productivité et de coût.

L'Usine du Futur devra prendre en compte les modifications des relations au travail introduites par ces pratiques collaboratives, y compris les nouvelles possibilités d'organisation du travail pour une collaboration à distance.

Une autre façon de concevoir la mobilité, notamment celle des modes de production, doit être conduite : une mobilité au sens large (produit, homme-compétences, production, organisation), dans un ancrage plus fort avec le territoire d'origine qui organisera par ailleurs l'inscription dans la mondialisation. Cette nouvelle mobilité devra favoriser la communication dans les équipes sur des sites différents et dans les chaînes de partenaires.

Voir fiche > Numérique : outil de compétitivité pour les PME

Voir fiche > Innovation collaborative

Voir fiche > Open Innovation

Voir fiche > Optimisation de la chaîne de fournisseurs

Voir fiche > Manufacturing « as a service »

La flexibilité de l'organisation

L'Usine du Futur devra être intelligente, disposer de modes de production flexibles, d'outils de production reconfigurables et de ressources humaines aux compétences adaptées. L'Usine du Futur se nourrit de procédés flexibles agiles, permettant de produire des objets de façon économe et compétitive. La flexibilité et la reconfigurabilité constituent donc des enjeux clés. Avec cette nécessaire flexibilité mais aussi avec la montée en complexité des produits, les machines du futur devront de plus en plus interagir et coopérer avec l'opérateur. Il sera nécessaire de développer de nouvelles compétences professionnelles.

Dans un système de production fondé sur des technologies avancées, les ressources humaines doivent se renouveler en permanence pour que les compétences puissent s'adapter rapidement aux évolutions techniques. Dans les années à venir, il apparait donc nécessaire de mieux identifier les ressources à mobiliser dans l'organisation du travail et la formation pour développer les compétences.

Voir fiche > Numérique : outil de compétitivité pour les PME

Un système de management de la qualité recentré sur la valeur ajoutée des collaborateurs

Le système de management de la qualité de l'Usine du Futur devra être construit autour de la dynamique des processus et le développement de la responsabilisation des équipes. L'autonomie et la facilité de prises de décisions ne s'exerceront que dans le cadre de règles claires, avec des processus managériaux axés sur la valeur ajoutée des ingénieurs, techniciens et opérateurs, motivants et qui cultivent l'esprit d'engagement au service de l'efficacité. La fluidité du pilotage de la performance sera favorisée par l'utilisation d'outils numériques de l'Usine du Futur tels que les réseaux sociaux, les outils de partage de l'information, le web mobile, la réalité augmentée, les IHM intuitives…

La nouvelle version de l'ISO 9001 (prévue pour le deuxième semestre 2015) préconise de s'attacher dans le système qualité à la compréhension des besoins et attentes des parties intéressées. En ce sens, elle favorise la prise en compte de l'éco système de l'usine dans la mise en place des processus. Egalement, elle demande de mettre en œuvre, à chaque niveau de l'entreprise une analyse des risques et des opportunités d'amélioration qui donneront un rôle plus fort à l'homme dans l'usine.

Voir fiche > Qualité

Logistique du futur

La logistique de l'Usine du Futur sera servie par des outils informatiques de plus en plus précis et de plus en plus communicants. Elle misera également sur l'interpénétration entre outils de logistique et de gestion de l'entreprise afin de synchroniser les flux logistiques et les flux de production et de mettre en place une planification dynamique de la production.

Le concept de gestion de chaîne d'approvisionnement évolue au-delà de l'intendance et de la gestion des stocks, de l'approvisionnement des matières et des transports.

Il s'agit dorénavant :

- de piloter/manager les flux (matière, outils, personnel, monétaire et informations) pour améliorer la performance de l'entreprise, en s'adaptant à la multiplicité et à la complexité des produits, aux fluctuations des marchés et à l'organisation du client, et tout cela en temps réel,
- d'améliorer la coopération entre les acteurs de la chaîne de valeur en s'appuyant notamment sur les TIC (pour exemple : catalogue électronique de composants, dématérialisation des certificats matière…).

Les défis à relever sont nombreux :

- gestion des flux énormes d'informations et traçabilité totale,
- maîtrise des technologies de communication mobile,
- interfaçage complet avec l'organisation du fournisseur et celle du client pour minimiser les volumes stockés et s'affranchir de magasins voraces en coûts.

Les produits devront être pris en charge dès la sortie du système de production du fournisseur ou sous-traitant, jusqu'à leur présentation sur les lignes de montage du client, en juste à temps. L'Usine du Futur devra donc maîtriser totalement l'intégration de la logistique dans son propre système de production. C'est une composante incontournable de la chaîne de valeur.

Les chaînes logistiques amont et aval devront être organisées pour permettre de rapatrier en même temps les produits en fin de vie, soit chez le fabricant soit sur des plateformes de traitement constitutives de filières spécialisées. Basées sur des fournisseurs de services logistiques indépendants, variés en taille et zones de recouvrement (régionale, nationale, internationale), elles devront développer entre elles des modes de collaboration nouveaux. Ces chaînes devront sans cesse se reconfigurer pour minimiser les ressources employées et, donc, limiter leur empreinte environnementale.

Voir fiche > Logistique du futur

Intégration verticale et horizontale

Dans la mesure où la recherche d'efficacité économique pousse l'entreprise à améliorer la mise en réseau, de nouvelles formes de collaboration apparaissent, structurées autour du déploiement des technologies de l'information :

- intégration de l'Usine du Futur tout au long de la chaîne de valeur, des fournisseurs aux clients (intégration verticale),
- collaboration renforcée entre les différents services de l'Usine du Futur, des méthodes au marketing en passant par le contrôle qualité (intégration horizontale).

Cette évolution va avoir des impacts majeurs sur les relations entre l'ensemble des acteurs, dans et à l'extérieur de l'usine : optimisation des relations avec les fournisseurs (partage de planification de la chaîne d'approvisionnement), implication du client via des systèmes de design collaboratif, recours à la collaboration avec des centres de compétence (centres techniques, laboratoires de recherche, mise en commun de moyens,...), meilleure collaboration en interne entre les différents services (conception, méthodes, fabrication, logistique, achats, qualité, marketing produit,...).

Il est capital de faire en sorte que les différents modèles de pilotage de l'entreprise aux différents niveaux soient bien intégrés verticalement. Il est essentiel également que les différents niveaux de modélisation puissent évoluer en permanence sans perturber la production. Par exemple, on peut être amené dans la même période de temps, à introduire un nouveau fournisseur et à collaborer avec lui, à mettre en place une nouvelle procédure de suivi des flux écologiques, à optimiser une ligne de production, à déployer une ligne logistique autonome, à développer une station de fabrication additive, à équiper les hommes de lunettes de réalité augmentée avec les instructions de production, à implémenter une station robotisée, à installer un système de tracking des produits à partir d'étiquettes RFID et de connexion au cloud, etc. Evidemment ces initiatives doivent pouvoir être étudiées et mises en œuvre en parallèle sans perturber la production. C'est là où le numérique est indispensable, pour gérer en permanence le jumeau numérique de l'usine réelle et planifier le déploiement de toutes ces initiatives de compétitivité.

Voir fiche > Intégration verticale et horizontale

ENJEUX MAJEURS SUR LE PLAN

ENVIRONNEMENTAL

Dans un contexte mondial de tensions sur les approvisionnements en matières premières, de transition énergétique et de lutte contre le changement climatique, l'usine limite au maximum son empreinte environnementale et celles de ses produits.
La réduction des rejets et nuisances, l'efficacité énergétique, l'utilisation efficiente des ressources et l'implantation durable dans le territoire sont les enjeux environnementaux majeurs.

Sobre en carbone et en ressources non renouvelables, l'usine met en œuvre des procédés de production à haute performance énergétique et environnementale. Elle s'inscrit dans une démarche d'écologie industrielle et territoriale (mutualisation des flux et des moyens entre entreprises proches).

Intégrée dans un bâtiment à haute qualité énergétique et environnementale, elle utilise une part croissante d'énergies renouvelables.

Dans le développement de ses produits, elle intègre la gestion environnementale à toutes les étapes de leur cycle de vie. En particulier, elle met en œuvre les principes de l'économie circulaire qui visent à « réduire, réutiliser, recycler » ; ses produits sont éco-conçus, facilement recyclables et leur durée de vie est augmentée (remanufacturing, retrofit). Elle associe à ses produits l'offre de services relevant de l'économie de fonctionnalité afin de garder la maîtrise de l'ensemble de cycle de vie du produit.

Elle réduit son empreinte carbone, notamment liée à ses activités logistiques et aux déplacements professionnels de ses salariés.

L'ensemble de ces actions doit avoir un impact positif sur la performance économique globale.

Intégrer l'usine dans son écosystème local

L'enjeu principal sera de démontrer que l'usine, économiquement compétitive, peut s'intégrer dans des écosystèmes urbains (à proximité des lieux de vie) ou ruraux. L'objectif sera de développer des solutions techniques de réduction du bruit, des rejets atmosphériques et aqueux et de recourir à des technologies propres de production. Par ailleurs, les bâtiments de haute qualité énergétique et environnementale auront une architecture intégrée dans le paysage local.

Au-delà de l'enjeu purement technique, un second concerne l'intégration organisationnelle et relationnelle de l'usine dans son écosystème, autour :

- de la logistique et des accès aux systèmes et infrastructures de transport permettant d'optimiser les flux entrants et sortants de l'usine (« logistique du dernier kilomètre » avec des véhicules propres),
- de l'intégration dans le système urbain et au réseau de transport pour le personnel et les visiteurs (intégration dans les quartiers durables, logistique d'évacuation et de traitement des déchets).

Des bâtiments à haute qualité énergétique et environnementale

Faire fonctionnel, pas cher et beau ! Finalement cet enjeu n'est pas nouveau. Au cours de l'histoire industrielle, ces 3 thèmes de l'architecture ont été mis en œuvre à des degrés variés et des réussites diverses.

Dans les années 60/90, le fonctionnalisme l'a emporté avec des usines dont la seule fonction était d'abriter des ateliers souvent de taille importante et peu couteux. L'espace est devenu pour un temps un enjeu mineur avec le développement de l'automobile qui a poussé les usines soit en banlieue soit même à la

campagne. Concilier les impératifs de la cohabitation des lieux de production et des lieux de vie redevient un challenge.

Les bâtiments industriels (de production, d'entreposage) doivent répondre avant tout à leur nécessité fonctionnelle. L'organisation des flux, leurs flexibilités potentielles dans l'espace, les nécessaires alimentations en tout genre (énergie, air comprimé, gaz, chauffage, électricité) sont à penser de telle sorte que leurs gestions et leurs destinations restent adaptables.

D'autres considérations deviennent aujourd'hui prégnantes. Les bâtiments doivent permettre de minimiser l'empreinte carbone. Dès la conception, les ressources en énergie et les consommations non productives doivent être pensées. Il n'est pas rare en effet que plus de 50 % de l'énergie d'un site industriel soit consommée par le chauffage et le reste par le process. Pour les entrepôts, l'enjeu énergétique est différent, la présence humaine étant plus restreinte, les besoins de chauffage le sont aussi.

L'utilisation des matériaux est essentielle pour donner un crédit carbone à l'usine, affranchie de l'énergie fossile (grâce, par exemple, au photovoltaïque) et végétalisée. L'usine de demain sera aimable avec son environnement et plus acceptable grâce au cadre agréable fourni au travailleur. Dans la conception actuelle, les surfaces vitrées sont bannies en raison de leur coût. Or la lumière est un facteur important de qualité au travail mais aussi de confort. Il en est de même du bruit : appliquer les techniques de diminution sonore est également possible pour le confort de tous.

Les bâtiments doivent être conçus pour permettre des modularités simples à mettre en œuvre. Les techniques actuelles et les matériaux doivent permettre de rendre les espaces plus lisibles (absence de poteaux). Ils doivent être économes en termes d'emprise foncière compte tenu de leur rapprochement des centres de vie. Les espaces de circulation et les pratiques de déplacement seront à traiter.

A l'extérieur, les bâtiments doivent s'intégrer aux paysages urbains. Le traitement des façades (matériaux divers, ruptures d'alignement, coloris…) permettent de rendre les lieux de production moins uniformes et surtout plus accueillants. De consommables sur 15 ans (c'est vrai pour les entrepôts), le bâtiment industriel doit devenir un lieu de vie sur une durée plus longue justifiant par là même, le surcout potentiel que représente un aménagement et une construction plus en phase avec son intégration urbaine.

Mais 80 % des bâtiments actuels existeront toujours dans 30 ans…

Voir fiche > Qualité environnementale du bâtiment

Concevoir et produire en maîtrisant les intrants de matière

Les enjeux principaux, relatifs aux flux de matières entrant dans le système productif concernent :

- la réalisation de la fonction demandée sur le produit par un dimensionnement au plus juste tout en garantissant la sécurité, la sûreté et les performances. La matière est alors économisée par une meilleure maîtrise du coefficient d'ignorance (ou de sécurité),
- la mise en œuvre des procédés de transformation permettant d'économiser directement, la matière et l'énergie pour réaliser des produits aux performances comparables à celles obtenues par des procédés traditionnels, à coûts de fabrication analogues.

  Les deux démarches conception des produits et conception procédés de fabrication sont menées conjointement.

Les objectifs concernent donc :

- les méthodes de dimensionnement, et tout particulièrement le remplacement des méthodes de conception déterministes (tout est fait pour qu'il n'y ait jamais de rupture) par des méthodes fiabilistes qui prennent en compte la variabilité des matériaux, des procédés de fabrication et des usages, avec une démarche de maitrise des risques
- les procédés de fabrication diminuant la consommation de matière, comme la fabrication additive,
- le couplage entre la planification de production et les modalités d'anticipation de l'acquisition des matières premières afin d'optimiser la gestion des achats, des délais et des stocks.

La diminution de la consommation de matières, d'énergie, d'eau, etc. passe également par une diminution des rebuts et donc une meilleure maîtrise du procédé de fabrication. Cela implique de disposer des capteurs et systèmes de surveillance des procédés de fabrication permettant :

- de maîtriser les phases transitoires de montée en cadence et d'arrêt de production,
- de détecter toute dérive des paramètres de process,
- de détecter au plus tôt les pièces comportant des défauts,
- de mettre en œuvre une maintenance prédictive basée sur la mesure.

Il s'agit de disposer de modèles fiables et adaptés aux besoins de l'entreprise permettant d'évaluer rapidement la pertinence technico économico environnementale des solutions envisagées en termes de conception, de dimensionnement et de fabrication pour assurer la compétitivité de l'entreprise.

Voir fiche > Modélisation et traçabilité écologique et énergétique

Ecoconception, recyclage

L'écoconception consiste à intégrer les problématiques environnementales dès la phase de conception de systèmes (qu'il s'agisse de produits, services ou processus industriels), afin d'en diminuer l'impact environnemental. Si l'on prend l'exemple d'un produit, la première étape consiste à évaluer les impacts environnementaux du produit actuel avant de mettre en œuvre des alternatives

d'amélioration. Cette évaluation prend en compte toutes les étapes du cycle de vie du produit : de l'extraction des matériaux en passant par sa phase d'utilisation et jusqu'à sa fin de vie. On parle de vision du « berceau à la tombe » ou du « berceau au berceau ».

Pour réaliser cette évaluation, plusieurs méthodologies sont à disposition : l'analyse du cycle de vie (normalisée ISO 14040-44, qui nécessite des bases de données importantes et un temps d'étude conséquent) ou encore, pour les produits mécaniques, une méthode simplifiée en vue de son utilisation par des PME, normalisée NF E 01-005 et CEN/TS 16 524 au niveau européen.

Les pistes d'amélioration indiqueront s'il est plus pertinent d'agir prioritairement sur la phase d'utilisation du produit (efficacité énergétique, consommation d'eau…), la phase amont (diminution des consommations de ressources et de matières) ou la phase de fin de vie du produit (conception en vue du désassemblage pour faciliter le recyclage ou la réutilisation).

L'enjeu principal est de disposer des modèles permettant d'évaluer l'impact environnemental tout au long du cycle de vie des produits et de concevoir ceux-ci pour limiter cet impact en utilisant les démarches d'écoconception. Ces démarches sont les plus efficaces quand le problème est traité « à la source ».

Voir fiche > Ecoconception

L'objectif sera de favoriser ces démarches au sein des entreprises et de poursuivre les travaux engagés en normalisation pour rendre encore plus accessibles les méthodes, outils et données permettant de développer :

- les approches dynamiques de l'ACV ainsi que sa liaison avec les modèles économiques d'industrialisation et de diffusion des produits,
- les données et l'accès aux bases de données relatives aux matériaux, procédés (y compris l'assemblage),
- le couplage de l'ACV initiale avec la réalité du produit tout au long de sa vie, par intégration de la maintenance et de la remise à niveau en cours de vie.

Un autre enjeu de l'écoconception consiste à concevoir des produits qui permettront de favoriser leur réutilisation, leur recyclage, tout en développant l'intégration de matériaux issus du recyclage.

Notamment il s'agit de concevoir et fabriquer des produits qui pourront être aisément désassemblés pour :

- faciliter l'évaluation des ensembles et des pièces après mise au rebut et qui pourraient retrouver le statut de produit après avoir été analysés, expertisés, éventuellement réparés et requalifiés pour une réutilisation sur un périmètre défini,
- faciliter le désassemblage et la déconstruction des produits pour faciliter leur traitement par les filières de recyclages.

Ce qui implique :

- l'évaluation des caractéristiques de matière, l'identification des défauts et l'évaluation de leur nocivité,
- le dimensionnement de produits intégrant des pièces ou sous-ensembles recyclés et requalifiés après d'éventuelles réparations,
- le désassemblage des produits, leur nettoyage, éventuellement leur désinfection et leur décontamination.

Voir fiche > Valorisation des déchets et économie circulaire

Le dernier enjeu est un impératif industriel qui consistera à élaborer des matériaux contenant des intrants issus du recyclage.

Pour cela, il conviendra de :

- les caractériser et accéder à leurs lois de comportement,
- développer les procédés permettant de les mettre en œuvre, dans des conditions économiquement favorables et juridiquement stabilisées.

L'identification des filières de recyclage pertinentes, éventuellement les actions concourant à la mise en place de nouvelles filières, devront assurer le lien avec l'économie circulaire dans une vision des écosystèmes locaux. La mécanique, en tant que fournisseur de biens d'équipements pour les autres secteurs industriels, aura également à concevoir et industrialiser les machines permettant de réaliser et d'automatiser le désassemblage des produits, le tri des déchets, leur préparation pour leur réutilisation, la mise en œuvre de matériaux contenant des intrants issus du recyclage.

Voir fiche > Technologies propres

Efficacité énergétique et réduction de l'empreinte carbone

L'enjeu principal est de réduire les consommations d'énergie et les émissions de CO_2, ainsi que les coûts associés. Pour ce faire, on pourra développer, valider et mettre en œuvre des approches système pour la maîtrise de l'énergie en intégrant l'usine en tant que système énergétique interconnecté à son écosystème. L'usine devient économe en énergie, consommatrice et fournisseur d'énergie mise en réseau dans son écosystème (zone industrielle, agglomération, etc.), dans une optique d'écologie territoriale. Il s'agira également d'optimiser le système de production interne. Les procédés consommateurs et fournisseurs d'énergie, partie de l'usine, sont alors organisés pour optimiser la gestion de l'énergie en agissant au niveau des machines et des procédés, parties du système de production.

Il s'agit de disposer des outils et méthodes permettant :

- l'interconnexion intelligente de l'usine dans son écosystème énergétique : intégration dans les smart grids et outils de pilotage de l'énergie du site,

- le stockage de l'énergie produite par l'usine, permettant de diminuer la consommation d'énergie achetée,
- la gestion de sources d'énergie multiples internes et externes de caractéristiques différentes (solaire, éolien, récupérée dans le système de production) et la garantie de la qualité de l'énergie entrante dans le système de production,
- l'optimisation des procédés pour limiter leur consommation énergétique par l'utilisation de machines fonctionnant avec des sources d'énergie multiples et la rationalisation des procédés pour les optimiser du point de vue énergétique,
- l'optimisation des procédés et des utilités industrielles (air comprimé-vapeur) afin de limiter leur consommation énergétique par des développements technologiques sur les opérations ou fonctions élémentaires (mieux chauffer ou mieux refroidir, diminuer les frottements, lubrifier plus efficacement, etc.),
- l'optimisation de la consommation énergétique de l'usine en tenant compte des besoins des opérateurs (éclairage, ventilation, climatisation, etc.).

Plus spécifiquement pour la réduction des émissions carbone, il convient de noter que tous les actions précitées visant à réduire l'empreinte environnementale participent à la réduction de l'empreinte carbone des activités industrielles au sens large (fabrication, conception de produits…).

En particulier, les entreprises, à travers leurs connaissances de leur situation propre (mise en exergue par les bilans GES ou autre), agissent pour :

- favoriser l'achat de matériaux issus de la filière de recyclage, avec une collaboration étroite avec leurs fournisseurs,
- optimiser et gérer plus finement leur consommation d'énergie, avec par exemple un travail d'amélioration continue de l'efficacité énergétique de leurs procédés par la mise en place de plans de comptage et la sensibilisation des salariés,
- s'approvisionner localement en matériaux et produits semi-finis,
- réduire l'empreinte des transports, en mettant notamment en place un plan de déplacement entreprise ou inter-entreprises (moyens de locomotion communs en partage, incitation à l'utilisation de transports en commun ou du co-voiturage).

Voir fiche > Efficacité énergétique des procédés industriels

ENJEUX MAJEURS SUR LE PLAN

SOCIÉTAL

Les impacts de l'activité des entreprises, notamment industrielles, sur la société sont devenus plus prégnants. Ils touchent non seulement le domaine d'activité propre à ces entreprises, la production de biens et de services, mais ils génèrent également de nombreux effets induits (externalités) qui se manifestent dans de multiples domaines comme le fonctionnement de l'économie, la santé, l'environnement, la solidarité etc. Le développement de la responsabilité sociétale des entreprises ne relève ni du vœu pieu ni d'une obligation mais davantage de la mutation d'un système technico économique sous tendu par des valeurs et des droits.

L'usine doit se réconcilier avec la société et s'insérer harmonieusement dans son écosystème de proximité. Elle doit réduire ses nuisances pour permette son implantation au plus près du cœur des villes et ainsi limiter les nécessités de transports des collaborateurs.

De nouvelles compétences professionnelles seront nécessaires. De nouveaux métiers émergent et continueront d'émerger. Citons l'APEC (les métiers en émergence 2015) : responsable des données numériques, ingénieur cybersécurité, technicien robotique, mécatronique, responsable e-CRM, ingénieur virtualisation, responsable supply-chain, responsable GPEC et talents (gestion prévisionnelle des emplois et compétences)...

Dans un système de production fondé sur des technologies avancées, les ressources humaines doivent se former en permanence pour que les compétences puissent s'adapter rapidement aux évolutions techniques. L'homme aura besoin de s'adapter, de travailler sur lui-même, pour être efficace dans ce nouveau contexte. Il est donc essentiel de bien identifier les ressources à mobiliser dans l'organisation du travail et la formation pour développer les compétences. De même, la capitalisation des compétences, l'assistance aux travailleurs âgés, la mise en place de processus collaboratifs, intuitifs et performants, l'e-apprentissage intuitif, l'auto formation sont indispensables pour disposer des ressources humaines nécessaires.

Enfin, il est indispensable d'améliorer l'image de l'entreprise en donnant une vision attractive pour les jeunes générations de l'Usine du Futur. Le devenir des systèmes industriels et des systèmes de production, qui n'a été abordé, dans les années précédentes, que par le décompte des emplois supprimés et des fermetures d'usines, redevient un enjeu de développement des sociétés française et européenne. Une des ambitions politiques majeures du plan « Usine du futur » est de conserver et développer une activité industrielle forte, innovante, exportatrice, créatrice de richesses et génératrice d'emplois.

L'Usine du Futur est construite autour de l'homme et de ses savoir-faire

Elle privilégie le bien-être des salariés, l'évolution de leurs compétences et leur collaboration au projet de l'entreprise. Elle doit attirer les talents et capitaliser les expertises dont elle a besoin pour son développement, et faire fructifier son « capital humain ». Son organisation permet de cultiver l'efficacité et la créativité de ses salariés, qui sont d'ailleurs incités à développer en continu leurs talents et capacités. Leurs implications et contributions à la prise de décisions sont encouragées. L'allégement de certaines tâches (davantage d'informations relatives au processus traités directement par les machines) offre l'opportunité pour les salariés de mieux utiliser leurs intelligences individuelles et collectives à traiter des informations de nature stratégique. Cela implique en corollaire une évolution des modes de relation avec les autres : acceptation de l'incertitude, tolérance et bienveillance à des idées nouvelles.

Ressources humaines adaptées aux nouveaux enjeux et à l'allongement de l'activité professionnelle, formation tout au long de la vie (e-learning), capitalisation des connaissances et transmission des compétences, autonomie des

opérateurs, connaissance des langues étrangères, implication dans le développement de l'entreprise sont autant de sujets au cœur de la démarche.

Avec une nécessaire flexibilité mais aussi avec la montée en complexité des produits et des services associés, les machines du futur devront de plus en plus interagir et coopérer avec l'opérateur. Les robots seront collaboratifs (travail conjoint et sans barrières physiques entre l'homme et le robot, interfaces intuitives), voire venir en démultiplicateur de la force humaine comme c'est le cas avec la cobotique et les exosquelettes.

L'enjeu de l'Usine du Futur est d'offrir un modèle où l'opérateur agit et prend des initiatives sur une chaîne de production robotisée, un peu à la manière d'un jeu vidéo. L'objet mécanique devient, au niveau de la chaîne qui s'étend de la conception à la distribution, en passant par la fabrication, un objet réglable que l'opérateur manipule au gré d'une demande client évolutive et changeante, en pouvant simuler ses choix sur un modèle virtuel. Ceci induit des remises en cause, des destructions d'emplois pour en créer d'autres, plus qualifiés, pour inventer de nouveaux métiers, et faire rimer ingéniosité avec flexibilité. Ceci implique aussi un profond remaniement des réglementations relatives à la sécurité au travail.

L'homme, au cœur de l'Usine du Futur, accompagne l'évolution de la demande client, impliquant une attention particulière à la formation initiale mais aussi à la formation tout au long de la vie professionnelle. Les produits et les processus changeront régulièrement et de plus en plus rapidement d'où un besoin de réactivité grandissant et de formation continue.

Voir fiche > Capitalisation des connaissances

Voir fiche > Ressources humaines et gestion des compétences

Voir fiche > Formation dans l'action

Développer la Responsabilité Sociétale des Entreprises (RSE)

La RSE est une dimension incontournable du management de l'entreprise et représente un levier de compétitivité pour les entreprises. L'Usine du Futur doit intégrer les principes généraux de l'ISO 26000 (redevabilité, transparence, comportement éthique, reconnaissance des intérêts des parties prenantes, respect du principe de légalité, prise en compte des normes internationales de comportement, respect des droits de l'homme).

Pour les entreprises de la mécanique, un guide « RSE- démarche au service de la stratégie et de l'efficacité des PME mécaniciennes » (guide normatif NF FD E 01-001), propose une approche basée sur l'amélioration continue, à travers un projet d'entreprise dont l'objectif est de renforcer la compétitivité et d'anticiper l'évolution des marchés. L'Usine du Futur s'inscrit donc dans cette démarche globale de progrès des organisations.

Voir fiche > RSE - Responsabilité Sociétale des Entreprises

Le rôle des parties prenantes

Avec l'Usine du Futur, des acteurs récents (le citoyen, le membre des réseaux sociaux et les ONG), tout aussi légitimes que les acteurs historiques (les pouvoirs publics et les partenaires sociaux…) rentrent dans le cercle des acteurs clés des systèmes de production. Il faut inventer et construire la manière d'interagir entre tous ces acteurs de logiques et de cultures différentes.

L'usine dans la ville

Plus intégrée, plus connectée, économiquement compétitive, au cœur des territoires mais ouverte sur le monde, proche des acteurs de son écosystème, l'Usine du Futur contribuera à la dynamisation de son réseau et de l'économie locale.

La prise en compte des critères d'acceptabilité par les citoyens, d'implantation ou de maintien d'une usine à proximité de leur habitation, est essentielle pour limiter les déplacements des personnes et réduire ainsi l'impact environnemental, pour limiter les besoins de réseaux de transport et les investissements publics afférents.

De nouvelles solutions techniques permettant de réduire le bruit des activités industrielles tant au niveau de la production, de la manutention que des flux logistiques (véhicules propres…), de maîtrise des rejets et le recours à des technologies propres et sûres de production, permettront d'envisager de rapprocher les usines des zones d'habitation, au moins pour une partie d'entre elles. Des architectures de bâtiment favorisant l'intégration dans le paysage urbain (design architectural, usine compacte, à faible impact visuel) aideront à insérer harmonieusement l'usine dans son écosystème de proximité.

FICHES THÉMATIQUES

La première partie du Guide a défini les bases du concept d'Usine du Futur puis en a décrit les cinq enjeux majeurs. Pour chaque enjeu, des déclinaisons génériques ont renvoyé vers des fiches thématiques plus précises. Ces fiches thématiques, descriptives des différents composants de l'Usine du Futur, sont réparties en cinq familles, très proches des cinq enjeux majeurs de l'Usine du Futur.

Famille 1
Fiches « Evolution des marchés et impact sociétal »

- Nouvelle économie (en attente) ...
- Economie de la fonctionnalité 60
- Marketing client (en attente) ...

Famille 2
Fiches « Homme, organisation et transformation numérique »

- Assistance cognitive / Réalité augmentée (en attente) ...
- Numérique : outil de compétitivité pour les PME 62
- Innovation collaborative (en attente) ...
- Open Innovation (en attente) ...
- Optimisation de la chaîne de fournisseurs (en attente) ...
- Manufacturing « as a service » (en attente) ...
- Qualité (en attente) ...
- Logistique du futur (en attente) ...
- Intégration verticale et horizontale 66
- Capitalisation des connaissances (en attente) ...
- Ressources humaines et gestion des compétences 70
- Formation dans l'action (en attente) ...
- RSE - Responsabilité Sociétale des Entreprises 74

Famille 3
Fiches « Environnement »

- Qualité environnementale du bâtiment 76
- Modélisation et traçabilité écologique et énergétique (en attente) ...
- Ecoconception 80
- Valorisation des déchets et économie circulaire (en attente) ...
- Technologies propres 82
- Efficacité énergétique des procédés industriels 86

Famille 4
Fiches « Outils numériques »

- Application bibliothèque numérique 90
- Cybersécurité (en attente) ...
- Internet des objets (en attente) ...
- Big data pour l'intelligence de la production (en attente) ...

Famille 5
Fiches « Technologiques »

- Fabrication additive 94
- Flexibilité des Procédés de fabrication conventionnels 98
- Fonctionnalisation de surface (en attente) ...
- Machines intelligentes (en attente) ...
- Robotique collaborative 102
- Composites à forts volumes 106
- Assemblages multimatériaux (en attente) ...
- Procédés de soudage innovants 108
- Contrôles Non Destructifs innovants 112
- Monitoring/surveillance (en attente) ...

Famille 1 - version 1 Date : 01/10/2015

Economie de la fonctionnalité

Description / Définition

L'économie de fonctionnalité consiste à vendre un usage sous forme de services plutôt que des produits, tout en prenant en compte le développement durable. C'est une forme de dématérialisation des échanges pour vendre une fonction ou un service, facturé au pro rata de son utilisation, au lieu de vendre un produit ou un équipement.

Enjeux (avantages)

Sur le plan technologique

Les innovations portant sur la performance seront également susceptibles d'être plus rapidement intégrées si le coût global de possession est réduit pour un nouvel équipement comparativement à un modèle antérieur moins performant.

Sur le plan économique

Les contrats mis en place doivent être incitatifs pour que l'utilisateur ait un intérêt financier à limiter son usage et donc au final une économie et un bénéfice environnemental.

Sur le plan de la transformation de l'entreprise

Les avantages pour le client :

- Transfert des dépenses Capex en Opex ce qui limite l'endettement et les engagements à long terme
- Consommation adaptée à son besoin
- Garantie de résultats et non de moyens, le fabricant reste garant de la qualité de l'offre
- Meilleure visibilité sur le coût.

Les avantages pour le fabricant

- Se différencier avec une offre innovante
- Imposer plus rapidement des innovations, de nouvelles fonctionnalités
- Remonter la chaîne de valeur en proposant davantage de services.

Par ailleurs, la proximité avec le client est renforcée, entraînant de fait une fidélisation plus grande, dans le cadre d'une démarche qui reste vertueuse d'un point de vue environnemental.

Sur le plan environnemental, sociétal

L'un des principaux avantages de l'économie de fonctionnalité est de réduire l'empreinte environnementale du produit : le concepteur de l'équipement aura intérêt à optimiser à la fois la conception et la maintenance de son équipement pour le faire durer et le rentabiliser sur une plus longue période.

Les clés de la réussite

Le concept d'économie de fonctionnalité est apparu il y a plusieurs années et son développement reste malgré tout limité.
L'économie de fonctionnalité peut s'appliquer à des domaines extrêmement variés, tant dans le domaine industriel (m^3 d'eau pompé ou d'air compressé au lieu de pompes ou de compresseurs, km parcourus au lieu de pneus pour les camions) que pour les biens de consommation (Velib parisien, photocopies et non plus photocopieurs….).
Les industriels sont donc concernés à la fois dans la définition de leur offre : mise au point de nouveaux modèles économiques pour vendre l'usage et non plus l'équipement mais également en tant que centre de production : recherche auprès de leurs fournisseurs de solutions permettant d'être facturés à l'usage et non plus à la machine.

Au niveau des compétences à mobiliser, des connaissances et de la formation

Le cadre juridique et financier doit être revue pour s'adapter à l'économie de fonctionnalité, une réforme du droit de la location peut être à envisager.
Le mode de financement spécifique doit également être adapté.
Des mesures économiques et fiscales pourraient être mises en place pour favoriser le développement de l'économie de fonctionnalité.

Les questions à se poser

Les éléments de calcul d'une offre doivent prendre en compte les éléments suivants :

- Amortissement du prix sur une durée raisonnable
- Formation de l'utilisateur, responsabilisation de l'usager
- Service d'assistance téléphonique, coût de remise en état, nettoyage, avant transfert chez un nouveau client.

Maturité de l'offre et de l'adoption

Emergent	Laboratoire	**Prouvé**	Mature	Fréquent	Répandu

Illustrations

Michelin Fleet solution pour les camions : vente d'un nombre de kilomètres parcourus par des pneumatiques plutôt que des pneumatiques.
SAFRAN / Messier Dowty domaine aéronautique) : vente d'un nombre d'atterrissages et de décollages des avions équipés de trains d'atterrissage Messier Dowty, plutôt que des trains d'atterrissage Messier Dowty eux-mêmes.
Xerox managed print services : vente d'un nombre de pages d'impression plutôt que vente des photocopieuses elle-mêmes.

Liens utiles indicatifs

Organisations professionnelles
FIM, PROFLUID

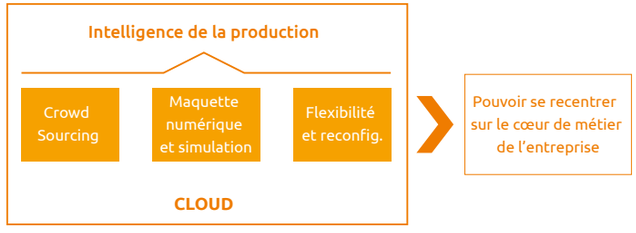
Organisation d'accompagnement
http://economiedefonctionnalite.fr/
http://www.club-economie-fonctionnalite.fr/
http://www.inspire-institut.org/category/economie-de-fonctionnalite

Famille 2 - version 1 Date : 01/10/2015

Numérique : outil de compétitivité pour les PME

Description / Définition

L'Usine du Futur devra être intelligente, disposer de modes de production flexibles, d'outils de production reconfigurables et de ressources humaines aux compétences adaptées. Aujourd'hui la numérisation des PME n'est pas encore nécessairement perçue comme critique à leur développement.
L'Usine du Futur doit être capable de recueillir des informations en continu sur la qualité du produit en cours de production ou du procédé de fabrication en cours de fonctionnement. Ces informations permettant de réagir à des dysfonctionnements éventuels ou à des demandes nouvelles. Ces données doivent aussi être « interconnectées » avec des outils de planification ou même de conception afin d'assurer un maximum de flexibilité.
Ainsi, la numérisation de la chaîne étude-fabrication est cruciale pour répondre à cet objectif.



Cloud

La numérisation passe par la mise en œuvre de logiciels de numérisation de la production ou de collaboration (ERP, MES, plateformes cloud…) mais aussi par la formation des employés à la culture numérique (partage d'information, collaboration…). Grâce aux offres « dans le nuage » (ou Cloud), les PME peuvent bénéficier de logiciels informatiques adaptés et évolutifs (PLM, MOM, ERP) sans avoir besoin ni d'acquérir du matériel informatique, ni d'installer des logiciels complexes au sein de leur entreprise. Grâce au Cloud, l'accès aux technologies du numérique est largement facilité, même s'il doit répondre aux exigences de sécurité et de confidentialité (voir enjeux technologiques ci-contre).

Crowd-sourcing

La numérisation favorise la flexibilité dès la phase de conception avec le développement de procédés tel que le Crowd-Sourcing ou « Open Innovation ». Ce système participatif consiste à faire participer un large public dans certains processus R&D de l'entreprise, afin de recueillir au plus tôt avis et idées. Pour une entreprise de biens manufacturés, cela peut se traduire par le fait de mettre en ligne le catalogue de son offre afin qu'il puisse être utilisé par un maximum de partenaires, et de leur permettre de commenter les produits. Par exemple, dans la mécanique, certaines PME mettent à disposition sur des portails d'échange, leurs catalogues de composants à destination de leurs donneurs d'ordres. La réactivité au marché est ainsi améliorée, au prix d'un risque qui reste à évaluer pour la protection de la propriété intellectuelle (voir enjeux technologiques ci-contre).

Maquette numérique et simulation

La numérisation de la chaîne de production passe par l'utilisation d'une maquette numérique afin de visualiser et de simuler sa production virtuellement. Généralement en 3D, cette maquette doit être une reproduction fidèle de l'entreprise « physique », afin de pouvoir simuler et valider les évolutions de sa production (nouvel équipement, lancement d'un nouveau produit, optimisation de la production…).

Flexibilité et reconfiguration

La flexibilité vient avant tout de l'organisation de l'entreprise mais elle est aidée par deux facteur clés : l'utilisation d'équipements de production faciles à reconfigurer et l'utilisation d'un modèle numérique de la ligne de production qui permet de tester différents scénarios virtuellement avant la mise en application d'une nouvelle configuration (introduction d'un nouveau produit, nouvel équipement de production, nouvelle configuration de la ligne). Au niveau de la ligne de production, la flexibilité induite par la numérisation permet de répondre au mieux aux demandes des clients. Elle nécessite des échanges d'informations importants afin que l'ensemble des équipements soient coordonnés et que toutes les étapes de fabrication soient effectuées correctement afin de garantir l'optimisation de la chaîne de production et le niveau de qualité.

Intelligence de la production

La flexibilité de la production découle également de « l'intelligence de la production » qui regroupe les techniques permettant de récupérer, enregistrer, filtrer, traiter et optimiser des informations liées à la production afin de les rendre accessibles aux managers pour des prises de décisions plus efficaces.

Se recentrer sur le cœur de métier

Grâce à la numérisation, les entreprises raccourcissent le chemin entre les personnes qui prennent les décisions et la chaîne de production. La désintermédiation des services à la production est un élément clé de la nouvelle économie, qui consiste à déléguer à une entreprise tierce ou à automatiser certaines tâches effectuées en interne comme la maintenance des équipements, la logistique ou l'optimisation énergétique. En exploitant en temps réel toutes les données à sa disposition, et en sérialisant ces information sous forme de tableaux de bord métier, ces entreprises peuvent mieux allouer leurs ressources sur leur cœur de métier (production) et les rendre plus efficaces dans leurs prises de décisions.

Enjeux (avantages)

Sur le plan technologique

La numérisation de l'entreprise doit permettre l'atteinte d'une plus grande flexibilité à moindre coût. Cela passe par le développement de technologie de numérisation de la ligne de production permettant aux entreprises de simuler et d'optimiser celle-ci. Ce modèle numérique couplé au développement de l'« intelligence de la production » devrait leur permettre une prise de décision plus rationnelle et efficiente en cas d'imprévus.
Plus que la flexibilité, la numérisation de l'entreprise devrait également lui permettre d'externaliser de manière plus aisée et systématique les taches à faible valeur ajoutée qu'elle est amené à compléter afin de se recentrer sur son cœur de métier et développer son activité.
Cette numérisation doit se faire par le biais du Cloud, qui permet aux PME de bénéficier de logiciels informatiques adaptés et évolutifs dans de bonnes conditions. Au-delà de l'usage des offres Cloud, l'enjeu est également de rendre les informations de l'entreprise consultables en dehors de l'atelier, que ce soit pour accéder aux données de l'entreprise lors de déplacements, ou pour permettre la collaboration avec les fournisseurs et les clients.
Cependant la démocratisation du Cloud est freinée par les inquiétudes en matière de sécurité et de propriété intellectuelle qui y sont liées. Le choix d'une offre cloud privée – ou quand elle existera d'une offre cloud publique – et gérée par un opérateur régional ou national permet une meilleure garantie de qualité et de confidentialité. De même, la publication de modèles numériques dans des catalogues en ligne doit faire l'objet d'une analyse précise des risques en termes de propriété intellectuelle.

Sur le plan économique

L'avantage principal de la flexibilité et de la reconfiguration de la production est de pouvoir

s'adapter rapidement aux évolutions de la demande, et de pouvoir produire une plus grande variété de produits. Cette capacité à adopter rapidement de nouveaux procédés de fabrication ou d'assemblage représente souvent un surinvestissement initial qu'il faut savoir justifier économiquement, car le cout des machines flexibles est supérieur à celui des machines classiques. Pour se faire, la maquette numérique de production permet de créer et simuler des modifications de son entreprise et évaluer les coûts à l'avance.
De plus, la numérisation de l'entreprise doit permettre de faire appel à des services d'aide à la production pour les PME (services de maintenance, de logistique, d'économies d'énergie…). L'enjeu est de pouvoir s'affranchir des tâches à faible valeur ajoutée pour se concentrer sur le cœur de métier et développer l'activité. Cela aussi apporte plus de souplesse et de réactivité face aux marchés.

Sur le plan de la transformation de l'entreprise

La numérisation de l'entreprise permet la mise en place d'outils d'analyse de données ou d'intelligence. L'intelligence de la production est également un facteur de flexibilité. Elle permet aux dirigeants de bénéficier d'informations contextualisées sur leur production, pour gagner en visibilité et pouvoir prendre les décisions plus rapidement et de pouvoir apporter une réponse plus adaptée aux problèmes détectés.

Sur le plan environnemental, sociétal

Avec cette nécessaire flexibilité dans un système de production fondé sur des technologies avancées, les ressources humaines doivent se renouveler en permanence pour que les compétences puissent s'adapter rapidement aux évolutions techniques. Il est donc nécessaire de bien identifier les ressources à mobiliser dans l'organisation du travail et la formation pour développer les compétences.

Les clés de la réussite

Au niveau technologique / numérique

- Mettre en place des outils logiciels performants disponibles sur un cloud sécurisé
- Connecter ses machines-outils à un modèle numérique de son entreprise.

Au niveau des compétences à mobiliser, des connaissances et de la formation

- Cloud, nouveaux services industriels : Ingénieurs de production et/ou logistique
- Crowd-Sourcing, Flexibilité et reconfiguration, Maquette numérique de production : Ingénieur conception/bureau d'études, Ingénieur méthodes
- Intelligence de la Production : Ingénieurs qualité et management.

Maturité de l'offre et de l'adoption

Cloud

Emergent	Laboratoire	**Prouvé**	**Mature**	Fréquent	Répandu

Le Crowd-Sourcing

Emergent	Laboratoire	**Prouvé**	Mature	Fréquent	Répandu

Flexibilité et reconfiguration

Emergent	Laboratoire	Prouvé	**Mature**	Fréquent	Répandu

Maquette numérique de production

Emergent	Laboratoire	**Prouvé**	Mature	Fréquent	Répandu

Nouveaux services industriels

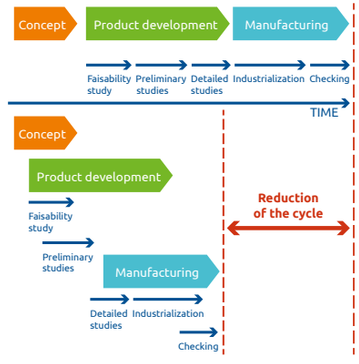
Emergent	Laboratoire	**Prouvé**	Mature	Fréquent	Répandu

Intelligence de la Production

Emergent	Laboratoire	Prouvé	**Mature**	Fréquent	Répandu

Illustrations

Flexibilité et reconfiguration



Maquette numérique de production

Modélisation 3D d'une ligne de production

La modélisation 3D d'une ligne de production permet de tester différents scénarios de façon virtuelle avant la mise en application d'une nouvelle configuration (introduction d'un nouveau produit, nouvelle équipement de production, nouvelle configuration de la ligne).
Intelligence de la Production :
Visualisation pertinente et claire des données de production permettant un contrôle et une réactivité optimale.

Liens utiles indicatifs

Cloud :
http://www.usinenouvelle.com/article/faut-il-propulser-son-plm-dans-les-nuages.N174782
http://www.gfi.fr/sap/sap-byd.php
http://www.3ds.com/products-services/3dexperience/on-cloud/
http://www.3ds.com/products-services/3dexperience/resources/whitepapers/cloud-security/
Le Crowd-Sourcing :
http://www.yet2.com/pages/small-companies
http://www.zazzle.com/
http://www.quirky.com/ge
Flexibilité et reconfiguration :
http://www.usinenouvelle.com/mediatheque/7/0/3/000204307.jpg
Maquette numérique de production :
http://www.keonys.com/offres-et-expertises/logiciels-plm-et-3d/usine-numerique/
http://www.usine-digitale.fr/article/l-usine-du-futur-devra-avoir-sa-maquette-numerique-selon-hugues-drion-autodesk.N218741
Nouveaux services industriels :
Voir le dossier « L'usine connectée, les leviers de la transformation », Gimélec,
http://www.gimelec.fr/content/download/1881/20531/version/2/file/Industrie+4.0+Les+Leviers+de+la+transformation+-+version+finale+-+sept+2014.pdf

Famille 2 - version 1 Date : 01/10/2015

Intégration verticale et horizontale

Description / Définition

Dans la mesure où l'Usine du Futur sera conçue de manière à fonctionner en réseau, des fournisseurs aux clients, à recomposer facilement sa chaîne de valeur afin de s'adapter aux évolutions du marché et des technologies et à mettre à disposition un outil de production flexible et reconfigurable, il est nécessaire de mettre en œuvre des technologies spécifiques relevant essentiellement du domaine du numérique.
On parle d'intégration (différents systèmes n'étant pas jusque-là connectés ensemble).

Trois types existent :

Intégration verticale

Ce type d'intégration vise à optimiser la reconfiguration des processus de production en connectant l'ensemble des Systèmes Cyber-Physiques (capteurs, actuateurs…) avec les différents outils de gestion de production (planification, stocks…), ce qui permet de reconfigurer aisément le processus de production en fonction de la demande des clients.

Intégration horizontale

Ce type d'intégration vise à optimiser la chaîne de valeur du produit, en connectant tout ou partie de la chaîne, au-delà du périmètre de l'entreprise (fournisseurs, clients…), comme par exemples les outils de GPAO partagée. L'intégration horizontale concerne aussi la problématique organisationnelle.

Ingénierie intégrée

Ce type d'intégration vise à optimiser de manière conjointe la conception produit et la conception de la chaîne de production. Il s'agit donc de connecter les différents outils utilisés pour l'ingénierie des produits ou des processus de fabrication, de la conception à la maintenance en passant par la fabrication. Elle concerne aussi bien les outils de conception système (physique, logicielle, électronique) que le PLM (Product Lifecycle Management) au niveau du produit ou bien les solutions de déploiement du type Scada ou MES (Manufacturing Execution Systems) au niveau du processus.

Enjeux (avantages)

Sur le plan technologique

- Les processus de fabrication peuvent être aisément reconfigurés et deviennent flexibles, en fonction des besoins des clients.
- Le processus de production peut être optimisé par la manipulation, l'analyse et le stockage de données en gros volumes.
- Grâce à l'ingénierie intégrée, les conceptions du produit et du processus peuvent être couplées et avancer en parallèle selon une démarche holistique de conception système plus rapide et globalement plus optimisée.

Sur le plan numérique

- Cette démarche repose sur la mise en œuvre systématique de modèles d'équipements, de procédés et de méthodes aux différents niveaux de l'usine (de l'organisationnel à l'opérationnel), selon les standards reconnus. Ces modèles deviennent des éléments pivots pour l'opération, le suivi, la validation et l'optimisation, partageables d'un site de production à un autre. Ce sont des éléments clés pour assurer la sûreté et la sécurité des systèmes et des intervenants.

Sur le plan économique

- De façon générale, l'intégration permet d'obtenir des gains de productivité en optimisant l'ensemble des différentes fonctionnalités requises. Cela part du principe que l'optimum de la somme est supérieur à la somme des optimums.
- L'intégration verticale permet d'adapter (voire de reconfigurer) le processus de fabrication à la demande, par exemple en fonction de nouvelles informations provenant du client ou bien du fait d'une obligation de maintenance. Cette fonctionnalité est très importante d'un point de vue économique car elle évite de reconcevoir un procédé ou de prévoir différents procédés en fonction des cadences attendues (petites séries ou grandes séries).
- L'ingénierie intégrée réduit significativement le temps de développement, l'analyse d'impacts de qualité/sûreté/sécurité des nouveaux processus et de recette des produits ou des processus de production et ainsi le délai de mise sur le marché des nouveaux produits. En reposant sur des modèles standardisés, elle permet également le partage de solutions déployées sur différents sites en s'affranchissant fortement de l'hétérogénéité qui caractérise la réalité de terrain de l'industrie.

Les clés de la réussite

L'enjeu principal de l'intégration est lié à son caractère multidisciplinaire. L'intégration permet en effet de connecter des objets hétérogènes ou de faire travailler des entreprises ou des salariés en réseaux, apportant chacun une fonctionnalité ou une compétence différente.
La principale clé de succès réside donc dans la capacité à décloisonner les domaines technologiques, les services au sein de l'entreprise et les entreprises dans la chaîne de valeur du produit. Les standards et les outils de modélisation et de vérification les supportant, tant pour la description des systèmes que pour leur interopérabilité, sont une des clés majeures de réussite.

Au niveau technologique

Il est nécessaire de mettre en œuvre une approche multidisciplinaire, de l'ingénierie système à l'optimisation de processus de production en passant par la conception et la validation de systèmes cyber-physiques.
Cela passe par l'établissement de liens entre l'univers physique (le capteur) et le monde virtuel ou numérique (la capacité de calcul et le réseau de communication).

Au niveau des compétences à mobiliser, des connaissances et de la formation

L'intégration va générer de nombreux besoins en matière de formation, en particulier au niveau des opérateurs.
Ceux-ci devront pouvoir intervenir dans un contexte fortement numérisé, avec des outils informatiques de plus en plus complexes.

Les questions à se poser

Du fait de sa complexité, l'intégration de ces différentes technologies ne pourra pas se réaliser en une seule étape. En effet, une telle mutation, associée aux potentiels impacts sur l'organisation de l'entreprise, notamment en matière de décloisonnement de ses différents services, doit être envisagée de façon progressive par l'entreprise.
Il est donc important de planifier et d'accompagner ce changement en se dotant d'une méthodologie de migration technologique personnalisable aux situations concrètes rencontrées, en privilégiant des solutions ouvertes, propices à une large interopérabilité entre acteurs, tout en limitant les coûts d'accès à ces technologies pour favoriser l'extension d'un écosystème de PME.

Maturité de l'offre et de l'adoption

Intégration verticale

Emergent	Laboratoire	Prouvé	**Mature**	Fréquent	Répandu

Intégration horizontale

Emergent	Laboratoire	Prouvé	Mature	Fréquent	Répandu

Ingénierie intégrée

Emergent	Laboratoire	Prouvé	Mature	Fréquent	Répandu

Illustrations

MES

Usine virtuelle

Liens utiles indicatifs

Le document Gimélec : Industrie 4.0 – Les leviers de la transformation
http://www.gimelec.fr/Publications-Outils/Industrie-4.0-les-leviers-de-la-transformation
donne de nombreuses références utiles.

Famille 2 - version 1

Date : 01/10/2015

Ressources humaines et gestion des compétences

Description / Définition

L'ambition du plan Industrie du Futur est de garantir la compétitivité de l'industrie française dans un contexte de mondialisation, en favorisant le développement de l'innovation, de l'export, de la création de richesses et d'emplois. C'est une industrie adaptative et respectueuse de l'écosystème et de l'environnement, attractive et basée principalement sur l'interconnexion de ses moyens, aussi bien techniques qu'humains, grâce aux technologies numériques.
L'Industrie du Futur place « l'Homme au centre de l'organisation ». Le développement des ressources humaines nécessaires concerne l'ensemble des processus des entreprises industrielles petites ou grandes.

Enjeux (avantages)

- Assurer l'adhésion de tous au projet Industrie du Futur en accompagnant le changement,
- Permettre aux ressources humaines d'acquérir les compétences nécessaires,
- Savoir construire des parcours de carrière valorisant en offrant des formations initiales et continues permettant l'adaptation des compétences.

Les clés de la réussite

Partie 1 : Les grandes familles de compétences

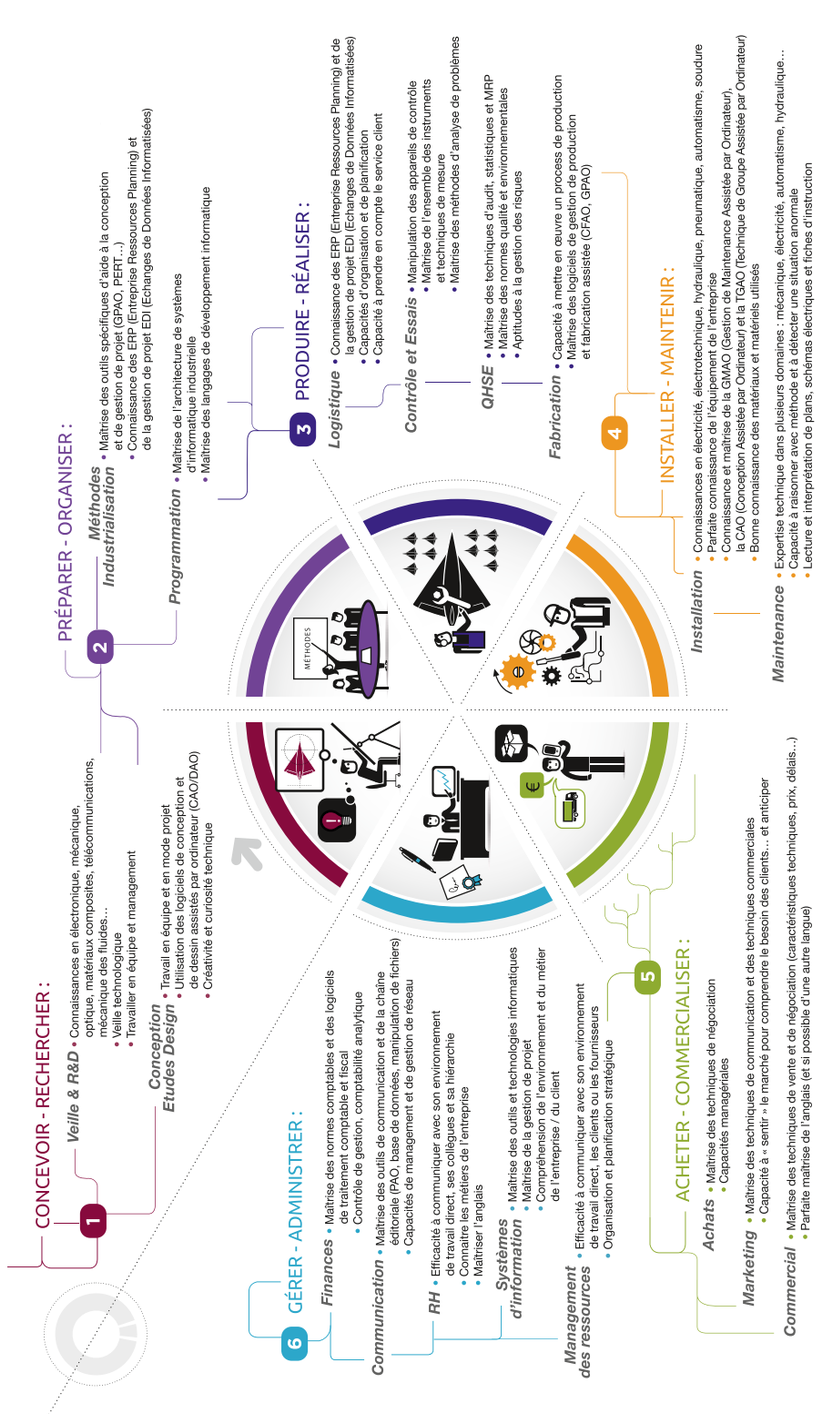
Les compétences liées au projet Industrie du Futur peuvent se regrouper selon la cartographie des métiers qui composent la chaîne de valeur de l'entreprise (source Observatoire de la Métallurgie)

Les compétences vont évoluer pour prendre en compte, selon les domaines :

1. Concevoir – Rechercher
   - La conception dans le respect des règles de l'économie circulaire : intégrer la déconstruction et le recyclage, la production « propre », l'ergonomie…
   - La veille technologique et organisationnelle, dynamique pour inciter à l'Open innovation.
2. Préparer – Organiser
   - La maîtrise des technologies d'information et de communication (TIC), l'interconnectivité.
   - La flexibilité et la capacité d'adaptation des moyens techniques et des moyens humains : évolution de l'ergonomie des postes de travail, évolution des mentalités.
   - L'intelligence économique : traitement et analyse des données, leur protection.
   - L'importance du travail collaboratif entre les services : la notion de service client/fournisseur, que ce soit en interne ou en externe.
3. Produire – Réaliser
   - La connexion des systèmes logistiques à tous les niveaux de la supply chain : maitrise des systèmes informatiques et de communication entre les réseaux.
   - Des procédés de fabrication adaptables et reconfigurables.
   - Des systèmes de contrôle intégrés en amont de la fabrication, produits entrants inclus : captage des données et traitement, asservissement pour ajustement des processus en temps réel.

Les familles d'activités et leurs champs de compétences

Des compétences complémentaires tout au long du processus de production



© : Le public système - Observatoire de la métallurgie

- Des systèmes de management plus exigeants pour une meilleure qualité, une sécurité accrue, une plus grande hygiène, un environnement mieux respecté, une ergonomie de travail plus efficace.

4. Installer – Maintenir
   - Des compétences techniques plus pointues du fait de l'augmentation de la complexité des systèmes techniques
   - Une polyvalence nécessaire afin d'appréhender l'ensemble des composantes : mécanique, informatique, automatique, électronique.
5. Acheter – Commercialiser
   - Une relation collaborative indispensable entre clients et fournisseurs, qui entraine une évolution des compétences liées au métier d'acheteur dans le domaine de la communication en particulier
   - Le marketing évolue pour répondre au besoin du client (marketing client au lieu de marketing produit). Les compétences liées à ce métier devront évoluer dans ce sens.
   - L'objectif, sur le plan commercial, est de faire l'offre la plus compétitive ; cela se construit dès le début de la vie d'un produit en collaboration avec tous les services.
6. Gérer – Administrer
   - Cette famille de compétences requiert méthode et rigueur : l'objectif est le « zéro gaspillage », la production au plus juste (ressources techniques et énergétiques) avec une cohérence entre les décisions stratégiques et l'organisation sur le terrain (objectifs clairement définis, résultats mesurés, suivi des actions en découlant).
   - La réussite de la gestion d'entreprise ne peut se faire qu'en impliquant « l'Homme au centre de l'organisation ». Pour cela, il faut donner du sens à son travail : l'impliquer, le reconnaitre, le valoriser ; le former et lui permettre d'évoluer avec l'organisation, d'être force de proposition.

Partie 2 : Acquisition des savoir-faire et savoir-être pour l'Industrie du Futur

Les compétences de base seront toujours nécessaires mais elles seront complétées par des compétences plus pointues associées à une polyvalence et une autonomie accrues.
Les compétences relatives aux savoir-faire peuvent être classées en deux familles :

- Compétences technologiques :
  Connectivité, internet des objets dans l'usine, mise en réseau des ateliers et des sites de production, interopérabilité des systèmes de captage et d'information, sécurisation des données, réalité virtuelle, réalité augmentée, robotique collaborative, exo squelette…
- Compétences non technologiques :
  Gestion de la connaissance, partage de l'information, ergonomie physique et cognitive des postes et des nouveaux outils, renforcer l'autonomie et faciliter les prises de décisions à chaque niveau de la supply-chain, management des Hommes, management de projet, qualité de vie au travail, systèmes d'auto-évaluation, réseaux sociaux…
  Certaines compétences non technologiques comme la responsabilisation, l'autonomie, le fonctionnement en mode projet, devraient également permettre d'acquérir certains savoir-être dont l'industrie a besoin.
  Le processus d'acquisition des compétences reste le même :
  - Identification des compétences nécessaires fonction de l'évolution des technologies et des métiers
  - Mise en place des formations correspondantes
  - Evaluation de l'acquisition des compétences requises.
  - Par contre, du fait de l'accélération des évolutions technologiques, les modes liés au processus d'acquisition des compétences changeront. Tout va devoir se faire plus vite…

Les questions à se poser

Le projet Industrie du Futur conditionne la compétitivité de l'industrie française dans le respect de l'écosystème et de l'environnement. Cela se fera grâce aux évolutions technologiques mais cela se fera plus encore grâce aux Hommes. En effet ce sont les Hommes qui inventent, qui organisent, qui gèrent.
Positionner « l'Homme au centre de l'organisation » requiert dans un premier temps son adhésion :

- Communiquer, expliquer les changements, donner du sens à l'action
- Montrer les réussites, les belles histoires de notre industrie
- Donner envie.

Ensuite, accompagner l'Homme pour qu'il trouve sa place :

- Valoriser les points forts, faire grandir la confiance
- Mettre la bonne personne à la bonne place
- Accompagner le développement personnel.

Maturité de l'offre et de l'adoption

Emergent	**Laboratoire**	Prouvé	Mature	Fréquent	Répandu

La thématique du développement des ressources humaines pour le projet Industrie du Futur est au stade de la réflexion. Afin de poursuivre le travail engagé, il est nécessaire de mettre en place des groupes de travail pluridisciplinaires incluant les organisations syndicales et tenant compte de la variété du tissu industriel (taille et activité des entreprises).

Liens utiles indicatifs

Observatoire de la métallurgie
Technologies prioritaires en mécanique

Famille 2 - version 1 Date : 01/10/2015

RSE – Responsabilité Sociétale des Entreprises

Description / Définition

La Responsabilité Sociétale est une composante de la mise en œuvre du Développement Durable. Elle caractérise la volonté d'une Organisation (RSE pour Responsabilité Sociétale des Entreprises), d'intégrer des considérations environnementales et sociétales dans sa stratégie pour être en mesure de répondre des impacts de ses activités et décisions sur l'environnement et la société.

Enjeux (avantages)

Sur le plan économique

Les activités d'une entreprise dépendent de l'éco-système environnant. Une entreprise est soumise au regard des diverses parties prenantes concernées par son activité ; elle a une responsabilité sociétale.
La réalité et la perception de la performance d'une entreprise en matière de responsabilité sociétale ont une incidence sur les avantages concurrentiels, la réputation, la capacité à attirer et retenir clients et salariés, la motivation et la productivité des salariés, la vision des propriétaires, investisseurs, de la communauté financière, les relations avec les fournisseurs, les pairs, les médias, les pouvoirs publics.

Sur le plan de la transformation de l'entreprise

La RSE devient une dimension incontournable du management de l'entreprise et constitue un véritable levier de compétitivité dès lors que la démarche est adaptée.
En outre, à la suite du Grenelle de l'environnement, un décret RSE a été publié, il impose aux (grandes) entreprises un reporting de leurs actions RSE.
Mais les Donneurs d'Ordres devront s'assurer que leurs fournisseurs s'engagent sur la voie. Effectivement, de plus en plus de grandes entreprises exigent de leurs fournisseurs une démarche RSE… Les PME qui anticiperont la démarche créeront un avantage concurrentiel du fait du confort dans lequel elles placeront leurs clients Donneurs d'Ordres.

Les clés de la réussite

La norme ISO 26000 est le principal référentiel RSE, même s'il en existe d'autres.
L'ISO 26000, fournit des lignes directrices relatives à la responsabilité sociétale. Universelle, cette norme non certifiable s'applique à toutes les organisations, des secteurs privé, public et à but non lucratif, de grande ou petite taille et quel que soit leur contexte géographique ou sectoriel. La norme ISO 26000 souligne l'importance des améliorations des performances réalisées en matière de responsabilité sociétale.
L'ISO 26000 est le référentiel « universel » de la RSE. C'est un document conceptuel, universel peu aisé à décliner concrètement. L'ISO 26000 ne doit normalement pas donner lieu à certification mais on constate sur le terrain un foisonnement de labels privés.
L'organisation professionnelle mécanicienne, considérant la RSE comme un outil de progrès, de dynamisation de l'activité à travers une démarche volontaire, a élaboré un document sectoriel permettant :

- de limiter les actions aux thématiques pertinentes pour les PME, pour éviter des contraintes trop théoriques (travail des enfants, atteintes aux droits de l'homme),
- d'identifier les actions relevant de la RSE déjà conduites par les PME,
- d'aider les chefs d'entreprises du secteur à montrer leur pro activité en matière de RS et répondre ainsi aux éventuelles sollicitations extérieures…

Ce guide s'est attaché à s'appuyer sur ce qui est fondamental pour un patron, indépendamment de la RSE : le développement durable de son entreprise. Il a donc basé sa réflexion sur un élément clé pour un chef de PME : la stratégie de son entreprise.
La stratégie de l'entreprise dégage une vision long-terme (en opposition avec le mode de pensée dominant centré sur le court terme). L'idée est de promouvoir une vision stratégique, c'est-à-dire une image projetée dans le futur, de la place voulue pour les produits et les services de l'entreprise sur les marchés, et du type d'organisation nécessaire pour y parvenir. A partir d'une vision réfléchie du futur (et non plus une simple extrapolation des tendances du passé), l'élaboration d'une stratégie et d'un projet d'entreprise tenant compte des futurs des marchés et des territoires, permettent d'identifier ruptures, innovations…
Un projet d'entreprise muri et formalisé améliore la pro-activité, l'attractivité, l'efficacité de l'entreprise et finalement son développement global.
Le projet d'entreprise constitue donc la base de la démarche RSE envisagée. L'avenir de l'entreprise dépend de la dynamique des marchés et de sa compétitivité sur ces marchés, en regard de celle des concurrents. La stratégie de l'entreprise est donc une vision à long terme qui s'exprime en un plan d'actions (le projet de l'entreprise), dont le but est de renforcer sa compétitivité en anticipant l'évolution des marchés.
Au sein du projet d'entreprise, de nombreuses actions relèvent de la RSE. Le guide conjugue la formalisation du projet d'entreprise avec le déploiement d'une démarche RSE. Des fiches thématiques proposent des pistes d'actions et d'amélioration qui vont conduire, lors de leur mise en œuvre, à la constitution d'une véritable politique économique socialement responsable.

Maturité de l'offre et de l'adoption

Emergent	Laboratoire	Prouvé	Mature	Fréquent	Répandu

Illustrations

- Respecter la vie privée quand l'entreprise utilise les réseaux sociaux ; cadrer vie professionnelle et vie privée dans l'utilisation des outils de communication
- Favoriser des moments d'échange entre les salariés, sur le travail, les savoir-faire
- Pour favoriser l'expression d'idées nouvelles : créer une boîte à idées, des espaces d'échange, organiser des réunions d'échanges d'information sur des thèmes identifiés avec les collaborateurs et prendre en compte leurs contributions…
- Prendre des mesures de prévention et de protection pour limiter les risques : investir dans des équipements de travail limitant les risques, choisir des EPI adaptés en associant les opérateurs
- Mener une réflexion sur l'adaptation des postes de travail pour les proposer aux personnes en situation de handicap ; prévenir les cas qui risquent de dériver vers du handicap par des mesures de prévention ou des parcours de reconversion en liaison avec le médecin du travail.

Liens utiles indicatifs

- Le Guide mécanicien « FD E 01-001 » intitulé « RSE - Démarche au service de la stratégie et de l'efficacité des PME mécaniciennes » est un document normatif pragmatique, facile d'utilisation, permettant de montrer l'engagement de l'entreprise en matière de RSE en s'appuyant d'abord sur les actions déjà conduites au sein de l'entreprise, et sur l'existence d'une démarche de progrès dans l'entreprise. C'est un Fascicule de Documentation, intégré au sein du parc de normes françaises diffusé par AFNOR, pour avoir un niveau comparable à la norme ISO 26000 et est accessible à la vente sur : *http://www.boutique.afnor.org/recherche/resultats/mot/fd%20e%2001-001categorie/normes*
- NF ISO 26000 : Lignes directrices relatives à la responsabilité sociétale *http://www.boutique.afnor.org/recherche/resultats/mot/iso%2026000/categorie/normes*

Famille 3 - version 1 Date : 20/10/2015

Qualité environnementale du bâtiment

Description / Définition

La qualité environnementale du bâtiment est une démarche volontaire du propriétaire d'un bien immobilier. Les certifications environnementales sont une opportunité de valorisation d'un bâtiment, et permettent des économies d'exploitation importantes.
La qualité environnementale des bâtiments traite de plusieurs thématiques :

- L'Energie :
  - Efficacité énergétique du bâtiment
  - Mesure des consommations du bâtiment
- L'Ecoconception :
  - Choix du site de construction et transports environnants
  - Gestion de l'eau (Eau potable et Eaux pluviales)
  - Gestion des déchets d'activité
  - Anticipation des actions d'exploitation et de maintenance
- L'Eco-Construction :
- Choix des matériaux de construction en fonction de leur impact environnemental
- Gestion du chantier pour minimiser les impacts environnementaux (déchets, bruits, consommations énergétiques…)
- La Santé :
  - Qualité de l'air, Qualité sanitaire de l'eau, Qualité sanitaire des espaces
- Le Confort :
  - Confort Hygrothermique, Confort acoustique, Confort visuel, Confort olfactif

Il existe plusieurs certifications Environnementales pour les bâtiments dont les principales sont :

- Le référentiel NF HQE « Haute Qualité Environnementale » : Référentiel français, mais pas encore applicable aux bâtiments industriels
- Le référentiel BREEAM « Building Research Establishment Environmental Assessment Method » : Référentiel anglo-saxon le plus ancien et le plus répandu dans le monde
- Le référentiel LEED « Leadership in Energy & Environmental Design » de l'USGBC (US Green Building Council).

Des niveaux de certifications différents sont accessibles, d'un niveau de « Base » à un niveau « Exceptionnel ». Les certifications peuvent être appliquées aussi bien pour des projets neufs ou de rénovation.

Enjeux (avantages)

Sur le plan technologique

Les thèmes de qualité environnementale tirent un certain nombre d'innovations technologiques dans le bâtiment :

- L'intégration des énergies renouvelables
- La recherche de matériaux plus respectueux de l'environnement (Isolation, produits de finitions intérieures…)
- L'évolution d'équipements techniques de plus en plus efficaces (Chauffage, Eclairage LED, etc…) et de mieux en mieux pilotés.

Sur le plan numérique

Bien que le numérique ne soit pas une part intégrante du thème «Qualité environnementale du bâtiment», l'apparition du numérique dans la construction des bâtiments peut y être reliée de 2 façons :

- La Gestion Technique du Bâtiment (GTB), permettant un accès aux données numériques de consommation et d'exploitation des équipements techniques, est directement liée à la consommation énergétique des bâtiments (mesurer les consommations permet de facto une diminution de 15 % des consommations énergétiques)
- L'apparition du BIM (Building Information Modeling) permet aujourd'hui une conception « informatisée » des bâtiments, permettant une meilleure intégration des études thermiques et environnementales en phase projet, ainsi qu'une anticipation et une facilitation de l'exploitation et de la maintenance du bâtiment.

Sur le plan économique

La performance environnementale des bâtiments a un coût généralement estimé entre 5 et 15 % du coût de construction du bâtiment, variant en fonction des prestations de base et du niveau de certification et/ou de prestations environnementales souhaitées.
Il peut néanmoins être amorti grâce à :

- La réduction du coût d'exploitation. On estime en effet que lorsqu'aucun effort de consommations ou de facilitation d'entretien et de maintenance n'est réalisé, le coût d'exploitation d'un bâtiment sur 30 ans est 4 fois supérieur à celui de sa construction.
- La valeur future du bâtiment qui se dévalue moins vite que les autres car généralement en avance sur la réglementation à venir.
- L'attractivité du bâtiment face à un nouveau preneur ou acquéreur.

Différentes subventions peuvent être obtenues, en fonction des politiques locales, du type de travaux (rénovation ou neuf) avec les CEE, via les appels à projets de l'ADEME.

Sur le plan de la transformation de l'entreprise

La prise en compte des thématiques des certifications, notamment de confort et de santé, permet d'améliorer le cadre de travail dans l'entreprise. Cela permet de valoriser la « Marque employeur », en favorisant l'attrait de l'entreprise auprès des salariés ou futurs salariés.

Sur le plan environnemental, sociétal

Les certifications environnementales incluent un volet « Management Environnemental » qui nécessite l'implication des maîtres d'ouvrage (chef d'entreprise) dès la phase conception et jusqu'à l'exploitation.
La performance énergétique des bâtiments s'accompagne généralement de changements de comportements des utilisateurs qu'il faut accompagner comme par exemple :

- L'ouverture des fenêtres et la gestion des apports solaires (Volets, Brises soleils etc…)
- La régulation des températures dans des espaces « multi-utilisateurs ».

La réalisation de formations en fin de chantier et en début d'exploitation est une thématique essentielle pour assurer les efforts de diminution des consommations fournis en construction, jusqu'en exploitation (des certifications d'exploitation existent également et permettent de suivre ces thématiques).

Les clés de la réussite

Au niveau technologique

- Etre accompagné par un expert de la construction durable dès la phase de conception : la qualité environnementale d'un bâtiment se détermine dès les premières esquisses du bâtiment (emplacement du terrain, orientation géographique etc…)
- Insérer les objectifs environnementaux dans le contrat de construction du bâtiment.

Au niveau numérique

L'utilisation du BIM permet un gain de temps en conception, mais avant une facilité d'exploitation et de maintenance.

Au niveau des compétences à mobiliser, des connaissances et de la formation

Bureaux d'études ou constructeurs avec compétences environnementales, par exemple BREEAM Assessor, LEED Accredited Professional.

Les questions à se poser
Quel est l'objectif environnemental de mon bâtiment ?
Est-ce que je souhaite une certification environnementale ? Laquelle ?
Quelles sont les priorités à donner dans les performances de mon bâtiment ?
Quel surcoût suis-je prêt à payer ?
Quel est le retour sur investissement (financier et qualitatif) des différentes thématiques environnementales ?

Maturité de l'offre et de l'adoption

Emergent	Laboratoire	Prouvé	Mature	Fréquent	Répandu

Illustrations

© : Schneider Carros

© : BCC

© : Goodman Amazon

Liens utiles indicatifs

Contributeurs à la fiche
GSE
http://www.gse-design-and-build.com

Organisation d'accompagnement
CERTIVEA
http://www.certivea.fr/
BRE
http://www.breeam.org/
USGBC
http://www.usgbc.org/
ADEME
http://www.ademe.fr/

Centres de ressources et de compétences nationaux
CSTB (Français), BRE (Anglais), CEA LITEN (Français)

Ecoconception

Description / Définition

L'écoconception est une méthode de conception d'un produit qui doit permettre, à performances égales, de minimiser ses impacts environnementaux, tout au long du cycle de vie, dans un processus d'amélioration continue et à coût maîtrisé.

Enjeux (avantages)

Sur le plan économique

Les enjeux, sont cruciaux pour les industriels, du fait des exigences réglementaires, des normes applicables, des critères environnementaux présents dans les appels d'offre et cahiers des charges des clients.

Sur le plan économique

L'expérience montre que la méthode permet non seulement de réduire l'impact environnemental des produits mais elle conduit, de plus, à concevoir un produit innovant, et de ce fait plus compétitif que le produit précédent.

Sur le plan de la transformation de l'entreprise

Les industriels qui ont pratiqué l'écoconception, ont soulevé des questions sur leurs produits qu'ils ne s'étaient jamais posées, pour lesquelles ils ont été conduits à rechercher des solutions et à penser autrement la conception. L'écoconception engendre un impact positif ou neutre dans 96 % des cas sur la profitabilité des industriels ayant mené ce type de démarche.

Sur le plan environnemental, sociétal

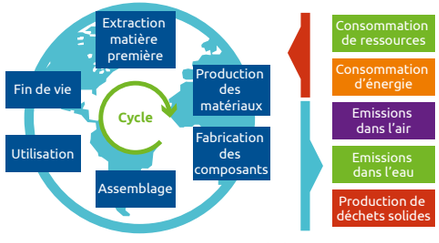
La méthode permet de réduire l'impact environnemental des produits.

Les clés de la réussite

Au niveau technologique

La méthode de conception ou de re-conception se caractérise essentiellement par deux éléments :

- L' approche « cycle de vie » : l'identification des problèmes environnementaux considère les étapes suivantes : l'**extraction des matières premières** dont sont issus les matériaux nécessaires à la fabrication du produit ; la **fabrication** : transformation, mise en forme et assemblage du produit et de ses composants ; l'**utilisation** : inclut le fonctionnement du produit et selon les cas les opérations de maintenance ; la **fin de vie** : selon les scénarios, ces processus peuvent conduire à l'élimination ou à la valorisation de tout ou partie du produit. Entre chacune de ces étapes, on peut trouver des étapes de **logistique** (comprenant le transport et l'emballage du produit et des composants).



source : Gimélec

Impact environnemental du cycle de vie d'un produit

- L'analyse multicritère : à chacune des étapes du cycle de vie, il peut se produire des interactions de différentes natures avec l'environnement : consommations de ressources ; émissions de substances dans l'air, dans l'eau ou dans les sols, production de déchets. Selon le critère environnemental considéré, différents types d'impacts peuvent apparaître. L'analyse multicritère vise à considérer non pas un seul mais plusieurs critères environnementaux parmi les plus « pertinents » pour un type de produits donné.

Au niveau des compétences à mobiliser, des connaissances et de la formation

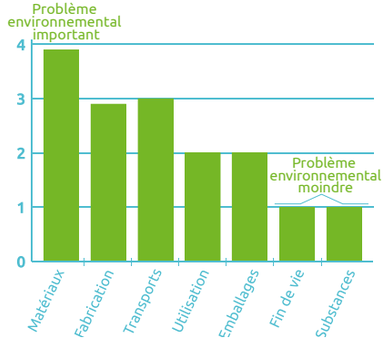
Les compétences requises sont celles d'un personnel de bureau d'études formé à la méthodologie d'écoconception.
Les premières exigences réglementaires sont apparues dans le début des années 2000 et la première norme sur le Management environnemental (Intégration des aspects environnementaux dans la conception et le développement de produit) a été publiée en 2002. Les méthodes d'écoconception ont été réellement mises au point et expérimentées à partir de 2005 et sont ensuite apparues les normes expérimentales sur ces méthodes appliqués aux produits de la mécanique, en 2010 en France et en 2013 en Europe.

Maturité de l'offre et de l'adoption

Emergent	Laboratoire	Prouvé	**Mature**	Fréquent	Répandu

Illustrations

Cas de la re-conception d'un clapet de l'entreprise Danfoss Socla, spécialisée dans la robinetterie industrielle : la méthode a permis la réduction de la quantité de matières premières, la limitation du nombre d'opérations de production polluantes, et le nouveau clapet revient moins cher à la fabrication.



Notation des aspects environnementaux du clapet selon la méthode de la norme NF E 01-005 & CEN TS16524

Cas du filtre de l'entreprise Sofrance qui devait répondre à la demande de l'industrie aéronautique pour réduire la masse du filtre et optimiser le traitement en fin de vie. La méthode a conduit à créer un nouveau filtre, entièrement incinérable et parfaitement interchangeable avec l'ancien. Ce filtre à base de tubes de filtration en matériaux composites, a permis de diviser la masse par 3, d'augmenter la durée de vie de 20 %, de réduire de moitié la consommation d'énergie sur l'ensemble du cycle de vie et enfin de diviser par 10 le coût du traitement en fin de vie.

Liens utiles indicatifs

- L'écoconception pour les mécaniciens, comment concilier conception et environnement pour un développement durable, Cetim (2004).
- Mémento écoconception, Cetim, (2013).
- Ecoconception des composants mécaniques, Encyclopédie des techniques de l'Ingénieur, article [BM 5009 V2] (2014)
- Norme ISO/TR 14062 11-02 Management environnemental - Intégration des aspects environnementaux dans la conception et le développement de produit (2002)
- Norme NF E 01-005 - Ecoconception des produits mécaniques (2010)
- Norme CEN TS 16524 - Ecoconception des produits mécaniques (2013)

Famille 3 - version 1 Date : 01/10/2015

Technologies propres

Description / Définition

Les technologies propres permettent de réduire l'impact environnemental et sanitaire des procédés de production à performances égales ou supérieures. Il s'agit de technologies rendues plus sobres et efficientes.
On désigne sous cet intitulé un produit, un équipement, un procédé (une ou plusieurs opérations unitaires) et le cas échéant d'une procédure (méthode ou bonne pratique de production ou d'utilisation).

Enjeux (avantages)

Sur le plan économique

- Intégration des notions de propreté et de sobriété lors du développement des produits conduisant à une meilleure fiabilité et une diminution des coûts de fonctionnement
- Au niveau des procédés, mise en place de techniques et/ou de bonnes pratiques visant l'élimination des déchets ou leur traitement à la source, la diminution des consommations, le recyclage de l'eau, diminuant ainsi les coûts par une meilleure maîtrise de l'outil de production (utilisation des Meilleures Techniques Disponibles décrites dans les documents BREF liés à la Directive IED sur les émissions industrielles).

Sur le plan numérique

- Développement de systèmes (capteurs et traitement de l'information) analysant, en temps réel, les consommations et rejets d'un produit, d'un équipement ou d'un procédé avec gestion des alertes et valorisation des gains
- Généralisation de l'informatique verte (réduction des consommations d'eau et d'énergie, recyclage de l'eau, algorithmes de calcul optimisés, etc…).

Sur le plan économique

La compétitivité de l'entreprise : la recherche de moindre consommation et d'économie est associée à une performance accrue voire à des innovations. L'entreprise sera également plus attractive pour ses collaborateurs et ses clients.
La pérennité de l'activité : au-delà de la conformité réglementaire, des solutions pérennes et adaptées éloignent le risque d'obsolescence et d'interdiction ou de rejet par les parties prenantes. La moindre dépendance aux ressources (énergie, eau, matières premières) est aussi un bénéfice.

Sur le plan de la transformation de l'entreprise

Une entreprise améliorant de façon continue la propreté de son outil de production, dans une vision durable et en mettant en place un management de projet efficace (Kaisen, 5S, etc..) verra son occupation des sols diminuer de façon importante. Cette surface gagnée pourra servir à accroître son activité ou à en lancer de nouvelles.

Sur le plan environnemental, sociétal

Une usine propre redevient compatible avec la ville moderne, ce qui rapproche le lieu de travail des habitations et contribue donc à diminuer la facture carbone liés aux déplacements.

Les clés de la réussite

Au niveau technologique

L'intégration de Technologies Propres dans une entreprise peut être réalisée selon 3 niveaux distincts dans le but de limiter à la source la production de déchets, rejets… :

- La mise en place de bonnes pratiques mettant en place des actions organisationnelles (ex : suivi et maintenance des fluides de coupe pour augmenter leur durée de vie et par conséquent réduire le volume consommé et la facture déchet).
- L'intégration de moyens complémentaires de traitements (ex : mise en place d'un évapo-concentrateur pour réduire le volume d'effluents aqueux traités et recycler l'eau récupérée).
- Le remplacement de technologies (ex : remplacement de l'opération de rectification, génératrice de boues d'usinage et d'effluents, par le tournage dur ou des procédés de mise en forme par métallurgie des poudres).

Au niveau des partenaires

- Les Centres Techniques (Cetim, Cetim-Ctdec, CETIAT…) disposent des compétences et des outils pour accompagner les industriels pour l'évaluation et l'intégration industrielle des technologies propres.
- Les travaux menés par les universités (ENISE, UTC…) permettent d'identifier les technologies propres en développement dans le but d'un transfert industriel à moyen-long terme via les Centres techniques.
- Des plateformes technologiques mises en place par certaines universités (ex : Provademse - Insa Lyon) sont des lieux de développement favorisant la diffusion de technologies innovantes.
- Les industriels disposent de plusieurs guichets de financement soutenant la R&D et l'investissement de technologies propres (ADEME, BPI France, Agences de l'Eau, CARSAT, Conseils Régionaux (ex : Innov'R en Rhône-Alpes)…).

Les questions à se poser

- En quoi les technologies propres peuvent-elles contribuer à améliorer ma compétitivité ?
- Mes clients sont-ils sensibles à l'image de l'entreprise ou exigent-ils des performances environnementales ?
- Est-ce que la performance environnementale de mes procédés est une condition d'acceptabilité par la collectivité locale ou de pérennité de mon activité ?
- Est-ce que la réduction de l'impact environnemental de mes produits peut contribuer à ma stratégie de développement ?

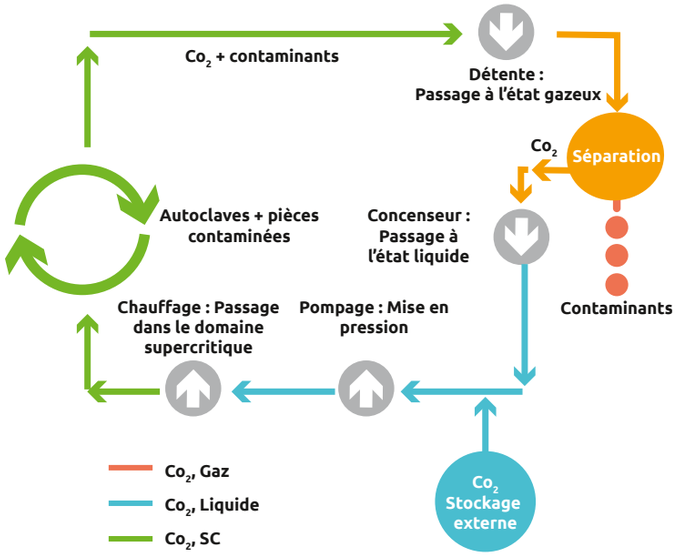
Maturité de l'offre et de l'adoption

Emergent	**Laboratoire**	**Prouvé**	**Mature**	Fréquent	Répandu

Les technologies propres peuvent être disponibles sur le marché, en émergence (démonstrateur permettant de travailler en conditions de fonctionnement industriel mais dont les performances dans le domaine d'application restent à valider), ou en développement (issue de travaux de recherches, validée ou en cours de validation à l'échelle pilote de laboratoire).

Illustrations

Substitution des solvants chlorés pour le nettoyage des pièces mécaniques :
la société DFD a développé un nouvel équipement de nettoyage des pièces mécaniques par CO_2 supercritique répondant ainsi aux besoins industriels.
Le CO_2 liquide est comprimé jusqu'à une pression donnée (> 100 à 200 bars), puis chauffé au-delà de 31°C. Après chargement des pièces dans la chambre de travail, on envoie le CO_2 pour le nettoyage. Le CO_2 contaminé est ensuite envoyé dans le système de séparation par baisse de la pression. Le CO_2 devient gazeux et les contaminants sont condensés ou précipités. Le CO_2 est ensuite refroidi à l'état liquide et est évacué vers le stockage de CO_2 pour être utilisé.



Liens utiles indicatifs

Meilleures Techniques Disponibles :
Directive IED et documents BREF
Cetim :
Nettoyage, une sélection de technologies propres pour les industriels
Le site de l'ADEME :
La page « Entreprises et monde agricole »

Famille 3 - version 1 Date : 01/10/2015

Efficacité énergétique des procédés industriels

Description / Définition

Dans l'industrie, l'efficacité énergétique est le rapport entre l'énergie minimale nécessaire au fonctionnement d'une installation et l'énergie totale consommée. Dans les faits, elle est confondue avec l'efficience énergétique, qui désigne l'état d'un système dont la consommation d'énergie est minimisée pour un service rendu égal. L'efficacité énergétique peut être passive (isolation…) ou active (système de mesure et de management de l'énergie, etc).Dans la vision de l'Usine du Futur, les procédés géreront intelligemment plusieurs sources d'énergie (solaire, éolien, chaleur récupérée, etc...) et pourront dans certains cas en produire.

Enjeux (avantages)

Sous la pression écologique, économique et réglementaire, les industriels vont de plus en plus intégrer l'optimisation de l'utilisation de l'énergie (consommation, production) dans leur process de production mais également dans la gestion des « utilities » (air comprimé, gestion de l'eau de process…). Dans un 1er temps, les audits énergétiques ont été rendus obligatoires dans les entreprises de plus de 250 salariés à partir de 2015 (Dve Efficacité Energétique).

Sur le plan technologique

- Autonomie augmentée des process consommateurs d'énergies fossiles
- Gain par l'utilisation intelligente d'un mix énergétique, dont les renouvelables, gérées par smart grid intégré couplé à des technologies de stockage
- Détection automatique et prévention des fuites de fluides
- Augmentation des rendements par diminution des frottements mécaniques (tribologie)
- Gain par récupération d'énergie (chaleur, cinétique…) et stockage ou réinjection dans le réseau.
- Optimisation des chaînes de transmission de puissance (variation de vitesse, réducteurs à hauts rendements…)

Sur le plan numérique

- Surveillance par la mise au point d'algorithmes de suivi du comportement des procédés et analyse comparative entre sites des données du process (big data)
- Connectivité totale des process dans le réseau informatique de l'entreprise, pour la surveillance et l'intervention à distance et la constitution d'un profil énergétique
- Compatibilité de fonctionnement des smart grids locaux avec la gestion centrale de l'entreprise, permettant de consolider toutes les consommations et production d'énergie
- Mesure de la performance énergétique et management et contrôle en temps réel de l'énergie.

Sur le plan économique

Un projet d'efficacité énergétique, appliqué à une unité de production, permet la réalisation d'importantes économies d'énergie dans les domaines suivants (source ADEME) :

- Les systèmes d'air comprimé : jusqu'à 60 % par poste
- Les systèmes de production de chaud et de froid : jusqu'à 60 % par poste
- Les systèmes de pompage : jusqu'à 80 % par poste
- Les systèmes de ventilation : jusqu'à 60 % par poste
- Les systèmes d'entrainements : jusqu'à 50 % par poste
- Les réseaux de distribution électrique industrielle : jusqu'à 15 % par poste.

Sur le plan de la transformation de l'entreprise

La surveillance active de l'efficacité énergétique, et son optimisation, conduit à utiliser des outils informatiques et des technologies de captation et traitement de l'information de haut niveau.
Une nouvelle fonction de « manageur de l'énergie » est en train d'apparaitre dans les entreprises ; transversale aux différents services, cette fonction, à l'image des responsables assurance qualité permet d'appréhender le cout global des équipements et du process, et de mesurer les progrès accomplis.

Sur le plan environnemental, sociétal

La maîtrise de l'énergie est l'un des points les plus importants du développement durable. Le paquet climat-énergie de l'Union européenne pour 2020 vise à :

- Faire passer la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique européen à 20 %
- Réduire les émissions de CO_2 des pays de l'Union de 20 %
- Accroître l'efficacité énergétique de 20 %.

Les clés de la réussite

La réussite d'un projet d'optimisation de l'efficacité énergétique doit s'intégrer dans une vision globale de transformation de l'entreprise. Sur la base d'un diagnostic préalable, l'objectif est de mettre en place une organisation et des moyens techniques qui permettent de maîtriser durablement et dynamiquement la consommation énergétique, voire d'étudier la possibilité de produire de l'énergie.

Au niveau technologique

- Mettre en place une veille technologique sur les différents composants d'une installation de production (moteurs, variateurs de vitesse, systèmes d'air comprimé, organes cinématiques à haut rendement, capteurs autonomes, etc…).
- S'inspirer des Meilleures Techniques Disponibles (MTD).

Au niveau numérique

S'appuyer sur des logiciels spécialisés (mesure de l'énergie consommée, optimisation des consommations, gestion des alertes…).

Au niveau des compétences à mobiliser, des connaissances et de la formation

Sensibilisation et responsabilisation des collaborateurs aux économies d'énergie.

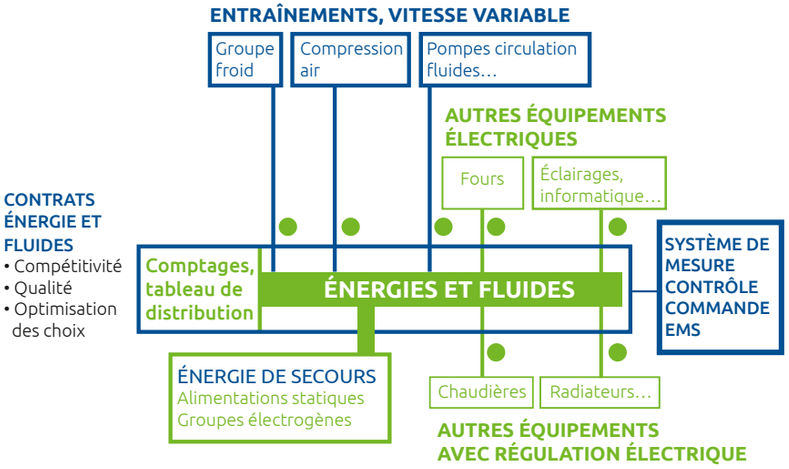
Les questions à se poser

Est-ce que ma structure de coûts dépend significativement de mes consommations énergétiques ?
Ai-je un dispositif de suivi de la consommation d'énergie de mon site ?
Quelles priorités me donner ? (Pareto sur les consommations d'énergie) ?

Maturité de l'offre et de l'adoption

Emergent	Laboratoire	Prouvé	Mature	Fréquent	Répandu

Illustrations



Source : Gimélec

Exemple d'une installation de production

Liens utiles indicatifs

Pour les aspects réglementaires : organisations professionnelles
FIM
http://www.fim.net/fr/sites-fim/accueil/publications/environnement-et-developpement-durable
FIEEC
http://www.fieec.fr/Efficacite%20energetique.aspx
PROFUID
http://www.profluid.org/fr/page_efficacite-energetique_21.html
ARTEMA
http://www.artema-france.org/fichiers/20141128174853_Bonnespratiques12.pdf
GIMELEC

Centres de ressources et de compétences nationaux
ADEME, Cetim, CETIAT :
Norme ISO 50001 – Management de l'énergie
INERIS : Meilleures Techniques Disponibles
EVO : Protocole International de Mesure et de Vérification de la Performance énergétique

Famille 4 - version 1 Date : 01/10/2015

Application bibliothèque numérique

Description / Définition

Afin de pouvoir coupler agilité et qualité, il est impératif de modéliser ses moyens industriels pour simuler et gérer ses processus de production. Des applications de bibliothèques numériques mettent à disposition des industriels des modèles numériques prêts à l'emploi leur facilitant et accélérant la modélisation de leurs usines. Ces applications contiennent des modèles :

- Des équipements nécessaires pour réaliser une tâche particulière au sein de l'entreprise : robots, convoyeurs, outils…
- Des opérateurs en conditions de travail à leur poste (gestes, postures, environnement). Sont ainsi modélisées, la visibilité et l'accessibilité des opérations à effectuer (visibilité de la zone de travail, besoin de baisser la tête pour atteindre la zone…), la pénibilité du travail (port de charges, travail en hauteur…) et l'organisation générale du poste de travail (accessibilité des outils, degrés de liberté autour du produit…). Exemples de normes : NF EN ISO 6385, NF EN 614-1 & 2, NF E 35 109, ISO 7250
- Des catalogues de biens manufacturés (petits outils…) mis en ligne par leurs fabricants afin qu'ils puissent être utilisés par un maximum de partenaires. Cette approche est un cas particulier de crowd-sourcing, un système participatif qui consiste à ouvrir un ou plusieurs services de son entreprise à un large public (R&D, produits et leurs caractéristiques…).

Enjeux (avantages)

Sur le plan technologique

Les domaines d'application sont multiples :

- pour l'usinage et les machines à commande numérique > voir fiche « Flexibilité des procédés de fabrication conventionnels »
- pour les équipements de fabrication additive > voir fiche « Fabrication additive »
- pour les robots de manutention, soudage, peinture… > voir fiches « Robotique collaborative » et « Machines intelligentes »
- pour les équipements de test > voir fiche « Contrôles non destructifs innovants »
- pour les AGV, convoyeurs, grues > voir fiche « Logistique du futur ».

Sur le plan numérique

L'enjeu principal pour les entreprises qui souhaitent gagner en productivité, est d'analyser à l'avance l'impact de nouveaux équipements sur la production (modification des processus de fabrication, de l'organisation spatiale, création de nouvelles compétences…). En disposant d'un modèle numérique de ces équipements, il est possible de simuler et valider leur utilisation virtuellement, avant de les implémenter sur le terrain de manière rapide et optimale.

Sur le plan économique

En diffusant un catalogue numérique de ses innovations, une PME bénéficiera d'une plus grande visibilité au regard des entreprises pouvant utiliser ses solutions, et diffusera plus rapidement ses produits, puisque ses partenaires pourront piocher les éléments qui les intéressent en ligne, avec toutes les caractéristiques liées à ces éléments (BOM), afin de pouvoir les intégrer dans leur maquette numérique.

Sur le plan environnemental, sociétal

Intégrer le facteur humain dès la conception du procédé permet également d'analyser, simuler et valider les taches des opérateurs et les interactions avec les robots/machines, en réduisant au strict minimum les prototypes physiques. La modélisation des opérations manuelles réduit les risques d'accidents et améliore les conditions de travail (réduction des TMS).

Les clés de la réussite

Au niveau numérique

Identifier les équipements complexes et les outillages standards pour lesquels il existe déjà un modèle numérique disponible (public, ou auprès du fournisseur). Si ces modèles ont besoin d'intégrer les données d'usage de la machine (temps d'exploitation, fiabilité, usure), il faut alors que la machine soit instrumentée pour remonter ces données dans le modèle.

Au niveau des compétences à mobiliser, des connaissances et de la formation

Ingénieur bureau d'études.
Mécatronicien qui a pour but d'améliorer la performance de tous types d'équipements en utilisant ses compétences en électronique, l'informatique industrielle et la mécanique.

Recommandation stratégique

Afin de pouvoir profiter de l'augmentation de visibilité qu'offre une bibliothèque numérique, il faut développer une stratégie de propriété intellectuelle afin de protéger ses solutions.

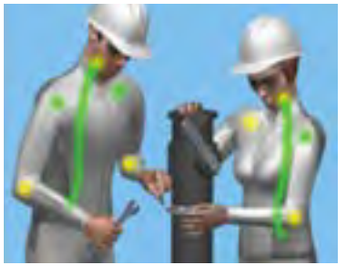
Maturité de l'offre et de l'adoption

	Emergent	Laboratoire	Prouvé	Mature	Fréquent	Répandu
Usinage et les machines à commande numérique					■	
Equipements de fabrication additive		■	■			
Robots de manutention, soudage, et peinture					■	
Equipements de test					■	
AGV, convoyeurs, grues			■			
Ergonomie				■		

Illustrations

Equipements

Modèle 3D d'une grue
Source : http://www.simlog.com/f/sim-grue-a-tour.html



Ergonomie
Modelisation et simulation d'une tache effectuée par deux opérateurs en mesurant les indicateurs d'ergonomie
Source :
http://www.secteur-productique.com/exemples-de-missions.php

Poste de travail
Modélisation et simulation du poste de travail afin d'adapter le mobilier industriel pour une meilleure ergonomie
Source :
http://www.secteur-productique.com/exemples-de-missions.php

Liens utiles indicatifs

Ressources internationales sur l'analyse ergonomique :
http://www.irsst.qc.ca/publications-et-outils/liens-utiles/liste-dune-categorie/c/14

Famille 5 - version 1 Date : 01/10/2015

Fabrication Additive

Description / Définition

La fabrication additive est l'ensemble des procédés permettant de fabriquer, couche par couche, par ajout de matière, un objet physique à partir d'un objet numérique (NF E 67-001). Ils se différencient par :

- La manière de déposer les différentes couches de matériaux (fusion, frittage, polymérisation…)
- Et les matériaux utilisés : sous forme solide (poudres métalliques ou poudres de polymères), liquide (résine photosensible), ou encore sous forme de produits semi finis rubans ou fils.

Enjeux (avantages)

Le potentiel des technologies de fabrication additive, en termes de personnalisation des objets produits et de réduction de l'impact environnemental (la juste quantité de matière utilisée), est considérable.

Sur le plan technologique

- Réalisation directe de pièces de forme complexe en petites séries
- Pas d'outillage spécifique, rapidité de fabrication, réduction des temps de conception
- Possibilité de mettre en œuvre des géométries impossibles à réaliser avec des procédés classiques
- Valeur ajoutée par la réalisation de pièces multi matériaux ou multifonctionnelles
- Eco-fabrication
- Allégement de structure
- Remplacement d'un ensemble de pièces par une seule (cumul de fonctions).

Sur le plan numérique

- Fabrication directe à partir d'un modèle 3D
- Optimisation topologique en vue d'allègement et d'économie matière
- Favorise l'échange dans les entreprises en réseau
- Intégration de la traçabilité dans les fichiers transférés.

Sur le plan économique

- Insertion directe dans le produit de moyens d'authentification
- Personnalisation complète des produits livrables en « juste à temps ».

Sur le plan de la transformation de l'entreprise

- Création d'unités de production autonomes au plus près du besoin
- Conception de services industriels nouveaux (modélisation, optimisation, bibliothèque de formes).

Sur le plan environnemental, sociétal

- Rend possible le concept de l'usine en ville, rapprochant les salariés de lieu de travail.

Les clés de la réussite

Une entreprise souhaitant se doter de moyens en fabrication additive se doit de considérer cette évolution comme un saut technologique.

Au niveau technologique

- Bien étudier la chaîne complète (de la CFAO jusqu'au traitement des déchets, en passant par le choix judicieux de la machine et des moyens de contrôle afférents) avant investissement
- En cas d'utilisation de poudres à faible et très faible granulométrie et/ou inflammables, il convient de maîtriser tous les équipements en environnement ATEX
- Bien maîtriser le confinement du procédé (problématique de santé / sécurité)
- Dans le cas de la fusion laser, par exemple, un four de traitement thermique doit être prévu pour relaxer les contraintes dans les pièces fabriquées
- Choisir le procédé le plus adapté à la pièce à réaliser :

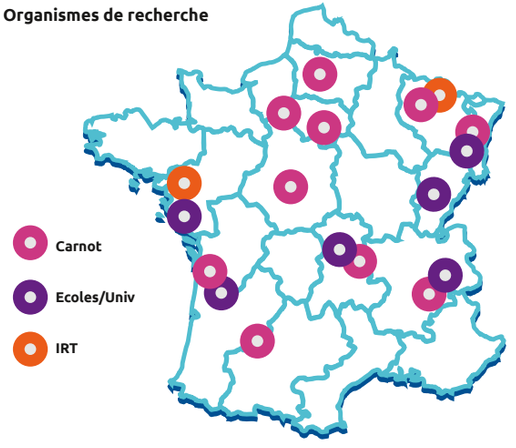
Procédé	Matériau			
	Plastique		Métal	Céramique
	Thermoplastique	Thermodurcissable		
Fabrication par stratification	X		X	
Dépôt de fil fondu	X			
Frittage avec masque	X		X	X
Frittage laser	X		X	X
Fusion laser	X		X	X
Fusion par faisceau d'électrons			X	X
Impression 3D	X		X	X
Fabrication par rechargement laser			X	X
Photo-polymérisation (Stéréolithographie)		X	X	X

Au niveau numérique

- Se doter d'un réseau de type intranet pour le transfert rapide de fichiers
- Veiller à la protection de son savoir-faire de concepteur de pièce
- Disposer de stations de travail puissantes pour optimiser le temps de calcul (modélisation, simulation, etc.).

Au niveau des compétences à mobiliser, des connaissances et de la formation

- Maîtriser l'utilisation de matériaux en poudre
- Se doter de compétences métallurgiques
- Maîtriser l'outil informatique, les logiciels de modélisation, de simulation, d'optimisation
- Intégrer les connaissances sur les technologies de CND pour la vérification de la santé matière (ex. : tomographie).



Maturité de l'offre et de l'adoption

Pour les matériaux non métalliques

Emergent	Laboratoire	Prouvé	**Mature**	Fréquent	Répandu

Pour les matériaux métalliques

Emergent	Laboratoire	**Prouvé**	Mature	Fréquent	Répandu

En fait le degré de maturité dépend du couple procédé/matériau. Par exemple, la fabrication de pièces en titane par fusion laser est presque mature et en passe de devenir standard en aéronautique.

Illustrations

Support de charnière Airbus A320, 60 % de réduction de poids, GE. (à gauche la pièce conventionnelle)

Injecteur obtenu par Direct Metal Laser Sintering DMLS). Nouveau moteur LEAP, General Electric

Liens utiles

Association Française de Prototypage Rapide & Fabrication Additive :
http://www.afpr.asso.fr
Cetim :
http://www.cetim.fr
CEA Tech :
http://www.cea.fr/cea-tech/

Famille 5 - version 1 Date : 01/10/2015

Flexibilité des procédés de fabrication conventionnels

Description / Définition

La flexibilité des procédés de fabrication dits « conventionnels », c'est-à-dire des procédés :
- par enlèvement de matière (alésage, brochage, fraisage, perçage/filetage/taraudage, rectification, planage, rodage, tournage, meulage, découpage, etc…),
- par assemblage (collage, soudure TIG, soudure MIG, soudure à l'arc, etc..),
- par déformation (forgeage par matriçage, frappe à chaud, frappe à froid, extrusion, découpage, emboutissage, pliage, etc..),
- par compactage (métallurgie des poudres),

définit l'aptitude d'un équipement à s'adapter aux évolutions de la demande (taille des séries) et de son environnement. Si la vitesse d'adaptation est importante (jusqu'au temps réel), alors l'équipement est dit agile.

Enjeux (avantages)

Dans le cadre de l'Usine du Futur, 5 axes principaux d'innovation sont identifiés pour évoluer vers l'agilité :
- La connaissance de l'ensemble des procédés conventionnels matures peut amener une entreprise à remplacer l'un des siens par un autre plus performant (exemple : remplacer la rectification par du tournage dur)
- Certains procédés tels que le fraisage peuvent bénéficier de certaines évolutions comme celles liées à l'assistance à la coupe
- La logistique des pièces entre deux procédés peut être grandement facilitée par des solutions techniques qui existent depuis longtemps, comme la palettisation rapportée ou/et la robotisation
- Les machines actuelles, cumulant en leur sein plusieurs procédés, sont très performantes dans le cas de fabrication de petites et moyennes séries de pièces complexes
- L'intégration numérique croissante, via par exemple la commande numérique, permet une plus grande souplesse dans la gestion de la production soit au niveau local (machine) soit au niveau global (supervision, liaison à l'ERP de l'entreprise, etc.).

Sur le plan technologique

Au niveau des procédés par enlèvement de matière :
- La palettisation rapportée apporte une grande flexibilité et une meilleure agilité des procédés. On peut ainsi faire des contrôles sur machine à mesurer tridimensionnelle en cours d'usinage plus facilement. On ne manipule plus des pièces mais des palettes repositionnables à quelques microns. Le transfert entre procédés d'usinage profite des mêmes avantages. Ces technologies facilitent le travail en absence totale (en aveugle, la nuit par exemple) ou partielle de l'opérateur (compagnons s'occupant de plusieurs machines). Elles facilitent la mise en place de robots
- L'utilisation de machines multi procédés ou hybrides permet d'obtenir directement des pièces terminées sans changer de référentiel. Le gain de temps est important dans le cas de pièces unitaires et/ou de petites et moyennes séries et la précision obtenue est nettement améliorée
- Les procédés d'assistance à la coupe (laser, vibrations, cryogénie, ultrasons, jet de lubrifiant à haute pression) permettent d'augmenter la durée de vie des outils et d'obtenir un état de surface amélioré, notamment dans les matériaux très durs comme les inconels, utilisés en aéronautique, ou les alliages au Cr-Co, utilisés en médical
- Les machines auto-adaptatives, c'est-à-dire qui adaptent automatiquement les paramètres d'usinage aux conditions rencontrées lors de l'opération (température, vibrations, puissance absorbée, etc…) accroissent la robustesse des résultats obtenus en termes de précision tout en diminuant fortement le taux de rebuts
- La robotisation de la manipulation de pièces et/ou celle d'opérations d'assemblage ou de finition est grandement facilitée aujourd'hui avec l'arrivée de nouvelles générations de robots collaboratifs pouvant travailler dans l'environnement direct de l'homme.

Au niveau des procédés par déformation (forgeage, découpage/emboutissage) :
- Les presses à servomoteurs permettent d'obtenir des profils vitesse/déplacement qui étaient impossibles à obtenir auparavant. Ces machines permettent des cinématiques d'outils optimisées. Elles améliorent la productivité et la formabilité de la tôle. Il s'ensuit des gains appréciables qui favorisent l'agilité du procédé
- Les techniques de formage « Near Net Shape » (thixomoulage, thixoforgeage, thixoformage) couvrent un domaine qui va de la fonderie au forgeage classique. Les températures et les efforts de formage sont plus faibles. Les pièces sont travaillées à un état semi-solide. Les matériaux habituels sont l'aluminium et le magnésium. Depuis quelques années, les aciers sont utilisés
- Le formage incrémental (sorte de repoussage étendu aux formes quelconques autres que de révolution) permet de s'affranchir de la fabrication d'outils pour les petites séries
- Les technologies de formage et de découpage à grande vitesse (procédés adiabatiques, formage par décharge électrique, magnétoformage) autorisent des cadences de production extrêmement rapides et améliorent la qualité des pièces fabriquées
- Le formage à mi-chaud appliqué aux aluminiums a montré sa faisabilité à partir d'un démonstrateur développé au Cetim. Son intégration à un outil à suivre permet de rendre le procédé intéressant économiquement et sa capacité à former des aluminiums extra durs (séries 7000), jusque-là non formables à froid, ouvre des perspectives importantes pour l'allègement et le remplacement d'acier HLE
- La trempe sous presse est un procédé largement développé dans l'automobile et consiste à emboutir à chaud une pièce en acier au bore et à la tremper directement dans l'outil. La pièce est très dure et renforce des parties de structure du véhicule. Cette technique multi-procédés est très rapide. Dans certains cas, on peut rechercher une trempe différenciée pour obtenir une fonction d'absorption d'énergie
- le profilage à section variable peut être une alternative à l'emboutissage classique pour des pièces standards réalisées en grande série.

Sur le plan numérique

- L'instrumentation des outils de découpage/emboutissage permet d'ajuster au mieux les paramètres de fabrication et contribue à fournir des pièces 100% bonnes en sorte de presse (zéro défaut). L'association de ces outils aux presses à servomoteurs ouvre la perspective d'obtenir des machines plus adaptatives, permettant de diminuer fortement le taux de rebuts. Ce contrôle intégré (en entrée et en sortie de presse, dans l'outil) garantit la performance du process et permet d'anticiper les actions de maintenance à mener sur l'outil ou la presse
- La simulation numérique de l'emboutissage (ou formage, forgeage, etc..) prend de plus en plus en compte les spécificités métiers (par exemple : critères de rupture intégrant l'influence des bords découpés ou l'effet de l'épaisseur sur les faibles rayons) et améliore ses prédictions. Ainsi, elle peut faire diminuer les rebuts de production et écourter les temps de démarrage des séries
- Le contrôle des pièces et du procédé par technologies sans contact fiabilise la production (exemple : contrôle de l'écrouissage des pièces)
- Les presses à servomoteur peuvent être surveillées à distance par des technologies sédentaires ou mobiles car elles ont un potentiel d'utilisation de l'information numérique plus important que les presses classiques (qui doivent être d'abord instrumen-

tées). Elles s'intègrent parfaitement dans la chaîne numérique globale de l'entreprise, ce qui facilite les prises de décision en cas de problème et le retour d'expérience à l'atelier et au bureau d'études
- L'instrumentation des palettes (par des puces embarquées) permet d'obtenir l'information en temps réel et renseigne directement le middleware (MES) pour une planification au plus près des besoins.

Sur le plan économique

Les enjeux économiques adressent :
- La diminution des coûts de production des procédés flexibles (temps de cycles, temps de manipulation, taux de rebuts)
- Une agilité accrue qui permet de produire plus de références en un même temps et d'augmenter le taux d'occupation machine
- La flexibilité de l'outil de production en vue de personnalisation des produits et la diminution du « time to market ».

Sur le plan de la transformation de l'entreprise

- Diminution des tailles des lots et augmentation des changements de série nécessitant une réorganisation de la production.

Sur le plan environnemental, sociétal

- La diminution des rebuts conduit à une entreprise plus propre et plus compétitive
- La maîtrise des procédés et des produits permet de réduire les urgences, de diminuer la consommation énergétique et l'impact environnemental
- Les salariés bénéficient de meilleures conditions de travail.

Les clés de la réussite

Au niveau technologique

Le changement continu fait partie des solutions qui permettent de ne pas fragiliser financièrement l'entreprise. Par exemple, la palettisation rapportée sur une machine à commande numérique n'entraîne pas de coûts prohibitifs et les gains sont rapides.

Au niveau numérique

Chaque investissement doit être accompagné d'une réflexion sur l'intégration de l'équipement dans la chaîne numérique de l'entreprise.

Au niveau des compétences à mobiliser, des connaissances et de la formation

La flexibilité des procédés de fabrication nécessite une évolution des métiers et compétences pour prendre en compte l'hybridation des technologies : informatique, automatisme, métier lié au procédé mis en œuvre, techniques de contrôle, etc.
Une plus grande autonomie des opérateurs (contrôle et régulation, prise de décision et optimisation des processus de manière active) est attendue, via une implication de l'entreprise en termes de management, de formation initiale et continue, d'adaptation des salariés au poste de travail. Ces évolutions rendent incontournable la capitalisation des connaissances métiers formelles et informelles. Elle facilite l'expertise et la prise de décision, tant pour la conception des pièces et des outillages que pour la résolution des problèmes de fabrication.

Les questions à se poser

- Comment puis-je augmenter ma productivité ?
- Comment puis-je répondre à l'évolution des exigences qualité de mon client ?
- Comment diminuer le nombre d'opérations pour la fabrication de mes pièces ?
- Qu'est-ce que la simulation pourrait m'apporter ?
- Comment mettre en œuvre les nouveaux matériaux imposés par mes clients ?
- Comment faire face à l'augmentation des cadences de production voulus par mes clients ?
- Comment faire devant la diminution de la taille de mes séries ?
- Comment capitaliser les connaissances métiers de mes experts en fin de carrière ?

Maturité de l'offre et de l'adoption

Emergent	Laboratoire	Prouvé	**Mature**	Fréquent	Répandu

Il existe aujourd'hui beaucoup de possibilités matures pour améliorer un outil de production conventionnel. Toutefois, le formage à mi chaud de l'aluminium, qui reste une technique en perfectionnement, doit encore faire ses preuves sur des pièces industrielles (technologie prouvée mais non mature).

Illustrations

Machines multifonctions

MAZAK INTEGREX 200 III ST, tournage plus fraisage

Machines hybrides

LASERTEC 65 DMG MORI Fraisage 5 axes plus fabrication additive

R200 INDEX Tournage et rectification

Centres d'usinage robotisés

Robot ABB YUMI, opérations de finitions en sortie machine

Assistance à la coupe

Tête de perçage vibratoire MITIS

Usinage cryogénique d'un arbre en acier

© : IT

Liens utiles

Contributeurs, organismes d'accompagnement
Cetim : Centre technique des industries de la mécanique
http://www.cetim.fr
Cetim-Ctdec : Centre technique du décolletage
http://www.ctdec.com

Organismes professionnels concernés
FIM : Fédération des Industries Mécaniques
http://www.fim.net/fr/sites-fim/accueil
SYMOP : Machines et technologies de production
http://www.symop.com/qui-est-le-symop/
AMICS-E&PI : Usinage, machines spéciales, procédés industriels
http://www.amics.fr/index

Famille 5 - version 1 Date : 01/10/2015

Robotique Collaborative

Description / Définition

Un robot collaboratif est un robot conçu pour travailler dans une zone commune avec l'opérateur en phase de production. Il intègre des fonctions de sécurité (sécurité intrinsèque, capteurs, caméras…) permettant de limiter, voire supprimer la mise en place d'enceinte grillagée et de fluidifier l'interaction homme-robot.
Trois familles principales se dégagent :

- Îlot robotisé collaboratif : interaction homme/robot qui peut être ponctuelle selon les besoins ou quasi-permanente. Exemple : le robot présente une pièce à l'opérateur dans une zone définie comme collaborative ou s'occupe de tâches à faible valeur ajoutée pour l'opérateur.
- Robot mobile : le robot se déplace et évolue de manière autonome, au sein d'un atelier, sans intervention de l'opérateur.
- Cobot/exosquelette : équipement robotisé (bras à contrôle d'effort, orthèse …) permettant d'assister un opérateur dans ses taches, notamment en permettant une démultiplication des efforts et une reprise de charge. Il limite ainsi la pénibilité engendrée par une tache manuelle (ex : ponçage, meulage, manipulation de pièces lourdes ou encombrantes …).

Enjeux (avantages)

La mise en place d'un poste de travail collaboratif (homme-robot) permet de préserver la flexibilité et la polyvalence de l'outil de fabrication en conservant ou réintroduisant l'opérateur humain. Elle favorise les gains de productivité (réduction du coût de la main d'œuvre) tout en maitrisant la sécurité dans les différentes phases d'utilisation (exploitation, réglage, entretien) et la réduction des surfaces au sol (espace de sécurité demandé plus restreint). Le robot collaboratif apporte précision, endurance et effort là où l'opérateur capitalise expertise, intelligence et décision.

Sur le plan technologique

- Optimisation des flux (transport de pièces et/ou d'outils)
- Réduction du nombre d'opérations humaines nécessaires à la réalisation d'une pièce
- Maîtrise et reproductibilité du process, flexibilité, traçabilité facilitée
- Diminution des temps de changement de séries
- Suppression des enceintes de sécurité
- Réalisation d'opérations associées à des gestes difficiles, sans vocation à remplacer l'opérateur.

Sur le plan numérique

- Possibilité d'intégrer totalement le robot collaboratif dans la chaîne numérique de l'entreprise, dans le but de faciliter la gestion de production (MES, ERP, etc.)
- Simulation avant démarrage de la production (démarrer à coup sûr)
- Surveillance à distance par des technologies sédentaires ou mobiles
- Facilité de programmation avec des interfaces simplifiées et didactiques
- Utilisation d'outils numériques pour l'analyse du geste et la conception/choix du système robotisé d'assistance le mieux adapté : capture du mouvement, des efforts, simulation et calculs dynamiques, manipulation immersive.

Sur le plan économique

- Productivité accrue
- Qualité améliorée et reproductible
- Pallie à la pénurie de main d'œuvre
- Développement du Chiffre d'affaires par des possibilités nouvelles de production
- Communication externe en mettant en avant l'avancée technologique, image d'entreprise performante.

Sur le plan de la transformation de l'entreprise

- Toutes les fonctions de l'entreprise sont impactées : le BE pouvant tirer parti des nouvelles possibilités, les méthodes, les régleurs, les opérateurs, la maintenance, etc...
- La culture de l'entreprise se transforme, avec une meilleure acceptation des robots par les opérateurs (pas de suppression de postes, valeur ajoutée humaine augmentée).

Sur le plan environnemental, sociétal

- Les conditions de santé au travail sont améliorées, l'ergonomie des postes étant facilitée grâce la prise en charge par le robot des manipulations répétitives ou pénibles. Conséquences prévisibles : diminution des arrêts de travail, diminution de la pénibilité, augmentation de l'intérêt attribué au travail par l'opérateur, flexibilité dans le choix de l'opérateur (accès à de nouvelles tâches pour le personnel féminin, vieillissant ou handicapé)
- Frein à la délocalisation en effectuant certaines tâches pénibles par ce type de robots
- Relocalisation de certaines activités
- La robotique collaborative rend attrayant les métiers de la production et facilite donc le recrutement.

Les clés de la réussite

Pour que les PME françaises puissent s'équiper durablement en robotique collaborative, elles doivent bâtir une véritable stratégie industrielle, et un plan de communication afférent, autour des cinq piliers non séparables : l'économie (rentabilité, chiffre d'affaires), la production (performance, qualité), l'intégration (process, système d'information, évolution), le réglementaire (directives, normes) et l'humain (valorisation, conditions de travail).
Il est nécessaire de construire une équipe projet représentant toutes les fonctions de l'entreprise.

Au niveau technologique

- Définir précisément un cahier des charges pour l'intégrateur.
- Préférer la polyvalence des robots plutôt qu'un équipement trop spécialisé.
- Ne pas robotiser un process qui n'est pas sous contrôle, c'est-à-dire maîtrisé.
- Ne pas remplacer un opérateur par un robot mais saisir l'opportunité d'optimiser un process en termes de productivité et/ou de valeur ajoutée.

Au niveau des compétences à mobiliser, des connaissances et de la formation

- Proposer un plan de formation personnalisé
- Savoir travailler avec un robot, savoir se mettre en sécurité
- S'assurer que de tels systèmes sont acceptés par les organisations de certification et de contrôle du travail, sachant que les normes techniques et les règlements le permettent (Directive machine…).

Les questions à se poser

- Puis-je éviter de délocaliser mes propres produits ?
- Puis-je relocaliser des activités ou proposer à mes clients de revenir ?
- La productivité de mon outil de production est-elle impactée par des goulets d'étranglement ?
- Vais-je être confronté à une pénurie de main d'œuvre ?
- Ai-je des problèmes de pénibilité du travail ? Suis-je confronté à des pathologies (TMS) liées aux activités de l'atelier ?
- Le personnel est-il prêt à accepter l'arrivée de robots collaboratifs ? Comment communiquer efficacement en interne ?
- Comment valoriser l'homme dans une collaboration homme/robot ?

Maturité de l'offre et de l'adoption

Au niveau des îlots robotisés collaboratifs et des cobots

Emergent	Laboratoire	Prouvé	**Mature**	Fréquent	Répandu

Au niveau des robots mobiles

Emergent	Laboratoire	**Prouvé**	Mature	Fréquent	Répandu

Illustrations

Robots à faible capacité de charge (moins de 13 kg)

Baxter, Rethink Robotics

Hiro, Kawada Industries

IIWA, KUKA

UR5, UR10, Universal Robot

SDA 10D/SDA 10F Yaskawa

Robots à forte capacité de charge (plus de 13 kg)

ABB

FANUC

KUKA

STAUBLI

YASKAWA

Robotique mobile

ADEPT

BA Systèmes

UBR-1

Cobots

RB3D

Liens utiles

Contributeurs, organismes d'accompagnement
Cetim : Centre technique des industries de la mécanique
http://www.cetim.fr
CEA-LIST
http://www-list.cea.fr/index.php/innover-pour-l-industrie/nos-atouts-pour-les-industriels

Organismes professionnels concernés
SYMOP : Machines et technologies de production
http://www.symop.com/qui-est-le-symop/
FIM : Fédération des Industries Mécaniques
http://www.fim.net/fr/sites-fim/accueil
AMICS-E&PI : Usinage, machines spéciales, procédés industriels
http://www.amics.fr/index

Normalisation
UNM : Union de Normalisation de la Mécanique (normalisation du domaine robotique)
http://www.unm.fr
AFNOR
http://www.boutique.afnor.org/
Notamment pour les documents suivants :

- NF EN ISO 10218-1 (2011) : Exigences de sécurité pour les robots industriels – Partie 1 : Robots,
- NF EN ISO 10218-2 (2011) : Exigences de sécurité pour les robots industriels – Partie 2 : Systèmes robots et intégration,
- NF EN ISO 11161 (2007) : Systèmes de fabrication intégrés - Prescriptions fondamentales,
- Union Européenne : Guide pour l'application de la directive Machine 20006/42/CE, *http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/mechanical/files/machinery/guide-appl-2006-42-ec-2nd-201006_fr.pdf.*

Famille 5 - version 1 Date : 01/10/2015

Composites à forts volumes

Description / Définition

Produire des pièces en composites pour des marchés à forts volumes (souvent associés à des productions à haute cadence (de l'ordre de la minute)).
Nota : L'approche composite à forts volumes s'inscrit dans une logique de rupture technologique. Elle suppose un fort savoir-faire spécifique et un fort niveau d'industrialisation.

Enjeux (avantages)

Exploiter les atouts des composites par rapport aux matériaux métalliques dans les marchés à fort volume (mécanique, automobile, BTP, énergie, etc..).

Sur le plan technologique
- Allègement des produits
- Obtention de propriétés mécaniques importantes et orientables, tenue à la corrosion
- Obtention de formes complexes (avec des matériaux sur mesure) ou de grandes dimensions
- Réduction du nombre de pièces, simplification de l'assemblage (y compris avec des pièces métal.)
- Intégration de fonctions, absorption de chocs, tenue aux vibrations, neutralité chimique
- Réparabilité des pièces dans certains cas
- Recyclabilité dans certains cas.

Sur le plan numérique
- Par l'utilisation des outils de simulation, garantir une qualité et une reproductibilité des caractéristiques des pièces.

Sur le plan économique
- Réduction du coût de fabrication, compte tenu des formes que l'on peut obtenir et de l'intégration éventuelle de fonctions (instrumentation, etc…)
- Robustesse du positionnement marché
- Amélioration de la durée de vie des pièces
- Réduction des pertes matières et des rebuts.

Sur le plan de la transformation de l'entreprise
- Nécessité de travailler avec l'ensemble de la Supply Chain, des chimistes et fabricants d'équipements jusqu'aux donneurs d'ordres
- Possibilité de changement de métier en basculant du métallique au composite.

Sur le plan environnemental, sociétal
- Réussir sa stratégie environnementale en collaborant avec les filières de recyclage adaptées (exemple : dissolution des résines, extraction des fibres pour réemploi)
- Bonne acceptation par le public des produits en composite.

Les clés de la réussite

Il est nécessaire d'avoir une réflexion globale « Matière-Procédé-Outillages-Produit » pour aboutir au meilleur compromis performance, robustesse, cycle et coût.

Au niveau technologique
- Développer des procédés « Grande Cadences » : procédés de drapage automatique, pultrusion, procédés voies liquides (RTM), enroulement filamentaire, placement de fibres ou de rubans de fibres, assemblages multi matériaux. Ces procédés peuvent être adaptés aux résines thermodurcissables mais donnent déjà d'excellents résultats avec les résines thermoplastiques.
- Diminuer le temps de cycle de fabrication (robotisation, pilotage auto-adaptatif)
- Réussir sa conception en s'appuyant sur des bases de données matériaux et une bonne connaissance des composites
- Réduire le temps de préparation du matériau composite en amont du procédé
- Intégrer le maximum de fonctionnalité lors de la mise en œuvre du composite par l'hybridation des procédés (insertion de composants pendant la fabrication)
- Mettre en place des technologies de contrôle (forme, santé matière, etc…) en continu, adaptés aux pièces et aux procédés (Tomographie haute résolution, Ultrasons mono et multi éléments, thermographie infrarouge active, radiographie X).

Au niveau numérique
- La chaîne numérique doit être la plus complète possible entre procédés et conception
- S'appuyer sur des technologies de simulation/essais multi matériaux pour
  - optimiser la composition renfort/matrice (renfort au bon endroit, dans le bon sens avec le bon maillage en minimisant les pertes matières)
  - maitriser la viabilité du procédé lié à l'anisotropie des composites.

Au niveau des compétences à mobiliser, des connaissances et de la formation
- Obligation d'adapter les compétences aux procédés dédiés à la fabrication de composites à forts volumes par un plan de formation continue (nouveau métier).
- Nécessité de s'affranchir des géométries métalliques et penser composite.

Les questions à se poser
- Puis-je faire ma pièce en composite ? Quels sont les avantages techniques ?
- Quelles fonctions puis-je intégrer à ma pièce ?
- Le ROI est-il compatible avec ma stratégie d'investissement ?

Maturité de l'offre et de l'adoption

Emergent	Laboratoire	**Prouvé**	Mature	Fréquent	Répandu

Illustrations

Pultrusion

Formage

RTM
Infusion

Enroulement filamentaire

© : Cetim

Liens utiles

Contributeurs
Cetim : Centre technique des industries de la mécanique
http://www.cetim.fr

Organismes professionnels concernés
FIM : Fédération des Industries Mécaniques
http://www.fim.net/fr/sites-fim/accueil

Centres de ressources et de compétences nationaux
ONERA : recherche en aérospatiale
http://www.onera.fr/

Irt Jules Verne : recherche sur les technologies avancées de production
http://www.irt-jules-verne.fr/
Technocampus EMC2 : technocampus composites
http://www.technocampusemc2.fr/
CEMCAT
https://sites.google.com/site/cemcat2/
PPE : Pôle Plasturgie de l'Est
http://www.ppe-composites.fr/
PEP : Pôle Européen de la Plasturgie
http://www.poleplasturgie.net/

Famille 5 - version 1 Date : 01/10/2015

Procédés de soudage innovants

Description / Définition

L'éventail de Procédés de Soudage Innovants est relativement large :

- Avec d'une part des technologies de rupture telles que le procédé FSW (Friction Stir Welding ou soudage par friction-malaxage) ou le soudage par impulsion électromagnétique.
- Avec d'autre part des technologies de continuité regroupant notamment les procédés innovants de soudage MIG-MAG à énergie contrôlée ou à forte pénétration, qui ont été développés grâce aux avancées dans le domaine de l'électronique de puissance. Les procédés de soudage TIG, sous flux en poudre, laser et hybride laser-MAG ont également bénéficié de certaines avancées technologiques.

Enjeux (avantages)

Les Procédés de Soudage Innovants répondent à deux enjeux majeurs : la productivité des opérations de soudage et qualité des produits soudés.

Sur le plan technologique

- Vitesses de soudage très élevées (pour l'assemblage de pièces « fines ») ou taux de dépôt importants (pour l'assemblage de pièces « épaisses »). Par exemple, pour les procédés laser, hybride laser-MAG et MAG à énergie contrôlée, on peut obtenir des vitesses de soudage de plusieurs mètres par minute. Avec certaines variantes du procédé MIG/MAG, la vitesse de fusion est de 30% supérieure à celle du procédé MIG-MAG conventionnel, avec des vitesses d'alimentation en fil pouvant atteindre 30 m/min, autorisant des taux de dépôt beaucoup plus importants. Les variantes MAG à forte pénétration limitent le nombre de passes à déposer et réduisent le risque de générer des manques de fusion.
- Les Procédés de Soudage Innovants peuvent apporter de solides garanties vis-à-vis de la qualité des assemblages. A titre d'exemple, l'utilisation du procédé FSW évite la formation de porosités et la fissuration à chaud lors du soudage d'alliages d'aluminium. S'agissant d'un procédé de soudage à l'état solide, on évite tous les problèmes d'ordre métallurgique.
- Le procédé FSW ne nécessite pas de préparation des joints et il n'y a pas d'apport de métal. La soudure étant constituée du matériau de base, on obtient un coefficient proche de 1. La tenue en fatigue est également très élevée. Généralement, aucune opération de parachèvement post soudage n'est nécessaire (meulage, brossage, ébardage, etc.).
- Certains Procédés de Soudage Innovants (tels que les procédés laser et FSW) engendrent si peu de déformation des pièces que le redressage des structures mécano-soudées n'est plus nécessaire.
- Grâce à l'électronique de puissance, les procédés de soudage à l'arc sont bien mieux contrôlés, ce qui favorise un bel aspect du cordon de soudure, limite l'apparition de projections adhérentes et donc réduit les opérations de parachèvement.
- Les procédés de soudage à l'état solide (FSW, soudage par impulsion électromagnétique) sont particulièrement adaptés à l'assemblage multi-matériaux, par exemple pour réaliser des liaisons acier/aluminium, qui est un besoin grandissant dans l'industrie.

Sur le plan numérique

- L'automatisation et la robotisation facilitent le suivi de production et l'intégration des procédés dans la surveillance des états de fonctionnement.
- Les systèmes de relocalisation de la trajectoire de soudage, de suivi de joint ou le soudage auto-adaptatif sont utilisables dans les applications automatisées ou robotisées pour s'assurer que la torche ou la tête de soudage reste dans le plan de joint même en cas de variations dimensionnelles des pièces à assembler, de changement de position de soudage et pour corriger la trajectoire en cas de déformation des pièces en cours de soudage.

Sur le plan économique

Les Procédés de Soudage Innovants concernent tous les secteurs industriels mettant en œuvre le soudage comme moyen d'assemblage, notamment la mécano-soudure générale, le transport terrestre, aérien, maritime, le secteur de l'énergie (production d'électricité, pétrole et gaz), les travaux publics et le secteur minier. L'automatisation et la robotisation des procédés est un élément clé pour maximiser les gains de productivité.

Sur le plan environnemental, sociétal

- Certaines technologies de rupture telles que les procédés FSW et le soudage par impulsion électromagnétique ne génèrent pas de fumée de soudage. Ils ne nécessitent ni produit d'apport, ni gaz de protection. Ce sont donc des procédés plus respectueux de l'environnement.

De manière générale, les procédés de soudage innovants utilisent des sources énergétiques optimisées, donc favorisant l'économie et la gestion.

Les clés de la réussite

Au niveau technologique

Différentes technologies peuvent être mises à profit pour une application donnée. Le choix du procédé de soudage peut être relativement complexe car il dépendra d'une multitude de paramètres tels que les matériaux à assembler, les critères d'acceptation des soudures, les cadences de production à atteindre ou encore la polyvalence du moyen.

Au niveau numérique

Le déploiement de procédés de soudage robotisés doit être intégré dans une vision d'automatisation et de numérisation de l'outil de production.

Au niveau des compétences à mobiliser, des connaissances et de la formation

La montée en compétences est incontournable pour bien intégrer des Procédés de Soudage Innovants. L'adaptation des qualifications des soudeurs, des compétences en robotique, la mise à jour des documents liés à la livraison des produits soudés doivent être effectuées en parallèle.

Les questions à se poser

- Ai-je une vision complète de l'évolution de l'offre globale « soudage » ?
- Quels sont les procédés de soudage innovants qui sont qualifiés et agréés par mes clients ?
- Dois-je prévoir l'automatisation ou la robotisation tout de suite ?

Maturité de l'offre et de l'adoption

Emergent	Laboratoire	Prouvé	**Mature**	Fréquent	Répandu

Si l'essentiel de ces technologies est mature, certains procédés de rupture doivent encore émerger, comme le soudage par impulsion électromagnétique.

Illustrations

Soudage par friction-malaxage (FSW)

Soudage hybride laser-MAG

Assemblage en angle de plaques acier C-Mn épaisseur 10 mm avec une variante MAG à forte pénétration : pas de chanfrein à usiner, temps de soudage divisé par deux par rapport au procédé MAG conventionnel

Liens utiles

Contributeurs
IS, Cetim

Organismes professionnels concernés
FIM : Fédération des Industries Mécaniques
http://www.fim.net/fr/sites-fim/accueil

Normalisation
UNM : Union de Normalisation de la Mécanique
http://www.unm.fr

Centres de ressources et de compétences nationaux
IS : Institut de soudure
http://www.isgroupe.com/fr/
Cetim : Centre Technique des Industries Mécaniques
http://www.cetim.fr

Famille 5 - version 1 Date : 01/10/2015

Contrôles Non Destructifs innovants

Description / Définition

Utilisation des technologies CND modernes, avec ou sans contact, en s'appuyant sur le développement des nouvelles techniques de traitement du signal et d'imagerie numérique et à l'évolution des capteurs : multiéléments, ondes guidées, thermographie active, tomographie...

Enjeux (avantages)

Tirer parti des technologies de contrôle venant du médical en les déclinant dans le domaine manufacturier.

Sur le plan technologique

- Contrôle des pièces et structures pour atteindre les objectifs de qualité et de sécurité de plus en plus élevés
- Traçabilité des contrôles
- Caractérisation de l'état mécanique de produits, contraintes, endommagement fatigue par des méthodes non destructives (substitution aux contrôles destructifs)
- Contrôle des nouveaux matériaux (composite, plastique, élastomère, céramique, béton…)
- Contrôles des pièces fonctionnant en température ou inaccessibles
- Automatisation du contrôle.

Sur le plan numérique

- Possibilité de passer à une chaîne de contrôle complète « tout numérique », et tirer parti au mieux de l'exploitation des données massives générées par cette chaîne
- Simuler l'opération de contrôle avant sa réalisation (mise au point paramètres pour gain de temps sur site)
- Simuler des probabilités de détection des défauts
- Mesure des écarts virtuel / réel en vue du réglage et/ou contrôle en ligne de la qualité de la production ainsi que des retours d'expérience vers le bureau d'études.

Sur le plan économique

- Minimiser les coûts et les temps de contrôle
- Optimisation du dimensionnement des produits et des process « au plus juste » par la connaissance de l'état mécanique du produit au cours de son utilisation (conception de produits plus légers, économes en matière et en énergie)
- Réduction des non qualités perçues pour le client
- Faciliter la certification selon les standards imposés par la filière client.

Sur le plan de la transformation de l'entreprise

- L'évolution des équipements de contrôle, notamment de CND, avec des interfaces simplifiées, permet de simplifier l'utilisation des contrôles (opérateurs moins qualifiés)
- L'automatisation de certains contrôles (par exemple visuels et tactiles d'aspect, CND expert, etc.) permet de focaliser les opérateurs sur des contrôles à plus forte valeur ajoutée. A contrario, certains métiers d'expert « qualité visuelle », « qualité d'expérience perçue », « expert CND » vont évoluer en fonction de l'automatisation de ces process

Sur le plan environnemental, sociétal

- Des contrôles propres (sans rayonnement ionisant ni produits chimiques).

Les clés de la réussite

Au niveau technologique

- Choisir la méthode CND la mieux adaptée en fonction de la typologie du défaut à détecter
- Qualifier la méthode (Technique (programme d'essai, définition des critères), Conditions de mise en œuvre (outillage….))
- Transférer la technologie sur site et former les opérateurs

© : Cetim

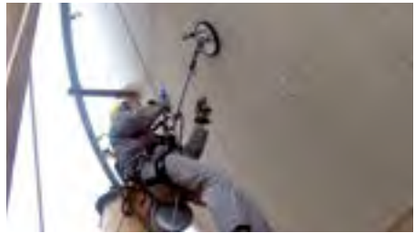
Les ultrasons multiéléments, pour réduire les temps de contrôle et améliorer la traçabilité des données grâce à la réalisation de cartographies.

© : Cetim

Les ultrasons TOFD, pour détecter, dimensionner et caractériser des anomalies dans un matériau et/ou dans des soudures.

© : Cetim

La thermographie infrarouge active, pour assurer un contrôle global et sans contact, aussi bien sur des matériaux métalliques que des composites.



© : Cetim

L'émission acoustique, pour vérifier l'intégrité des grandes structures ou pour effectuer un contrôle sur une ligne de production.

© : Cetim

La tomographie à rayons X, pour obtenir une représentation en coupe ou en 3D de l'intérieur d'un objet.

© : Cetim

Les ondes guidées, pour réaliser sur de grandes distances l'inspection complète de tubes, pipes, câbles ou plaques de grandes dimensions.

Au niveau numérique

- CND comparatif : avoir des modèles numériques de référence ainsi que des protocoles de contrôle
- Intégration des stratégies de contrôle dans les modèles numériques.

Au niveau des compétences à mobiliser, des connaissances et de la formation

- Formations et certification de personnels CND innovants.

Les questions à se poser

- Stratégie de contrôle : à posteriori ou en ligne ; destructif ou non destructif ; absolu ou comparatif ?
- La traçabilité de mes CND présente-t-elle un avantage compétitif ?
- L'évolution des réglementations m'impose-t-elle des technologies CND plus « propres » ?
- Ai-je un coût de contrôle destructif important ?

Maturité de l'offre et de l'adoption

Emergent	Laboratoire	Prouvé	**Mature**	Fréquent	Répandu

Illustrations

Liens utiles

CapmeUp – alliance Cetim / CEA List en CND innovants avec mise à disposition des plateformes
Cetim (US multiéléments et TOFD, thermographie infrarouge active, émission acoustique, tomographie, ondes guidées…)
CEA List : Gerim 2 (CND du futur)
Institut de soudure
http://www.isgroupe.com
PPE (Contrôle de production)
Technocampus / IRT Jules Vernes / espace CND
Université d'Orsay (plateforme TeraHertz)
Université Bordeaux (LMP)

Contact : usinedufutur@fimeca.org

Promeca Com 11/2015 - © Adesias

www.industriedufutur.fim.net

Contact : usinedufutur@fimeca.org