

Les bonnes pratiques en assemblage

Les process d'assemblage dans l'industrie manufacturière connaissent beaucoup d'opérations manuelles. Les manufacturiers qui choisissent d'assembler près de leur clientèle dans les pays occidentaux, n'ont que le choix de réduire leurs coûts. Une étude récente d'ARC Advisory Group montre d'importantes marges de progrès : en témoignent les différentes pratiques l'organisation des équipes, l'automatisation des tâches et l'introduction de nouvelles technologies et les performances associées. Ces progrès se traduisent par une efficacité accrue en production, moins de rebuts et une plus grande disponibilité des actifs. Il en résulte un temps de mise sur le marché fortement réduit pour une meilleure compétitivité de l'entreprise, voire sa survie ! L'étude donne le ton et les indique les tendances et souhaits des industriels concernés.

ARC Advisory Group a récemment conduit une enquête sur les pratiques d'assemblage et les technologies courantes et émergentes dans le marché actuel. Une série d'interviews pointues auprès d'un panel d'industries manufacturières a également été conduite. De cette étude se dégagent différents apprentissages qui mettent en avant les principaux points de compétitivité.

Parmi les entreprises ayant participé à l'étude des meilleures pratiques, on peut citer : General Motors, Ford, P&G, John Deere, Caterpillar, Motorola, Boeing, Rolls-Royce, Cummings, Wright Industries, Bosch Rexroth, Kuka, Danaher Motion, and Comua. NIST et l'ISA ont également contribué à cette enquête.

La compétition globale qui anime le monde de l'industrie manufacturière pousse les différents acteurs à repenser leurs stratégies de production. La pression exercée sur la rentabilité nécessite d'accroître la performance des actifs. Mais l'assemblage continu à intégrer une large part d'opérations manuelles du fait qu'il soit difficile et complexe d'automatiser les tâches. Ces facteurs, additionnés à beaucoup d'autres, conduisent à rechercher de nouvelles techniques « intelligentes » d'assemblage.

Les industriels manufacturiers qui appliquent l'assemblage dans une économie à coûts salarial élevé, font face à un challenge de circonstance encore plus grand à mesure que la pression de la compétitivité se fait plus intense.

Dès à présent, il existe des bénéfices significatifs quant à assembler à proximité des clients locaux. Les industriels qui souhaiteraient procéder dans cette voie tout en continuant à dégager des bénéfices doivent toutefois :

- trouver des solutions pour réduire les coûts de production ;
- accroître la qualité des produits ;
- réduire la durée de mise sur le marché ;
- remplacer les tâches manuelles par des automatismes, autant que nécessaire.

Assemblage en zone économique développée : un challenge

Les industriels performants doivent se surpasser en terme d'innovation, de conception, d'ingénierie, de production et de gestion de la performance du cycle de vie. Mais la globalisation est en train de redéfinir la façon dont les entreprises redistribuent leurs productions et opérations au sein de leurs sites. La conjoncture des affaires a contraint certains secteurs manufacturiers, tel que le textile, à délocaliser les moyens de production en dehors des zones industrialisées et économiquement développées, dans des contrées où le coût de la main-d'œuvre est plus faible.

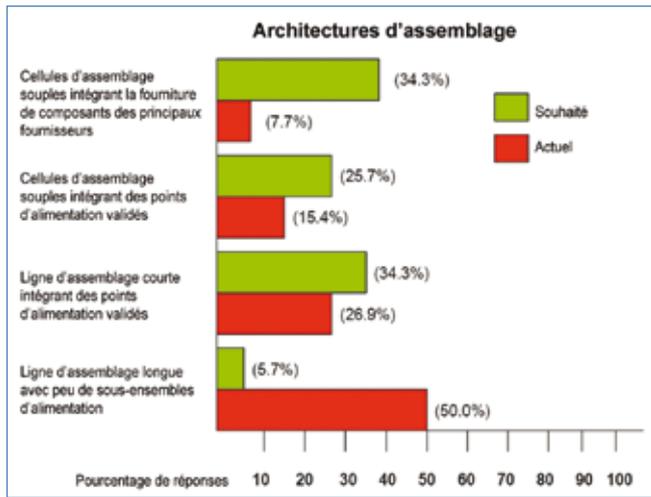
Ce changement n'a pas tout de suite impacté les productions nécessitant une main-d'œuvre très spécialisée pour des tâches de haute précision. Mais ce mouvement peut induire dans certaines zones géographiques, un développement rapide du savoir-faire rétrécissant ainsi le fossé de compétence initial.

Le taux de main d'œuvre de l'industrie manufacturière le plus élevé se concentre dans les tâches d'assemblage. Les industries des secteurs, tels que l'électronique ou les semi-conducteurs, ont fait des progrès significatifs en terme d'automatisation d'assemblage car les produits s'y prêtent. Mais l'assemblage reste l'objet d'un challenge important en terme d'automatisation pour bon nombre d'industries de premier ordre : automobile, aérospatial, équipements lourds... Dans de tels cas, l'assemblage fait appel à des solutions complexes nécessitant un placement de grande précision, un ajustement tout aussi précis, des lignes de contrôle et d'inspection difficiles à mettre en place et la synchronisation de nombreuses tâches.

Sans surprise, les industriels manufacturiers considèrent les tâches d'assemblage final ou de sous-ensembles comme une des plus grandes opportunités de réduction des coûts de production, d'accroître la qualité, d'accé-

Les produits de l'industrie manufacturière fabriqués et consommés aux Etats-Unis ont chuté de 83 % en 1973 à 24 % en 2004... Sans perspective de retournement de la tendance !

lérer la mise sur le marché, de synchroniser les flux et de remplacer l'assemblage manuel par l'automatisation des opérations. Cela est renforcé par le fait que d'autres facteurs tels que la logistique, les coûts de stockage ou



encore la politique des marchés favorise le choix d'un assemblage final proche du client final. Pour beaucoup d'acteurs, ces questions ne resteront pas longtemps au rang des options, mais seront la clé de leur survie.

Les hommes

Parmi les entreprises interrogées, 71 % des personnels réalisant des tâches d'assemblage travaillent couramment de façon individuelle. La plupart des tâches réalisées dans ces entreprises sont structurées ainsi. Toutefois, les mêmes entreprises reconnaissent le besoin de réviser cette approche. Ainsi, 82,1 % d'entre elles souhaitent que dans le futur, les tâches soient organisées en équipes. Dans ces entreprises, on pense que les opérations d'assemblage peuvent être plus efficaces et plus flexibles en étant réalisées par le biais d'équipes au lieu d'opérateurs individuels. Il existe un véritable fossé entre la quantité de tâches couramment réalisée en équipes et le volume d'opérations idéalement réalisé ! La plupart des opérations effectuées dans ces industries doivent être remaniées pour mettre en place des équipes.

De nombreuses entreprises souhaitent que leurs opérateurs effectuent des tâches à plus grande valeur ajoutée, ce qui permettrait de rehausser le savoir-faire et l'expérience plutôt que de simplement assembler des composants sur la ligne de production.

Ces entreprises souhaitent que leurs opérateurs passent plus de temps à développer les processus d'assemblage, résolvent les problèmes en production et gèrent leur propre temps. Il est clair que ces industries auront à automatiser les tâches d'assemblage courantes pour que les opérateurs puissent se consacrer à d'autres travaux à valeur ajoutée.

La plupart des entreprises contactées dans le cadre de cette enquête pratiquent couramment la formation « sur le tas » ou la formation pour une tâche spécifique ou encore utilisent une pièce d'un équipement sans la tester. Rarement, les opérateurs passent un test permettant de s'assurer qu'ils disposent d'un niveau de compétence suffisant.

Mais ces industriels souhaitent réduire cette proportion d'apprentissage « sur le tas » pour se consacrer à des formations en lien avec la notion de performance. Cela nécessite de valider les acquis après formation pour être certain que l'opérateur puisse remplir sa mission avec succès et prendre en charge les équipements de façon satisfaisante.

Les industriels auront par ailleurs de plus en plus recourt à des formations sur des équipements virtuels permettant aux opérateurs d'être entraînés avant même que ne soit mises en service les installations. Cela permettant aussi de rendre plus efficaces les lancements produits.

Les processus

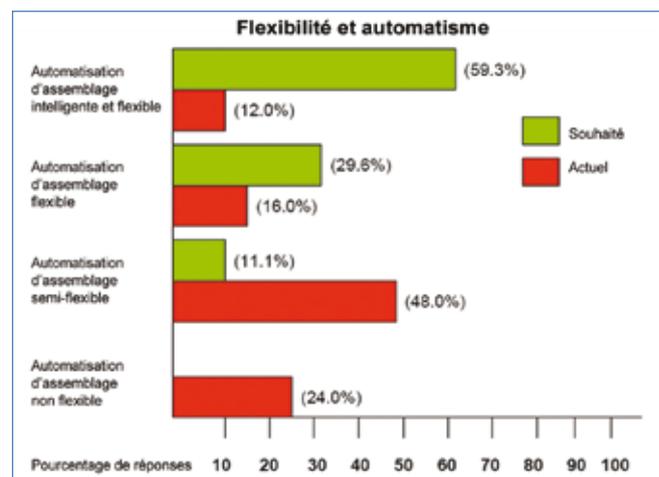
L'architecture physique d'un processus d'assemblage a un impact de premier ordre sur les potentiels de flexibilité. Les lignes d'assemblage courtes, tout comme les cellules d'assemblage, sont plus modulaires que les longues lignes. Cette modularité rend les aménagements plus faciles. Cette agilité de production apporte une liberté d'adaptation pour répondre de façon rapide et efficace à l'évolution des besoins clients. La modularité fait aussi la place aux automatismes afin de réduire risques et pannes.

La moitié des entreprises interrogées utilisent couramment de grandes lignes d'assemblage en lien avec assez peu de sous-ensembles d'alimentation. Dans leurs perspectives de développement, la plupart de ces entreprises souhaitent s'orienter vers des lignes courtes ou des cellules d'assemblage flexibles. La préférence va toutefois aux lignes courtes plutôt qu'aux cellules d'assemblage, car cette évolution de la stratégie de production demeure plus simple et comporte moins de risques. Il existe aussi un souhait largement exprimé d'intégrer plus d'opérations de fournisseurs au sein de l'usine d'assemblage OEM pour produire des sous-ensembles.

Six entreprises sur dix présentent couramment moins de 20 % de leurs opérations d'assemblage automatisées. Ce type d'automatisation mis en œuvre est généralement « rigide » voire au mieux semi-flexible. Quoiqu'il en soit, pour le futur, presque toutes les entreprises veulent accroître leur niveau d'automatisation de manière significative dans le cadre d'équipements d'assemblage flexibles et intelligents. Plus de 59 % des entreprises interrogées veulent intégrer des solutions flexibles telles que des robots dotés de systèmes de vision et de systèmes de contrôle adaptatifs.

Ces évolutions impacteront grandement la productivité et les flux de produits dans l'usine. Les solutions flexibles permettront autant de changements dynamiques, tandis que les opérations automatisées tendront à réduire de façon drastique les tâches manuelles.

Plus de 46 % des entreprises recourent à la manutention des produits assemblés par les opérateurs eux-mêmes. A l'avenir, plus de 90 % de ces industries entendent déployer exclusivement des systèmes de manutention et de convoyage automatisés. La plupart de ces solutions utiliseront des systèmes intelligents tels que



des chariots à guidage automatique basés sur des technologies de guidage par vision industrielle ou radio fréquence.

La stratégie de contrôle qualité déployée influence grandement les résultats de productivité. Près de 20 % des industriels mettent en œuvre un contrôle des pièces en fin de ligne. Mais bien souvent ce type de contrôle ne décèle pas les problèmes relatifs aux opéra-

d'alimenter les lieux de production. Les éléments ou produits qui doivent être en premier lieu stockés puis dirigés vers le lieu d'utilisation génère d'importants coûts d'inventaire et finalement une faible productivité. Conscient de cet état de fait, les industriels désirent développer des solutions qui permettront de délivrer directement les produits aux points d'utilisation. Le transfert direct met en exergue l'importance de

treprises vers des possibilités de choix plus compétitifs en terme d'équipements et de solutions. Par ailleurs, les nouveaux composants devraient pouvoir s'intégrer plus facilement dans ces architectures ouvertes.

Parmi les entreprises interrogées, 16 % des opérateurs avouent avoir de grandes difficultés pour accéder à une information pertinente en temps réel, 29 % ont quelques difficultés, 28 % peuvent accéder à des informations en temps réel mais nécessitent du temps pour la déchiffrer car elle n'est pas présentée dans le bon contexte, et 27 % disent avoir un accès facile à une information temps réel directement exploitable. Tous répondent qu'à terme ils veulent migrer vers une communication temps réel exploitable permettant aux opérateurs d'en tirer une plus grande valeur ajoutée.

Le type d'équipements de communication utilisé par les opérateurs pour accéder aux informations, impacte leur capacité à exploiter cette information. Près de 30 % des opérateurs accèdent à l'information au travers de graphiques manuels et de notes. 28 % ont recourt à des graphiques et tableaux de données électroniques. Enfin, les interfaces homme-machine concernent près de 38 % des opérateurs. Pour ce qui concerne le futur, 96,5 % industriels souhaitent que leurs opérateurs utilisent des moyens de communication électroniques. En outre, plus de 50 % d'entre eux prévoient une migration vers des moyens de communication mobiles afin que les opérateurs puissent efficacement communiquer tout en se déplaçant dans le périmètre de production.

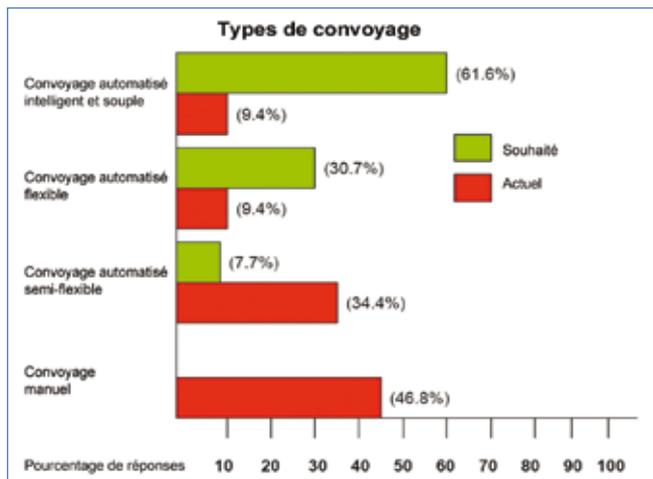
La traçabilité des matériels et des ensembles réalisés, est nécessaire pour s'assurer que chaque élément intervenant dans la fabrication et l'assemblage se présente au bon endroit et au bon moment. Pour près de 40 % des industriels, cette traçabilité est assurée manuellement. Plus de 44 % uti-

lisent la technologie du code à barres. Dans le futur, la grande majorité de ces entreprises espère mettre en œuvre des technologies plus avancées telle que la RFID et la vision. La vision, tout comme d'autres technologies dites « intelligentes » devraient permettre d'accroître la qualité en production et la performance industrielle de ces entreprises.

Un système de gestion de production peut avoir un profond impact sur l'efficacité et l'opportunité d'opérations d'assemblage. Dans le cadre de cette étude, plus de 22 % des entreprises n'utilisent pas de systèmes de gestion de production formels. 21,5 % d'entre elles on recourt à un système de gestion basic dédié aux alarmes et à la supervision. 10 % utilisent un système de gestion de production doté de capacités d'analyse, voire de capacités additionnelles de planification. Enfin, plus de 46 % des industriels utilisent un système de gestion de production collaboratif doté de capacités d'analyse, jouissant d'un bon niveau d'intégration avec les systèmes d'ingénierie, de maintenance, des fournisseurs et celle de la fonction commerciale. La totalité des entreprises interrogées a pour ambition de déployer un système de gestion de production formel. Dans 9 cas sur 10, il s'agit d'un système capable d'aider le management à synchroniser les ressources et assurer l'exécution de la planification dans les temps prévus.

Gestion des connaissances

La capacité d'une entreprise à gérer son savoir-faire influence sa compétitivité. Ici, près de 21 % des entreprises n'ont pas pris en compte la gestion des connaissances. 47 % ont recourt à des méthodes manuelles et plus de 29 % emploient pour cela des outils informatiques. Seuls 3 % des industriels mettent en œuvre une gestion complète des connaissances. En se projetant dans le futur, toutes ces entreprises souhaitent disposer de méthodes de gestion



tions effectuées en amont... et de toutes façons abaisse le taux de productivité car le problème ne sera perçu que plus loin dans la ligne de production. Plus de 65 % des industriels mettent en place des systèmes de détection d'erreur, manuels ou électroniques. Cette approche est plus le fait de l'identification de problèmes éventuels et permet aux opérateurs de caractériser un problème avant que le produit ne passe à l'étape suivante. Moins de 5 % de ces entreprises déclarent qu'elles continueront à utiliser la méthode de contrôle en fin de ligne dans le futur. Apparaît une intention réelle de passer au stade du contrôle automatisé capable de déceler les problèmes en amont et de mettre à profit efficacement les erreurs détectées pour engager les actions nécessaires.

La méthode utilisée pour approvisionner les opérations d'assemblage impactes grandement les coûts d'inventaire et la productivité. Plus de 60 % des répondants rangent les éléments dans un espace central de stockage avant

la synchronisation. Ce souhaite est aussi celui de systèmes automatisés. La tendance générale va donc vers moins d'inventaires de stocks et une productivité accrue.

Information et communication

A la lumière de cette étude, on en déduit que les industriels interrogés souhaitent migrer vers des architectures de contrôle et de communication plus ouvertes. En dehors des entreprises qui font l'objet de cette enquête, 12,5 % des industriels n'utilisent aucun standard de communication ou de contrôle, 34,4 % utilisent le standard propriétaire d'un fournisseur et 37,5 % utilisent un mixte de solutions ouvertes et propriétaires. Dans le futur, 65 % des répondants veulent utiliser des standards de communication ouverts, alors que 30 % des entreprises se projettent dans un mixte de solutions ouvertes et propriétaires, tout en migrant vers une architecture ouverte. Cette tendance aux systèmes ouverts devrait conduire les en-

des connaissances véritablement organisées. 46 % d'entre elles souhaitent déployer un système complet. La tendance est donc à la migration vers des outils de gestion des connaissances afin de cultiver le développement de ses mêmes connaissances au sein de l'entreprise.

L'usine numérique

L'usine numérique est une clé technologique qui permet aux entreprises d'optimiser et de valider leurs choix de conception avant même d'entrer en production. Actuellement, 28,2 % des entreprises interrogées n'utilisent pas d'outils numériques ou les utilisent de façon très limitée, 31,2 % les utilisent modérément pour des tâches de conception basiques, 25 % les utilisent couramment pour l'analyse et la validation de conception des équipements et du process de fabrication et seulement 15,6 % ont très largement recouru aux technologies de l'usine numérique.

L'ensemble des industriels souhaite pourtant utiliser dans le futur de telles technologies. 11,1 % modérément et 27,8 % fréquemment. La majorité des répondants (soit 61,1 %) désire utiliser ces technologies de façon extensive pour optimiser et valider la conception de leur process, des équipements et du système de contrôle. La tendance est nette : les entreprises sont orientées vers les outils de l'usine numérique. C'est une façon pour elles d'être plus réactif sur leur marché.

Diagnostic

La capacité de l'entreprise à maîtriser ses informations de diagnostic a également un fort impact sur sa santé. Dans ce domaine, 33,4 % des industries dispose de très peu d'équipements de diagnostic, 30,5 % utilisent des équipements de diagnostic localisés nécessitant la tournée régulière d'un opérateur pour relever les valeurs, et 36,1 % utilisent des équipements de diagnostic

intégrés en lien avec un système central permettant de distribuer l'information aux bons interlocuteurs. L'ensemble des entreprises interrogées a conscience de l'importance des équipements de diagnostic pour un déroulement des opérations sans failles. 23 % des entreprises inscrivent dans leurs perspectives l'utilisation d'équipements de diagnostic intégrés et 69,2 % souhaitent déployer des équipements intelligents capables d'anticiper tous risques de pannes. La tendance est effectivement à l'intégration d'équipements de diagnostic intelligents permettant d'améliorer la disponibilité des actifs.

Contrôle adaptatif

Le contrôle adaptatif compte aussi parmi les clés technologiques qui ont une influence sur la façon de produire d'une entreprise et sur le niveau de qualité. Actuellement, 29 % des entreprises n'utilisent aucun contrôle adaptatif et 35,5 % l'utilise de façon manuelle ou très limitée. Seulement 29 % ont automatisé leur contrôle adaptatif et très peu utilisent une version intelligente de cette technologie. Cependant, toutes les entreprises interrogées veulent mettre en œuvre dans le futur un contrôle adaptatif automatisé, dont 60 % opterait pour une version intelligente et automatisée. La tendance est claire...

Sans fil

Les technologies de communication sans fil impactent la facilité avec laquelle la communication s'effectue entre machines et opérateurs. Actuellement, 49,2 % des industriels interrogés n'utilisent pas de technologies sans fil pour le transfert de données, 20,7 % utilisent le sans fil pour la communication temps réel en production, 15 % l'utilisent pour la communication des capteurs et 14,4 % emploie la technologie sans fil pour le contrôle en dehors de toute zone à atmosphère explosible.

Toutes les entreprises souhaitent à terme développer la communication sans-fil : 37 % pour la communication en temps réel de données de production, 32,3 % pour relier les capteurs, 30,7 % pour des applications de contrôle. La tendance générée par le sans-fil devrait accroître la flexibilité des usines et rendre plus facile le déploiement des liens de communication, tout en permettant aux opérateurs mobiles d'être en liaison temps réel avec les équipements.

Les industriels qui s'impliquent d'avantage dans la voie de l'assemblage automatisé, sont aussi de plus en plus concernés par la notion de sécurité des opérateurs. Ainsi, 32,2 % protègent les opérateurs des systèmes automatisés par des moyens inappropriés tel qu'un simple grillage. Ces industriels arrêtent manuellement le process lorsqu'une intervention de l'opérateur est rendue nécessaire. Environ 42 % des répondants utilisent des équipements de sécurité lourds et limitatifs tels que des écrans physiques. Enfin, 19,4 % utilisent majoritairement des équipements adaptés à la sécurité de leurs opérateurs.

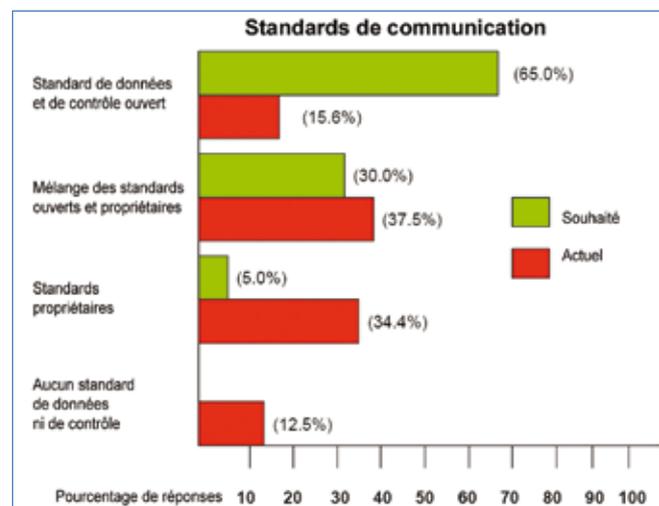
Plus de 28 % des industriels travaillent dans la perspective d'utiliser des équipements de sécurité réellement appropriés, tandis que 71,4 % souhaitent installer des composants de sécurité intelligents capables d'arrêter ou

de ralentir le process automatiquement lorsque est décelé un contact rapproché avec l'opérateur.

Assemblage et technologies émergentes

Robotique – D'année en année, les robots gagnent en rapidité, en sûreté et en précision. Le tout pour un coût à la baisse. Ils sont aussi plus faciles à programmer et à maintenir. Les constructeurs de robots tendent à concevoir les fonctions de leurs machines au plus proche de celles de l'homme pour arriver à bout de tâches d'assemblage toujours plus complexes. On trouve même des robots industriels à deux bras qui imitent les actions de l'homme. Ces robots à deux bras permettent de prendre un élément, de le positionner et d'y adjoindre un boulon ou une vis. Les fournisseurs et laboratoires de recherche travaillent sur des technologies avancées permettant aux robots d'évoluer dans un contexte de sécurité tel qu'il pourrait opérer à proximité d'un opérateur sans ajout d'équipements de sécurité contraignant et coûteux.

Un robot de sécurité intelligent doit être capable de détecter la proximité d'un opérateur de manière à ralentir son mouvement et l'arrêter avant d'entrer en contact avec lui. Un tel niveau de sécurité nécessite notamment des capacités de détection re-



données, une architecture de contrôle efficace et un algorithme de contrôle intelligent.

Contrôle et gestion des données – Les progrès des systèmes d'information et des technologies de communication devraient permettre de capter et de distribuer automatiquement aux personnes concernées et vers le système de contrôle adaptatif les informations du process d'assemblage. De quoi optimiser le process et déceler les problèmes survenant sur la ligne d'assemblage.

Les actionneurs électriques remplaceront les équipements à air comprimé afin de permettre plus de retour d'information et de s'adapter au plus juste aux conditions réelles de production. L'auto diagnostic des équipements aidera les industriels de l'assemblage à automatiser la gestion des erreurs et à les résoudre en adaptant l'outil de production. La technologie des équipements intelligents embarqués livrera un état de l'art des capacités de mesure et de contrôle pour les prochaines générations de systèmes de contrôle.

Dans le cadre de la gestion des données, les futures préconisations concernant les données d'assemblage prendront la forme d'un système intégrée, hautement organisé ouvert sur des possibilités de contrôle web dynamique, intégré et collaboratif.

Conception virtuelle et simulation – Il existe plusieurs avancées technologiques à même de renforcer les capacités des outils de conception virtuelle de l'usine numérique. Ces outils numériques sont promis à plus de précision et surtout à plus de facilité d'utilisation. Les modèles de produits et de production seront totalement intégrés et assez robustes pour être transférés directement en production. L'intégration d'outils virtuels au sein de l'infrastructure d'information et de la gestion de production permettra une mise à jour permanente. De cette façon, l'usine numérique sera précisément synchronisée avec l'usine physique au travers du cycle de vie de production.

L'assemblage intelligent

L'assemblage intelligent impactera la prochaine génération de

systèmes de production. L'idée même de l'assemblage intelligent est d'atteindre une efficacité de production et un temps de mise sur le marché sans commune mesure avec les performances actuelles. Le tout dans un contexte global. Il s'agit là d'optimiser l'équilibre entre opérateurs et automatisation efficace et sécurisée. Dans ce contexte, l'optimisation et la validation virtuelle des opérations d'assemblage assurent la meilleure configuration, du premier coup !

Les équipements et le process d'assemblage flexible permettent d'ajuster les paramètres de production aux attentes évolutives des clients, voire de répondre à des événements exceptionnels. Les échanges de données en temps réel assurent une totale optimisation du système. Les clés de l'assemblage intelligent sont :

- Les opérateurs responsabilisés et capables d'évoluer dans l'entreprise ;
- La capacité de collaboration entre opérateurs et systèmes automatisés ;
- La reconfiguration sur la base de composants modulaire plug & play et reprogrammables pour

s'adapter à de nouvelles productions ou à des évolutions de production ;

- La conduite de modèles et de données à l'aide d'outils de simulation permettant de faire évoluer la conception sous couvert d'une optimisation et d'une validation préalable au passage en production ;
- La capacité d'apprentissage du système, afin de déceler automatiquement toute erreur et éviter qu'elle ne se reproduise.

Meilleures Pratiques

Comparant les pratiques relevées avec les indicateurs de performance suivants :

- Temps de réponse d'innovation de produit et de résolution de problème
- Fiabilité du processus d'assemblage
- Le degré avec lequel l'expérience et la connaissance de l'opérateur est utilisé
- Interaction sûre entre personnes et équipements
- Qualité.

Les pratiques se classent en termes d'efficacité comme indiquées dans le tableau ci-dessous :

	Acteurs	Process	Technologies	Communication
Avant-gardistes	Equipes ayant la maîtrise et la connaissance de son process Formation virtuelle et de « performance »	Fiabilité des opérations Détection automatique d'erreurs Cellules d'assemblage intelligentes, « agiles » et hautement automatisées	Optimisation et validation en ligne de la totalité des équipements stratégiques et du système de contrôle Equipements capables d'auto-diagnostic et intelligence de contrôle adaptative Equipements de sécurisés (robots).	Standards ouverts donnant un accès immédiat au temps réel Système de contrôle sans fil et gestion de production collaborative
Leaders	Nombreuses équipes Certaines opérations font l'objet de formation.	Maintenance prédictive Détection d'erreurs manuelle et automatisée Cellules « Agiles » et moyennement automatisées	Optimisation et validation en ligne de la totalité des équipements et du système de contrôle Diagnostic temps réel et contrôle adaptatif semi-automatique Equipements de sécurité non intrusifs	Fonctionnement en parallèle de standards propriétaires et ouverts Temps réel différé Technologies sans fil pour les informations de production temps réel.
Challengers	Opérateurs travaillant pour la plupart individuellement Certaines équipes bénéficient de formations sur certains équipements.	Lignes d'assemblage semi-flexibles, courtes et principalement manuelles Convoyage semi-automatique Maintenance préventive Recherche d'erreur manuelle	Usage modéré d'outils virtuels pour les tâches basiques de conception Diagnostic manuel et différé Quelques équipements de sécurité non intrusifs.	Utilisation de standards propriétaires Accès temps réel différé Acquisition de données électronique et données issues de capteurs sans fil.
Suiveurs	Opérateurs individuels et bénéficiant d'une formation « sur le tas ».	Lignes d'assemblage longues, manuelles et non flexibles Convoyage principalement manuel Maintenance curative Recherche d'erreurs en fin de ligne.	Usage d'outils virtuels très limité Diagnostic et contrôle adaptatif très limité Equipements de sécurité inadaptés.	Pas de standards, pas de temps réel Liaison sans fil uniquement pour la communication de personne à personne