

The Atlas Copco logo is positioned in the top right corner of the page. It consists of the company name 'Atlas Copco' in a white, serif font, centered between two horizontal white bars. The background of the entire page is a 3D-rendered industrial scene with dark blue metallic components and glowing orange lines representing data or energy flow.

*Atlas Copco*

A semi-transparent blue triangular overlay in the bottom left corner contains a technical drawing of a mechanical part. The drawing includes various lines, circles, and dimension lines, with some text like 'Z.191.0091' and '13080' visible.

## Assemblage intégré intelligent - La fabrication industrielle à l'ère de l'industrie 4.0 et au-delà

Pour la population, la productivité et la planète. Défis et tendances conduisant l'industrie manufacturière vers l'industrie 5.0.

# Table des matières

## 1. Introduction

1.1	La quatrième révolution industrielle sur la voie de la cinquième .....	3
1.2	Objectifs et buts .....	4
1.3	Le marché cible .....	4

## 2. L'industrie 4.0 : la digitalisation de la production industrielle

2.1	Digitalisation, connectivité et automatisation .....	5
-----	--	---

## 3. Le changement de paradigme de l'industrie 5.0

3.1	L'industrie 4.0 avec une conscience .....	6
3.2	Humaine, résiliente et durable .....	7
3.2.1	Centrée sur l'humain .....	7
3.2.2	Résilience .....	7
3.2.3	Durable .....	8

## 4. Réaliser l'industrie 4.0 et au-delà

4.1	Dans l'esprit des fabricants industriels d'aujourd'hui .....	9
4.1.1	Agilité .....	9
4.1.2	Automatisation .....	9
4.1.3	Cybersécurité .....	9
4.1.4	Jumeaux numériques .....	10
4.1.5	Électrification .....	10
4.1.6	Nouveaux partenariats .....	10
4.1.7	Complexité des achats .....	10
4.1.8	La chaîne d'approvisionnement .....	11
4.1.9	Développement durable .....	12

## 5. Production Industrielles 2030

5.1	Un coup d'œil dans la boule de cristal .....	13
-----	--	----

## 6. La feuille de route d'Atlas Copco pour l'avenir

6.1	Plus d'un siècle d'engagement en faveur de l'innovation et du développement .....	14
6.2	L'assemblage intégré intelligent d'Atlas Copco .....	14
6.3	Un partenariat intégré avec une vision .....	16

# 1. Introduction

## 1.1 La quatrième révolution industrielle sur la voie de la cinquième

Prêt ou non, l'industrie 5.0 est là. Alors que de nombreux fabricants industriels développent encore des usines intelligentes en intégrant et en interconnectant de nouvelles technologies, en bref, les principes de l'industrie 4.0, la prochaine phase d'industrialisation est déjà là.

La première révolution industrielle, ou Industrie 1.0, a vu le jour en Angleterre à la fin du 18ème siècle. Dans un monde dominé par l'agriculture et l'artisanat, de nouveaux systèmes d'usine, des industries à grande échelle et la fabrication mécanisée ont été introduits. Alimenté par l'eau et la vapeur, le résultat a été des processus de fabrication plus rapides et une productivité considérablement accrue.

L'étape suivante de l'évolution industrielle, l'Industrie 2.0, a eu lieu à la fin du 19ème et au début du 20ème siècle. L'ère de la "Révolution Technologique" a été stimulée par l'introduction de l'électricité dans la fabrication. Étant donné que les machines électriques étaient beaucoup plus efficaces et plus faciles à utiliser en utilisant moins de ressources humaines, la chaîne de montage de production de masse est devenue monnaie courante. Les usines pouvaient désormais produire une grande quantité de biens en un temps record. L'Industrie 2.0 a également vu le début des télécommunications, des opérations automatiques et de la mondialisation.

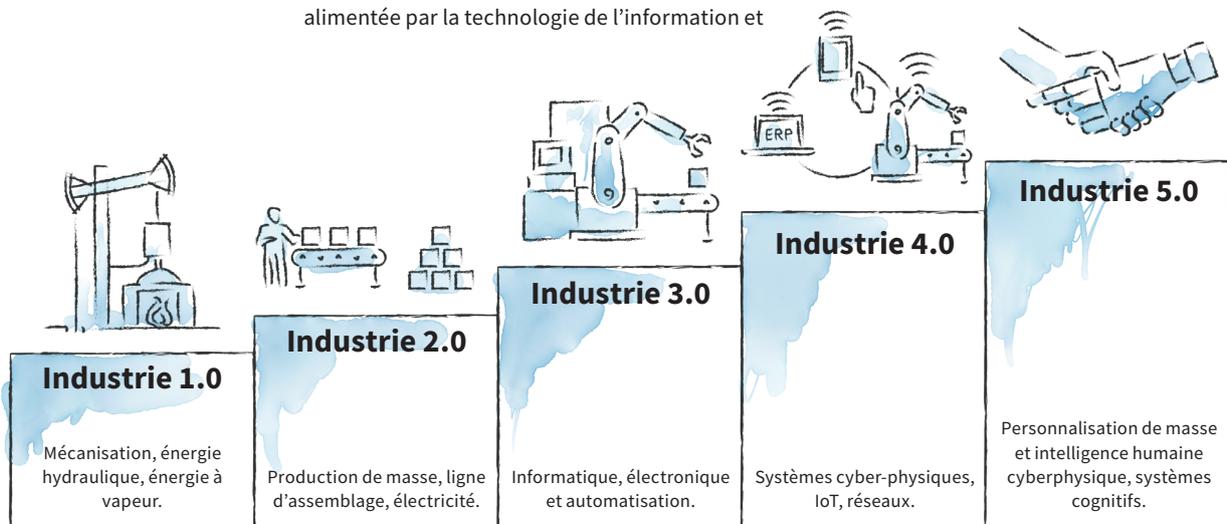
L'Industrie 3.0, également appelée "Révolution Numérique" à la fin des années 1960 et au début des années 1970, était axée sur l'automatisation alimentée par la technologie de l'information et

les ordinateurs. Cette ère a introduit des systèmes automatisés dans la fabrication. Ceux-ci étaient capables d'effectuer des tâches compliquées précédemment effectuées uniquement par des humains. Encore à ce jour, de nombreuses usines modernes et industries manufacturières fonctionnent toujours à l'ère de l'Industrie 3.0.

Le concept de l'Industrie 4.0 a été introduit pour la première fois en 2011 et s'est rapidement développé à travers le monde. Basé sur l'idée de processus de fabrication numérisés, basés sur les données et connectés, les objectifs principaux de l'Industrie 4.0 étaient d'augmenter la productivité grâce à des processus de fabrication plus efficaces et automatisés. En général, l'Industrie 4.0 se concentre principalement sur la conduite des KPI financiers et opérationnels traditionnels grâce à l'introduction de nouvelles technologies.

L'Industrie 4.0 ou "l'avenir de la production", comme on l'a appelée lors de son introduction, n'a aujourd'hui, une dizaine d'années plus tard, rien de nouveau. Mais malgré cela, pour de nombreux fabricants industriels, il reste difficile de réaliser pleinement le potentiel de ses promesses.

Alors que les rouages de la fabrication industrielle tournent de plus en plus vite et que le développement continue de repousser les limites



des processus de fabrication encore plus loin, seulement cinq ans après l'introduction de l'Industrie 4.0, en 2016, le premier article sur le sujet de l'Industrie 5.0 a été publié.

La dernière décennie a mis en évidence la complexité croissante des défis sociétaux, économiques et environnementaux, soulignant ainsi la nécessité de se demander comment la technologie peut être plus étroitement liée à la société et à l'environnement. Selon la Commission européenne, les développements actuels de l'Industrie 4.0 ont dévié de l'idée originale d'égalité sociale et de durabilité et se sont plutôt orientés vers la numérisation pour augmenter l'efficacité et la flexibilité de la production manufacturière.

Le concept de l'Industrie 5.0 a été introduit par la Commission européenne pour répondre au besoin impératif d'un changement de paradigme dans la fabrication industrielle par rapport à l'Industrie 4.0. Une nouvelle orientation du progrès technologique et une nouvelle façon de le mesurer. L'industrie manufacturière regarde au-delà de la productivité et de l'efficacité comme seuls objectifs opérationnels, et renforce le rôle et la contribution de l'industrie à la société et à l'environnement. L'Industrie 5.0 ne remplace pas l'Industrie 4.0 mais utilise plutôt les technologies déjà disponibles aujourd'hui pour favoriser une transition vers une industrie manufacturière plus centrée sur l'humain, résiliente et durable. Elle déplace l'accent de la valeur pour les actionnaires à la valeur pour les parties prenantes, allant au-delà de la production de biens et de services pour le profit. De la valeur économique à la valeur sociétale. Du bien-être à la qualité de vie. Et ce faisant, elle offre une prospérité au-delà des emplois et de la croissance tout en plaçant le travailleur au centre du processus de production et en respectant les limites de production de notre planète.

L'Industrie 5.0 a un véritable potentiel de changement transformateur. Elle remet les personnes et l'environnement au cœur de l'équation commerciale, garantissant que les

humains et les machines travaillent ensemble pour soutenir un avenir numérique et vert. Jamais auparavant une telle emphase radicale sur la réorientation des objectifs fondamentaux de l'industrie n'a eu lieu. Un défi auquel de nombreuses entreprises manufacturières doivent s'adapter.

Mais une adaptation qui est si importante et si immédiate, que ne pas monter à bord met en péril leur survie à long terme.

## 1.2 Objectifs et buts

Ce livre blanc est le dernier d'une série publiée par Atlas Copco sur les défis et les tendances de la fabrication industrielle. L'objectif de ce livre blanc spécifique produit en 2023 est de fournir une description d'ensemble des concepts moteurs derrière l'Industrie 4.0 et l'Industrie 5.0 et les liens et différences entre eux. Pour mettre en évidence les tendances dans la fabrication industrielle d'aujourd'hui qui soutiennent la mise en œuvre complète de l'Industrie 4.0 mais plus encore, les tendances qui mènent à la réalisation de la prochaine étape de l'évolution industrielle, l'Industrie 5.0.

L'objectif est d'aider les fabricants industriels à mieux positionner leurs entreprises et leurs processus de production pour répondre aux demandes futures des employés, des clients, des partenaires, des autorités gouvernementales et d'autres parties prenantes. La satisfaction de ces demandes décidera quelles entreprises réussiront, ou même survivront dans un avenir pas si lointain.

## 1.3 Le public cible

Ce livre blanc est conçu pour les industries de fabrication et d'assemblage opérant dans des environnements de marché hautement compétitifs. Il aborde les défis commerciaux et technologiques auxquels sont confrontés ceux qui influencent et décident des investissements dans les équipements et les processus de fabrication et d'assemblage, où les facteurs de décision sont la satisfaction des employés et des clients, la productivité, la rentabilité et la durabilité. Mais aussi, en fin de compte, la survie de leurs entreprises.

## 2. L'Industrie 4.0 La Digitalisation de la Fabrication Industrielle

### 2.1 Digitalisation, Connectivité et Automatisation

L'Industrie 4.0, ou la quatrième révolution industrielle, a les caractéristiques de changer profondément la façon dont les entreprises fabriquent, améliorent et distribuent leurs produits. Alors que des termes tels que usine intelligente, fabrication intelligente et industrie intelligente sont utilisés globalement et sont essentiellement des synonymes, l'Industrie 4.0 est également connue sous le nom d'Internet Industriel ou Internet Industriel des Objets.

En intégrant de nouvelles technologies, l'analyse de données, l'intelligence artificielle (IA) et l'apprentissage automatique dans leurs installations de production, les fabricants créent des Usines Intelligentes de l'Industrie 4.0. Une fois mises en œuvre, le potentiel commercial est énorme, offrant de nouveaux niveaux d'efficacité opérationnelle et de réactivité aux demandes des clients.

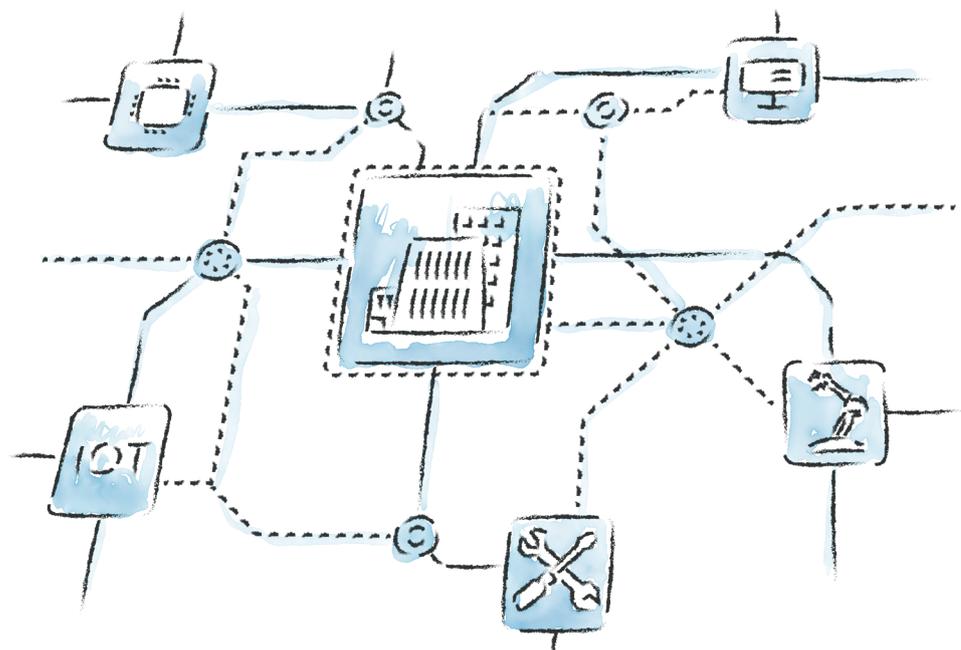
L'Industrie 4.0 représente l'intégration de la technologie de l'information et de la communication dans la production industrielle. En d'autres termes, libérer et réaliser l'intelligence dans la fabrication industrielle.

L'Industrie 4.0 est basée sur l'idée des processus de fabrication numérisés, basés sur les données et connectés. L'objectif principal est d'augmenter la productivité grâce à des processus de fabrication plus efficaces, flexibles et automa-

tisés. Cela permet de collecter des données de nombreuses sources de production et d'analyser les données massives. Ces informations améliorent encore l'efficacité opérationnelle dans un processus d'amélioration continue. En général, l'Industrie 4.0 est orientée technologie

#### L'Usine Intelligente

Une usine intelligente est une installation de fabrication numérisée et hautement automatisée qui utilise des dispositifs connectés, des machines et des systèmes de production pour collecter et partager continuellement des données. Ces données sont ensuite utilisées pour améliorer les processus ainsi que pour résoudre de manière proactive tout problème qui pourrait survenir le long de la chaîne de production. Les Usines Intelligentes sont rendues possibles par une variété de technologies, y compris l'intelligence artificielle (IA), l'analyse de grandes données, l'informatique en nuage, et l'Internet industriel des objets (IIoT).



et se concentre sur la conduite des KPI financiers et opérationnels traditionnels grâce à l'introduction de nouvelles technologies.

Les Usines Intelligentes de l'Industrie 4.0 favorisent des processus de fabrication plus économes et plus productifs, avec une plus grande efficacité des ressources, une réduction des déchets, des cycles de vie plus longs pour les équipements de machines et des conditions de travail améliorées pour les employés. Les Usines Intelligentes sont donc également un facilitateur majeur dans la transition vers une société à faible émission de carbone, ou en d'autres termes, dans la quête pour relever le défi du changement climatique.

Dans cette ère des systèmes cyber-physiques où les systèmes physiques, numériques et virtuels convergent, l'Industrie 4.0 n'est pas seulement une question de connexion des machines. Elle

comprend l'intégration de systèmes automatisés avec des systèmes d'entreprise, l'automatisation, la robotisation et les technologies avancées. Ces dernières incluent les jumeaux numériques, l'IA, la connectivité basée sur des réseaux sans fil à haute vitesse, le cloud, l'informatique en périphérie et la virtualisation.

Les exigences sur les processus de fabrication et de production pour maintenir un avantage concurrentiel sont en constante évolution et augmentation. Malgré le fait qu'elle a vu le jour il y a une dizaine d'années, la réalisation des promesses offertes par l'Industrie 4.0 s'est avérée être un défi pour de nombreux fabricants. En fait, ce n'est que ces dernières années que la technologie a été disponible pour créer véritablement des processus intelligents numérisés et pilotés par les données et des usines intelligentes. Mais pour ceux qui ne sont pas encore sur la voie de la mise en œuvre de l'Industrie 4.0, le temps pourrait être compté.

## 3. Le changement de paradigme de l'Industrie 5.0

### 3.1 L'industrie 4.0 avec une conscience

L'Industrie 5.0 représente un changement de paradigme stratégique dans la fabrication industrielle. Un passage d'une focalisation sur la valeur économique à une focalisation sur la valeur sociétale. Du bien-être à la qualité de vie. Jamais auparavant une telle réorientation fondamentale des objectifs principaux de la fabrication industrielle n'a eu lieu.

Créée par l'Union Européenne mais adaptée à l'échelle mondiale, l'Industrie 5.0 est fondée sur trois piliers stratégiques d'entreprise ; centrée sur l'Humain, Résiliente et Durable. Elle offre une vision de l'industrie avec l'objectif de dépasser la productivité et l'efficacité comme objectifs principaux, et renforce le rôle et la contribution de la fabrication industrielle à la société. Un équilibre entre le développement économique des entreprises et la fourniture d'une solution à des problèmes sociaux et écologiques importants, offrant ainsi une prospérité tout en respectant les limites de ressources de la planète.

L'Industrie 5.0 place le bien-être du travailleur au centre du processus de production et se

concentre ainsi sur les interactions collaboratives entre les humains et les machines. Pour répondre à la complexité de la fabrication future face à une personnalisation accrue, l'homme et la machine doivent être interconnectés à travers un processus de fabrication robotisé utilisant leurs avantages et possibilités respectifs.

Alors, en quoi l'Industrie 5.0 est-elle différente de l'Industrie 4.0 en termes de technologie ? Eh bien, les similitudes l'emportent en réalité sur les différences. Contrairement au passé, la transition vers l'Industrie 5.0 n'est pas accompagnée d'un changement révolutionnaire ou d'un bond technologique. Au contraire, les technologies sur lesquelles l'Industrie 5.0 est basée sont déjà disponibles. Les similitudes continuent puisque les deux concepts industriels se concentrent sur la durabilité et les solutions rendant les chaînes d'approvisionnement plus résilientes.

La principale différence est plutôt la connexion entre l'industrie, la société et l'écologie à travers la technologie. Là où l'Industrie 4.0 se concentre sur la technologie, l'Industrie 5.0 se concentre sur les personnes. L'Industrie 5.0 est l'Industrie 4.0 avec une conscience. Alors que la majorité des

entreprises industrielles sont toujours très actives dans la réalisation des ambitions de l'Industrie 4.0, l'Industrie 5.0 pointe vers l'avenir. Elle aborde les problèmes sociétaux, de marché et environnementaux actuels, mais propose également des solutions possibles.

L'Industrie 5.0 n'est pas un saut technologique en avant, mais offre plutôt un but et une direction technologiques à la transformation numérique régénératifs à la transformation numérique 4.0. À cet égard, l'Industrie 5.0 est l'objectif à long terme vers lequel les développements en cours dans la fabrication industrielle peuvent, et surtout, devraient être orientés.

## 3.2 Humaine, Résiliente et Durable

### 3.2.1 Centrée sur l'humain

La différence la plus marquante entre l'Industrie 4.0 et l'Industrie 5.0 est la relation entre les humains et les machines dans le processus de fabrication. L'Industrie 5.0 ajoute une touche humaine significative à l'automatisation de l'Industrie 4.0.

L'Industrie 5.0 vise à soutenir, et non à remplacer, les humains dans la production industrielle et, ce faisant, à adapter les technologies qui complètent le travail humain. Le manque de perspective humaine, voire la subordination des travailleurs

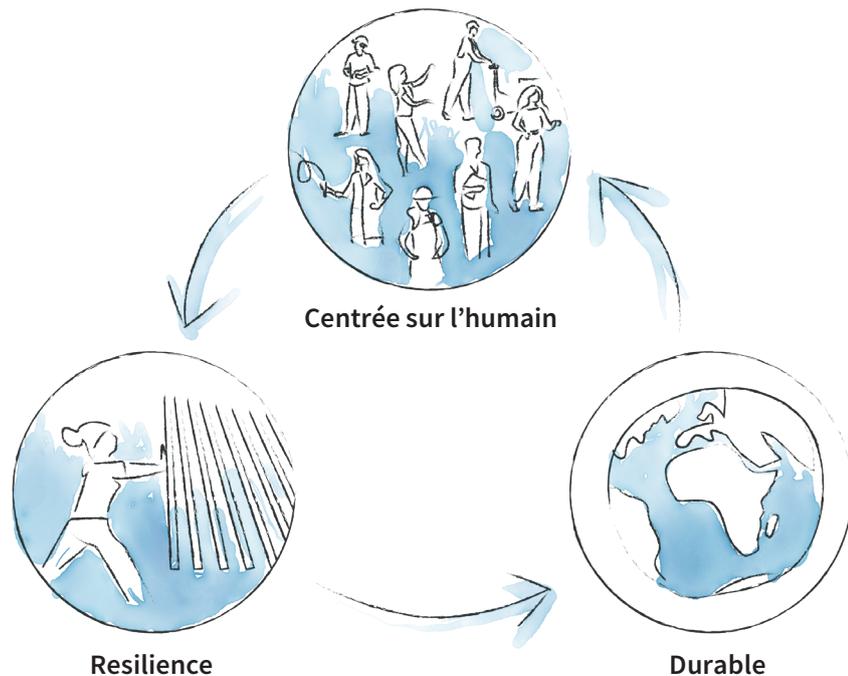
humains à la technologie qui est évidente dans l'Industrie 4.0, représente un inconvénient majeur et un gaspillage du potentiel de collaboration. Au contraire, en permettant aux humains et aux machines de travailler de manière plus alignée, de nombreuses opportunités s'ouvrent.

Remettre les humains au centre de la production industrielle, soutenus par des robots collaboratifs ou "cobots", facilite non seulement une production qualitative et agile, mais offre également aux travailleurs des emplois plus significatifs que ce qui a été le fait pendant plus d'un siècle. Les fabricants qui comprennent et utilisent la valeur de la combinaison de l'intuition humaine, de l'adaptabilité et des capacités de résolution de problèmes et de pensée critique avec la cohérence et la capacité à fournir une précision opérationnelle meilleure que celle offerte par les robots réaliseront des avantages mesurables.

Les technologies qui s'adaptent aux personnes au lieu de l'inverse ne permettent pas seulement aux travailleurs de fournir les meilleurs résultats. Elles augmentent également la capacité opérationnelle à réagir à des processus de fabrication de plus en plus complexes et à un comportement client incohérent, et contribuent à rendre les environnements de fabrication plus sûrs.

### 3.2.2 Résilience

La résilience, définie comme la capacité à résister aux perturbations et aux événements



catastrophiques, n'a pas été particulièrement mise en évidence dans le concept de l'industrie 4.0. La pandémie de COVID-19, avec les fermetures d'usines et le changement de comportement des consommateurs, a souligné la nécessité pour les fabricants de se concentrer sur la résilience opérationnelle. Pour augmenter leur capacité à atténuer les perturbations de la chaîne d'approvisionnement, mais aussi pour renforcer leur capacité opérationnelle à résister et à se remettre de celles qui se produisent encore.

Une stratégie résiliente est "agile et résiliente avec des technologies flexibles et adaptables" comme défini par la Commission européenne. Avec les événements récents à travers le monde, peu de gens seraient en désaccord pour dire que la résilience est la clé pour maintenir la compétitivité et finalement la survie opérationnelle. Aujourd'hui et à l'avenir.

Les entreprises d'aujourd'hui sont largement motivées par des mesures de productivité et de rentabilité et bien que l'agilité et la flexibilité soient à l'ordre du jour des entreprises depuis longtemps, elles ne favorisent pas la résilience.

Pour faire véritablement de la résilience une pierre angulaire de la stratégie d'entreprise, l'accent opérationnel doit passer de la croissance, de la rentabilité et de l'efficacité. Au lieu de cela, une organisation robuste doit être créée qui est capable d'anticiper, de réagir et d'apprendre de manière systématique et opportune de toute crise et ainsi d'assurer une performance opérationnelle stable et durable. La proactivité, la flexibilité, l'adaptation et la redondance sont des facteurs clés pour construire la résilience dans les opérations industrielles.

La résilience implique une compréhension de la situation, une adaptation à la nouvelle situation, et la gestion des vulnérabilités et ici la visibilité de l'information et l'intégration de l'information à travers les processus peuvent jouer un rôle crucial. Les nouvelles technologies offrent la possibilité de suivre l'information (traçabilité des processus) qui soutient l'objectif de résilience. Ces nouvelles technologies sont activées via des plateformes intelligentes pour les réseaux collaboratifs mais nécessitent en retour une attention supplémentaire aux menaces de cybersécurité.

Remettre une fois de plus les personnes au centre de la fabrication est payant. Les employés sont l'un des facteurs les plus cruciaux pour atteindre une fabrication résiliente car elles sont très souvent les premières à détecter les anomalies, et leur formation et leur éducation, la sensibilisation et le leadership ainsi que les compétences et les talents peuvent faire toute la différence.

### 3.2.3 Durable

Les efforts en terme de développement durable des entreprises de l'industrie 4.0 se sont largement concentrés sur la réduction ou la minimisation des dommages environnementaux ou sur le greenwashing. En progressant vers l'industrie 5.0, l'intégration totale de la durabilité dans la stratégie de fabrication implique beaucoup plus que ce qui est actuellement fait. Plutôt que de chercher uniquement à réduire l'impact environnemental négatif de l'entreprise et de ses opérations, les entreprises véritablement durables de l'industrie 5.0 se concentrent sur l'augmentation de leur impact positif en ne contribuant pas au défi environnemental actuel.

Contrairement aux précédentes transformations industrielles, l'industrie 5.0 considère la protection de l'environnement comme une priorité immédiate avec un sens du but qui va au-delà de la production de produits pour le profit. Pour y parvenir, l'industrie 5.0 utilise la fabrication intelligente, l'automatisation et les robots pour bénéficier non seulement à l'industrie et aux mesures opérationnelles d'aujourd'hui, mais aussi aux employés et à la société.

Avec des forces motrices environnementales communes, les fabricants peuvent se concentrer sur des solutions respectueuses de l'environnement obtenues en incorporant de nouvelles technologies et en repensant les processus de production en ce qui concerne les impacts environnementaux. Les entreprises doivent devenir de plus en plus orientées vers la production verte et commencer à créer des environnements neutres en carbone. Pour faire partie de la solution, plutôt que du problème.

## 4. Réaliser l'industrie 4.0 et au-delà

### 4.1 Dans l'esprit des fabricants industriels d'aujourd'hui

Indépendamment de leur niveau de maturité dans l'industrie 4.0, les fabricants industriels font continuellement face à des combinaisons de défis habituels mais aussi à des défis uniques inattendus. Lorsqu'ils sont surmontés, ces solutions technologiques ou adaptations opérationnelles peuvent représenter un avantage concurrentiel majeur ou même être une autre étape vers la réalisation de l'industrie 5.0. De l'agilité à la durabilité, voici quelques-uns des défis et des tendances qui préoccupent les dirigeants de l'industrie manufacturière.

#### 4.1.1 Agilité

Avec le rythme de développement et de changement qui ne cesse de croître, la capacité à faire face à une complexité de production toujours croissante et à gérer différents mélanges de produits et des conditions qui changent rapidement est un défi majeur pour de nombreux fabricants industriels.

La durée de vie des produits devient de plus en plus courte. La complexité de la production augmente tandis que les conditions du marché changent de plus en plus rapidement. Il devient de plus en plus difficile de prendre des décisions de production précises et de faire des prévisions de marché. Comment répondre aux demandes futures des clients ? Quels investissements dureront dans le temps ? Faut-il réduire ou augmenter les capacités de production dans un délai de 12 à 18 mois ?

L'agilité, la capacité à s'adapter rapidement, est un défi clé mais aussi une opportunité si elle est exploitée dans un monde de fabrication où la prévision linéaire n'existe plus.

#### 4.1.2 Automatisation

L'automatisation dans la production industrielle offre une réponse pérenne à des exigences de plus en plus précises en matière de machines et d'installations, et permet un contrôle maximal de la chaîne de montage. Elle raccourcit les circuits de production et augmente l'efficacité de la chaîne de montage. Des avantages qui permettent des solutions et des processus de fabrication plus évolutifs et flexibles qui augmentent la production, la productivité et raccourcissent le temps nécessaire pour s'adapter aux changements de mix de produits tout en soutenant un lieu de travail ergonomique plus durable et sûr pour les opérateurs. Tout cela est réalisé tout en

réduisant les coûts opérationnels et en améliorant le retour sur investissement.

L'automatisation moderne dans la fabrication combine le meilleur de deux mondes, la robotique et l'humain. Il ne s'agit cependant pas seulement de solutions traditionnelles embarquées, comme les robots industriels, mais aussi de logiciels qui peuvent aider à automatiser la production.

La valeur fondamentale d'un robot réside dans sa répétabilité et sa fiabilité, tandis que la valeur d'un opérateur humain réside dans sa capacité à s'adapter aux exigences et conditions changeantes.

En poussant plus loin l'interaction entre les humains et les robots, les robots collaboratifs, ou cobots, sont développés pour travailler aux côtés des humains dans les environnements de production, automatisant ainsi la production tout en responsabilisant l'opérateur.

L'automatisation peut être mise en œuvre à tous les niveaux du processus de fabrication. Des outils individuels, aux postes d'opérateurs jusqu'à l'ensemble des chaînes de montage. Comme la plupart des processus de fabrication commencent et se terminent par une multitude d'opérations de serrage, le processus de serrage est en particulier un domaine où l'automatisation est rentable. Dans le serrage mais aussi en général, l'industrie automobile est à bien des égards à la pointe des efforts d'automatisation dans la fabrication industrielle. Des solutions qui ont certainement une pertinence pour d'autres industries manufacturières.

#### 4.1.3 La cybersécurité

Alors que les initiatives d'usine intelligente continuent de gagner du terrain parmi les fabricants, les risques en terme de cybersécurité qui les accompagnent augmentent également. Une fois que les systèmes d'automatisation et de contrôle sont entièrement connectés, l'organisation s'ouvre à une multitude de risques de sécurité ciblant les personnes, la technologie, les processus et la propriété intellectuelle.

De nombreuses entreprises de fabrication sont la cible d'attaques de cybercriminalité. Celles-ci peuvent inclure l'espionnage industriel, l'extorsion via des ransomwares, attaque par déni de service et le vol de données financières et opérationnel-

les. De nombreux incidents liés à la cybercriminalité sont en particulier associés aux systèmes de contrôle utilisés pour gérer les opérations industrielles. Ces systèmes de contrôle constituent les technologies opérationnelles (OT) qui permettent aux installations d'usine de fonctionner.

Les fabricants doivent donc être de plus en plus conscients de la cybercriminalité et de la manière de la prévenir. Cela comprend la formation des employés sur les types de menaces qu'ils pourraient rencontrer et sur ce qu'il faut faire en cas de cyberattaque. Cela comprend la planification de la manière de répondre aux menaces mais aussi de la manière de se remettre d'une attaque. Il est nécessaire d'investir dans un programme de gestion de la cybersécurité holistique qui s'étend à l'ensemble de l'entreprise (IT et OT) pour identifier, protéger, répondre et se remettre des cyberattaques.

#### 4.1.4 Les jumeaux numériques

Les jumeaux numériques fusionnent les mondes physiques et numériques et fournissent aux fabricants industriels un outil important pour augmenter la productivité et rationaliser les opérations. En créant une représentation virtuelle de l'actif physique, comme un outil, un assemblage, un processus complexe ou même une usine de production entière, des simulations peuvent être effectuées avant que les actifs ne soient mis en production. Ce sont des simulations pour soutenir l'analyse des compromis ou l'optimisation en temps réel. Ils permettent également, par exemple, aux clients finaux de visualiser la production de leur véhicule commandé, créant ainsi un lien émotionnel avec eux.

Un jumeau numérique est basé sur des données. Ces données peuvent provenir de capteurs en réseau ou d'une saisie manuelle. Plus il y a de capteurs et d'autres entrées de données pour alimenter un jumeau numérique, plus les informations deviennent pertinentes et accessibles. Des informations qui représentent une énorme opportunité pour les équipes de gestion, d'ingénierie et de conception, de production et d'exploitation. Les jumeaux numériques aident à relever les défis dans tout processus de fabrication spécifique. Ils améliorent la capacité à tester des scénarios, la performance des actifs et la capacité à prévoir proactivement les erreurs de production et de maintenance.

Les jumeaux numériques font partie intégrante de la création d'usines intelligentes où ils offrent des informations et des possibilités qui apportent des avantages significatifs à la fabrication :

- Réduction des déchets
- Amélioration de l'efficacité opérationnelle

- Amélioration du temps de fonctionnement
- Longévité de l'équipement
- Maintenance préventive proactive
- Amélioration du retour sur investissement des équipements

#### 4.1.5 Électrification

L'électrification, le processus de remplacement des technologies alimentées par des combustibles fossiles par celles qui utilisent de l'électricité provenant de sources d'énergie renouvelables, est en train de changer la fabrication industrielle et le monde qui nous entoure. Poussée par les employés, les clients, les partenaires, les autorités gouvernementales et d'autres parties prenantes, la durabilité est à juste titre à l'ordre du jour de nombreux fabricants. En plus de jouer un rôle important dans la réduction des émissions de CO2 opérationnelles, l'électrification de la fabrication industrielle peut réduire les coûts de maintenance des équipements et améliorer l'efficacité.

Nulle part ailleurs, le passage à l'électrification n'est plus apparent que dans l'industrie automobile. Une transition vers la mobilité électrique alimentée par de nouvelles technologies. Les premiers véhicules étaient tous alimentés par des batteries et maintenant le concept du véhicule électrique (VE) a fait le tour de la question.

#### 4.1.6 Nouveaux partenariats

Les industries manufacturières doivent trouver et développer de nouveaux partenariats pour rester compétitives sur un marché où il est de plus en plus difficile de maintenir une position de leader tout au long du processus de fabrication, du développement à la mise en œuvre opérationnelle. L'innovation collaborative, ou la co-création, est une force motrice lorsque les fabricants cherchent de nouveaux partenariats. Pour répondre au besoin de transformation, des entreprises innovantes dans le domaine du design et de la durabilité, souvent des start-ups, sans héritage spécifique à l'industrie ou limitations en termes de technologie ou d'état d'esprit, sont sollicitées par les fabricants industriels dès la phase architecturale.

Différentes industries vont de plus en plus s'associer, comme les acteurs de l'électronique grand public qui s'impliquent avec les fabricants de l'industrie automobile. De nouvelles segmentations du marché seront créées où les frontières verticales du marché sont effacées. La collaboration à tous les niveaux, travaillant vers une vision mutuelle et un objectif commun, est aujourd'hui la nouvelle règle du jeu.

#### 4.1.7 Complexité des marchés publics

Les processus d'achat parmi les fabricants industriels deviennent de plus en plus complexes avec de plus en plus d'influenceurs et de décideurs impliqués. Les groupes d'achat désignés augmentent en taille et avec un nombre croissant de personnes impliquées, les décisions sont retardées, les investissements nécessaires sont reportés ou même jamais réalisés.

Un autre phénomène est le "regret d'achat". Lors de la décision d'investissements de fabrication complexes, les groupes d'achat sélectionnent les solutions avec les dénominateurs communs minimaux. Cela peut les amener à choisir, sans le savoir et involontairement, des solutions trop simplifiées qui peuvent rapidement s'avérer être une erreur. Cette situation est encore alimentée par le fait que beaucoup se tournent vers des sources numériques en ligne non coordonnées pour obtenir des informations ou même passer des commandes.

Ces fournisseurs qui peuvent faciliter, simplifier et coordonner les processus d'achat et guider les groupes d'achat offriront un avantage décisif aux fabricants industriels pour prendre des décisions d'investissement meilleures et plus rapides. Des représentants commerciaux avec une compétence d'achat client soutenue par des solutions d'auto-service ou même des processus d'achat automatisés où les machines passent des commandes à d'autres machines lorsque nécessaire. La rentabilité commence par des processus d'approvisionnement efficaces et les fabricants doivent s'associer à des fournisseurs qui comprennent leurs clients dès le départ.

#### 4.1.8 La chaîne d'approvisionnement

Fermetures d'usines, changements de comportement des consommateurs entraînant des difficultés à prévoir la demande, événements météorologiques extrêmes... Si les événements des deux dernières années ont prouvé quelque chose, c'est le besoin pour les fabricants industriels de sécuriser leur chaîne d'approvisionnement dans des conditions de marché imprévisibles et instables. Pour augmenter la capacité à atténuer les perturbations de la chaîne d'approvisionnement mais aussi renforcer la capacité opérationnelle à résister et à se remettre de celles qui se produisent encore.

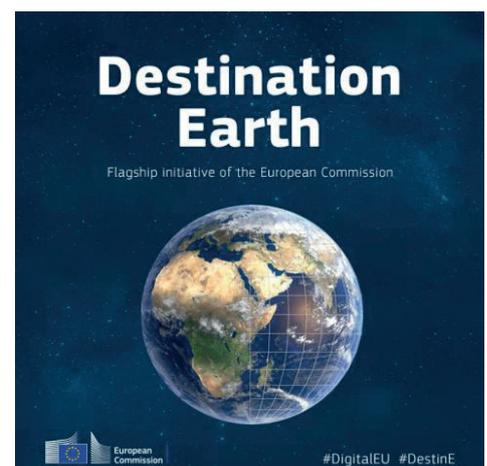
Tout en se remettant encore de l'impact de la pandémie de COVID-19, les chaînes d'approvisionnement sont maintenant touchées par la hausse de l'inflation et des salaires, les pénuries

de matériaux et de main-d'œuvre, la hausse des coûts de l'énergie et le protectionnisme géopolitique accru. Les perturbations de la chaîne d'approvisionnement laissent les organisations incapables de sécuriser les matériaux nécessaires à la production, de prévoir la demande, de prédire l'offre et de respecter les accords de livraison. En bref, la chaîne d'approvisionnement est un facteur de succès concurrentiel clé.

De nombreux fabricants se tournent vers la technologie pour résoudre leurs défis de chaîne d'approvisionnement et, ce faisant, se dirigent vers des chaînes d'approvisionnement entièrement numériques, intelligentes et en partie automatisées. Il y a un besoin apparent d'accélérer la transformation numérique des chaînes d'approvisionnement par l'intégration, l'automatisation et des écosystèmes connectés et sécurisés. La digitalisation qui favorise la flexibilité, l'agilité, la transparence et la visibilité tout au long de la chaîne d'approvisionnement, facilitant la gestion des flux d'information et la découverte des informations pour assurer la continuité des opérations. Même en cas de perturbations majeures.

Une telle technologie numérique, vers laquelle de nombreux fabricants se tournent pour améliorer et sécuriser la résilience de leur chaîne d'approvisionnement, est la technologie des jumeaux numériques, des représentations virtuelles d'outils physiques, de processus ou même d'usines entières. Les jumeaux numériques peuvent aider à identifier les inefficacités et les goulets d'étranglement dans les chaînes d'approvisionnement et aider les fabricants à prendre des décisions éclairées lors de la sélection des bons fournisseurs, installations et capacités de transport. Ils peuvent également être essentiels pour évaluer différents scénarios afin de mesurer la résilience de la chaîne d'approvisionnement des organisations.

Porter le concept du jumeau numérique à un niveau planétaire est l'initiative Destination Earth (DestinE), lancée par la Commission européenne au printemps 2022.



Un modèle numérique très précis de la Terre sera développé pour aider à prédire l'activité naturelle et humaine, et développer et tester des scénarios, des prévisions et des visualisations. Les informations de haute qualité seront progressivement mises à disposition du secteur privé et seront un complément précieux pour les fabricants pour prédire les événements extrêmes qui pourraient avoir des implications sur leur chaîne d'approvisionnement.

#### 4.1.9 Le développement durable

Le secteur industriel, qui comprend l'industrie manufacturière, représente environ **un cinquième** des émissions mondiales de gaz à effet de serre. De plus, le secteur industriel consomme environ **la moitié des ressources énergétiques mondiales**. Il y a donc un besoin immédiat pour les entreprises manufacturières d'utiliser de manière plus efficace les ressources limitées de la Terre de manière plus durable tout en minimisant les impacts sur l'environnement mesurés en termes d'empreinte carbone.

La durabilité devient rapidement une question de survie mais en est encore à ses débuts à bien des égards en ce qui concerne la concurrence avec les moteurs de mesure d'entreprise traditionnels tels que la productivité, l'efficacité et la flexibilité. Cela change rapidement mais la question demeure - comment mesure-t-on la durabilité dans un monde guidé par des KPI liés à la productivité et à l'efficacité ?

Les employés, les clients, les partenaires et les fournisseurs exigent tous que les fabricants industriels travaillent de manière plus durable, mais il n'existe pas de méthodes qui permettent d'évaluer et de mesurer ces derniers par rapport aux mesures données d'aujourd'hui sur un bilan. Comment prouver la valeur commerciale de la durabilité en dehors de la valeur de la marque ou en la limitant uniquement à la mesure de la durabilité et des indicateurs spécifiques liés à l'impact environnemental ?

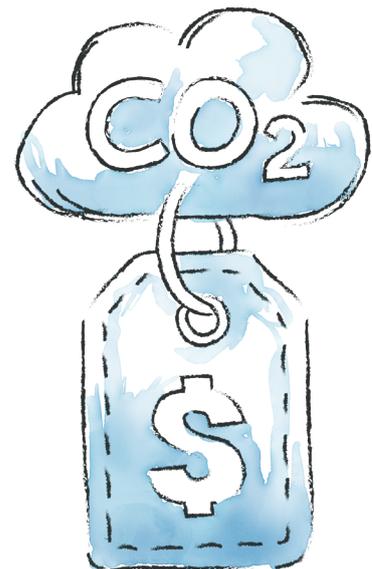
Dans un avenir proche, des normes financières permettant un calcul du ROI de la durabilité lié aux indicateurs de performance traditionnels aideront les fabricants industriels à mesurer l'impact de la durabilité sur leur bilan. En plus de souligner les avantages mesurables que la durabilité peut offrir à la rentabilité d'une entreprise, les normes faciliteront également la recherche et l'évaluation de nouveaux fournisseurs et partenaires futurs.

Mais peut-être existe-t-il déjà une telle mesure, la tarification du carbone. En capturant les coûts externes de l'émission de carbone et en imposant une taxe sur ces émissions, le coût est renvoyé à sa source. Ces coûts peuvent inclure la perte de

propriété due à la montée du niveau de la mer, les dommages aux cultures causés par les changements de précipitations, ou les coûts de soins de santé associés aux vagues de chaleur et aux sécheresses.

Le signal de prix modifie les modèles de consommation et d'investissement, rendant le développement économique compatible avec la protection du climat, déplaçant effectivement la responsabilité de payer pour les dommages du changement climatique du public vers les producteurs d'émissions. Les producteurs ont donc le choix de réduire leurs émissions pour éviter de payer un prix élevé ou de continuer à émettre mais en devant payer pour leurs émissions.

En effet, la tarification du carbone fournit un outil financier solide pour déplacer les investissements des technologies à forte émission de CO<sub>2</sub> vers des alternatives plus propres.



## 5. Production industrielle 2030

### 5.1 Un coup d'œil dans la boule de cristal

Le rythme du changement dans la production industrielle n'a jamais été aussi rapide. En raison des avancées technologiques et des nouvelles réglementations, on prévoit qu'il y aura plus de changements dans les processus de production industrielle dans les prochaines années que dans les 50 années précédentes. En regardant dans la boule de cristal, voici quelques-uns des principaux points forts qui nous attendent dans un avenir pas si lointain.

- Les personnes et les robots collaboratifs («cobots») coexisteront de plus en plus dans les usines intelligentes où ils pourront se déplacer partout où ils seront nécessaires dans le processus d'assemblage.
- Les opérateurs qualifiés et expérimentés continueront d'être une ressource rare et avec le nombre croissant de départs à la retraite dans les années à venir, comment remplacer leur niveau d'expertise ?
- L'engagement universel en faveur d'objectifs environnementaux basés sur la science nécessitera des partenariats entre les fournisseurs d'équipements et les utilisateurs finaux. Des partenariats qui aideront à réaliser des réductions de l'empreinte carbone soutenant l'objectif de limiter le changement climatique.
- Passer de la ligne de production classique à la production modulaire.
- Approche holistique du contrôle de qualité incluant la traçabilité de la révision, de la réparation et des processus de sauvegarde.
- Avec des besoins accrus de connectivité viennent les besoins accrus de solutions de cybersécurité.
- Des volumes de production de modèles plus petits signifient que les investissements en équipements de production doivent être réutilisés. Cela entraîne également une complexité supplémentaire sur la ligne de production qui, combinée à la volonté d'automatiser davantage, introduira le terme "automatisation flexible" dans les processus de fabrication de demain.
- Intelligence basée sur le réseau et à l'épreuve du futur. La majorité de la fabrication avancée sera réalisée dans une architecture de réseau hautement distribuée. En contraste avec la philosophie hiérarchique traditionnelle où un "cerveau maître" donne des ordres à des entités de niveau inférieur. À l'avenir, le produit en cours d'assemblage portera les informations concernant ses besoins, son statut et ses capacités. Cela communiquera automatiquement avec les actifs de production environnants les tâches d'assemblage qui doivent être effectuées, dans quel ordre et par quel type d'actif. Chaque actif sera un système cyber-physique portant à la fois des besoins et des capacités dans le monde physique, ainsi que son jumeau numérique qui sera mis à jour en temps réel.



## 6. La feuille de route d'Atlas Copco pour l'avenir

### 6.1 Plus d'un siècle d'engagement en faveur de l'innovation et du développement

Assemblage Connecté Intelligent. Assemblage Connecté Intelligent - Alimenté par les Données. Assemblage Intégré Intelligent. Nous avons une feuille de route conceptuelle éprouvée pour réaliser les promesses de l'Industrie 4.0 et au-delà. Un exemple crédible de la manière dont nous avons été un acteur clé dans l'identification des tendances de la fabrication industrielle et le développement des outils et solutions qui positionnent mieux les entreprises de fabrication industrielle pour les besoins futurs de leurs clients.

Depuis 1873, nous avons transformé les idées industrielles en réalité. Dans tout ce que nous faisons, nous nous efforçons d'offrir à nos clients de meilleures façons d'être plus productifs et durables, leur fournissant ainsi un avantage concurrentiel décisif pour répondre aux demandes toujours changeantes des clients et du marché. En tant que partenaire stratégique, nous pouvons vous aider à faire le saut vers l'ère de l'Industrie 4.0 et au-delà et, ce faisant, vous aider à réaliser vos ambitions et objectifs en matière de durabilité, de productivité et de rentabilité.

### 6.2 L'assemblage intégré intelligent d'Atlas Copco

Smart Integrated Assembly d'Atlas Copco est notre concept pour les fabricants industriels cherchant à se transformer et à mettre en œuvre des usines intelligentes. Un portefeuille complet de solutions Industrie 4.0 comprenant des outils d'assemblage connectés intelligents pour les usines et les opérations sur le terrain, des solutions pour ligne d'assemblage entièrement intégrées de la conception à la production, ainsi qu'un ensemble unique de services basés sur les données.

Une feuille de route de transformation pour réaliser une usine plus intelligente où la connectivité des outils et des processus est intégrée dans tous les appareils et systèmes. Des offres technologiques prenant en charge les processus de fabrication critiques, de la fixation à l'automatisation. Nous sommes les seuls à disposer des compétences et du savoir-faire éprouvés et documentés, soutenus par les offres disponibles, pour mener à bien ce projet, depuis le premier joint jusqu'à l'ensemble de l'usine.

- **Assemblage serré** – Un processus d'assemblage commence souvent par un processus d'assemblage unique au cours duquel deux objets ou plus sont fixés mécaniquement, par un serrage parfaitement correct.
- **Contrôle de la station** – Assurer que le poste de l'opérateur est surveillé, contrôlé et à l'épreuve des erreurs, aidant ainsi l'opérateur dans le processus d'assemblage et de fabrication.
- **Station automatisée** – L'automatisation est une réponse pérenne aux exigences de plus en plus précises en matière d'installations et de machines, et elle permet d'atteindre le niveau le plus élevé de contrôle des stations. Elle permet de raccourcir les circuits de production et d'accroître l'efficacité tout en réduisant les coûts d'exploitation et en améliorant le retour sur investissement.
- **Ligne connectée** – Connecter toutes les stations d'opérateurs offre une visibilité, une traçabilité et la possibilité de collecter des données opérationnelles sur l'ensemble de la chaîne de production. Le résultat est une solution pour détecter les faiblesses de production et stimuler la productivité
- **Usine intégrée** – Créer une chaîne de fabrication et d'assemblage de bout en bout, entièrement intégrée et transparente, à l'échelle d'une usine. Les processus sont connectés en interne mais aussi aux processus des clients, permettant le partage d'informations entre les usines et la gestion rapide des perturbations de production

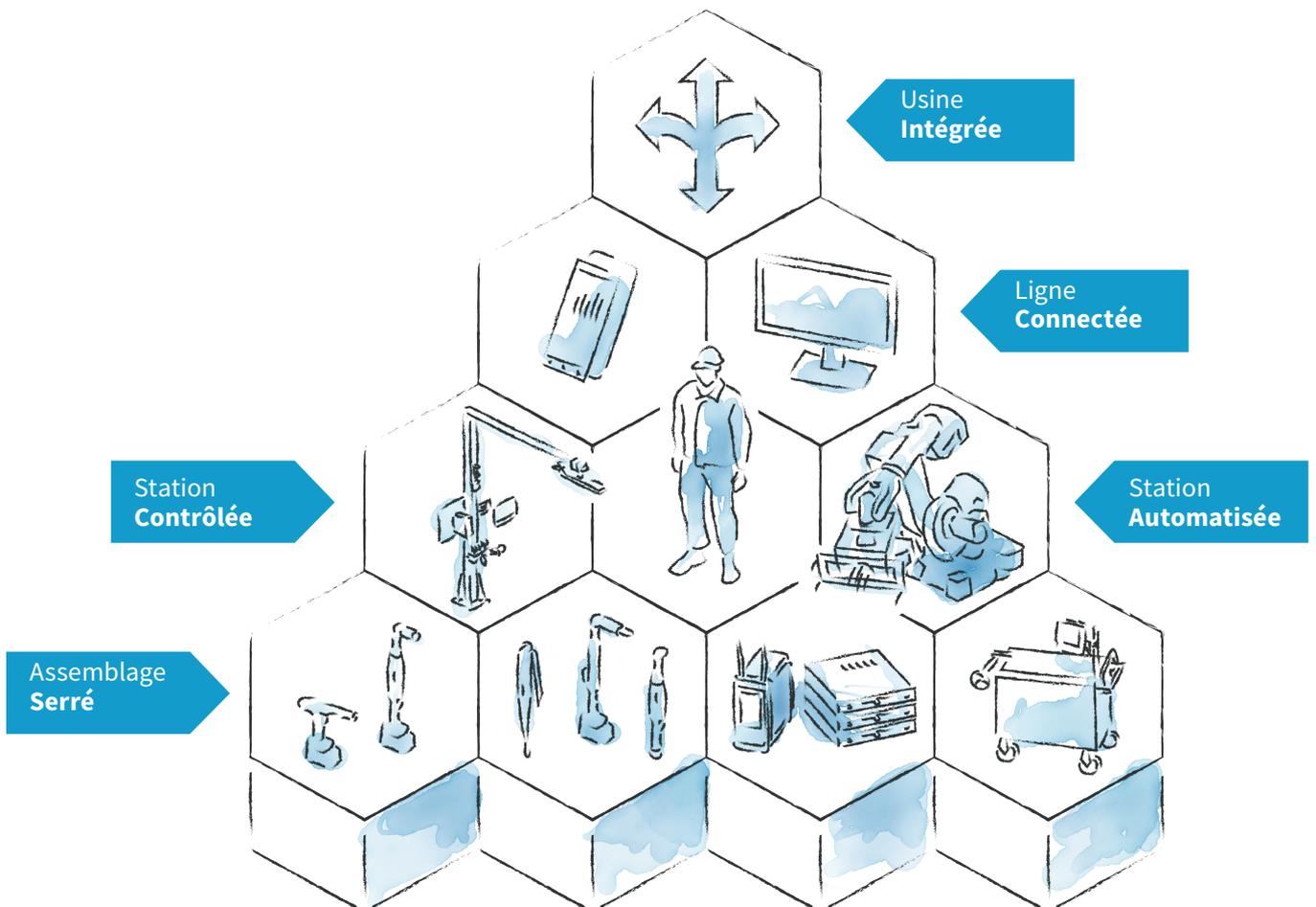
Smart Integrated Assembly englobe notre portefeuille, notre structure et notre écosystème d'offres de matériel, de logiciels et de services, offrant une valeur inégalée à chaque étape des cycles de fabrication des produits des clients. De la conception, du prototype et de la production pilote à la production en série complète et au marché après-vente. Il offre aux clients un avantage concurrentiel mesuré en termes de processus de fabrication plus efficaces, flexibles, adaptables et sûrs, une réduction des temps d'arrêt, une meilleure utilisation des matériaux et de l'énergie avec une réduction substantielle des déchets.

Nos solutions facilitent l'intégration de systèmes technologiques automatisés. De plus, beaucoup permettent une prévention avancée des erreurs et une collecte de données précieuses, ainsi que des processus de production plus efficaces et flexibles. Conçues pour répondre aux besoins des processus d'assemblage nouveaux et existants, nos offres d'automatisation assurent une efficacité maximale, une flexibilité étendue et une grande rentabilité dans chaque application. Mais avec l'automatisation et la numérisation des processus de production vient une quantité massive de données.

Et si ces données complexes pouvaient être transformées en informations exploitables qui soutiennent une prise de décision plus intelligente tout au long du cycle de vie du produit ? C'est exactement ce que fait l'écosystème connecté intelligent d'Atlas Copco, et plus encore. Il propose des équipements de visualisation, des solutions de positionnement,

des logiciels et des accessoires de prévention des erreurs du début à la fin. Exploitant les données d'un écosystème connecté intelligent pour obtenir un avantage compétitif.

Cette approche holistique unique de la fabrication industrielle aide les entreprises à développer une production conviviale pour l'opérateur, assurée en qualité dans les usines intelligentes tout en minimisant les déchets, la consommation de matériaux et d'énergie. En somme, cela réduira les coûts tout en réduisant également les émissions qui changent le climat. Une équation meilleure pour vos opérateurs, votre entreprise, vos clients et la planète sur laquelle nous vivons tous.



### 6.3 Un partenariat intégré avec une vision

Nous sommes leaders sur le marché de la fabrication industrielle dans le développement et l'adaptation de nouvelles technologies et nous pouvons, en tant que partenaire intégré, aider les entreprises à transformer leurs processus de production. C'est quelque chose que nous faisons souvent en étroite coopération avec des tiers qui interviennent dans les processus de développement précoce et offrent de nouveaux partenariats hérités.

La Fondation OPC (Open Platform Communications Foundation) gère une organisation mondiale dans laquelle les utilisateurs, les fournisseurs et les consortiums collaborent pour créer des normes de transfert de données pour l'interopérabilité sécurisée et fiable entre plusieurs fournisseurs dans l'automatisation industrielle. Avec plus de 850 membres allant de petits intégrateurs de systèmes aux plus grands fournisseurs d'automatisation et d'industrie du monde, la Fondation OPC est responsable du développement et de la maintenance de la norme OPC. La norme la plus largement adoptée pour l'échange d'informations et de données dans l'espace de l'automatisation industrielle et dans d'autres industries.



Avec l'introduction des architectures orientées services dans les systèmes de production, de nouveaux défis sont apparus en matière de sécurité et de modélisation des données. La Fondation OPC a donc développé l'ensemble de spécifications OPC UA (Open Platform Communications Unified Architecture) pour

répondre à ces besoins et en même temps fournir une architecture de plateforme ouverte riche en fonctionnalités qui était à l'épreuve du temps, évolutive et extensible. Lorsqu'elle a été publiée en 2008, cette approche à plusieurs niveaux a permis d'atteindre les objectifs initiaux de la spécification de la conception, à savoir :

- Équivalence Fonctionnelle
- Indépendance de Plateforme
- Sécurisé
- Extensible
- Modélisation d'Information Complète

Les technologies OPC ont été créées pour permettre un échange d'informations facile et sécurisé entre diverses plateformes de plusieurs fournisseurs et pour permettre une intégration transparente de ces plateformes sans développement logiciel coûteux et long. Aujourd'hui, plus de 4 200 fournisseurs ont créé plus de 35 000 produits OPC différents utilisés dans plus de 17 millions d'applications.

En tant que membre de la Fondation OPC, nous avons l'opportunité d'influencer les normes de fabrication industrielle.

Nous sommes un partenaire visionnaire qui comprend vraiment les processus de production et d'assemblage et les implications des technologies perturbatrices et des mégatendances. Un partenaire où nos propres équipements et nos processus sont intégrés de manière unique. Mais nous allons plus loin. Nos propres solutions sont à leur tour étroitement intégrées avec les équipements et les processus de nos clients. Travailler ensemble à la réalisation d'un ensemble commun d'objectifs et de projets commerciaux.



Atlas Copco Applications Industrielles  
14 Avenue Louis Blériot - 95740 FREPILLON - FRANCE  
outils@atlascopco.com  
atlascopco.com/fr-fr/itba

