

Industrie 4.0

Pour une entreprise
hautement concurrentielle



CGI

La force de l'engagement^{MD}

Sommaire de gestion

Nous sommes actuellement à l'aube de la quatrième révolution industrielle. Ce bouleversement qui transforme rapidement le paysage du secteur industriel est souvent désigné par les notions d'Industrie 4.0, d'usines intelligentes, d'Internet des objets, de systèmes cyberphysiques et de transformation numérique. L'Industrie 4.0 englobe la numérisation des chaînes de valeur horizontale et verticale, l'innovation des produits et services et la création de nouveaux modèles d'affaires. Parmi les principaux moteurs opérationnels de la transformation figurent l'amélioration de l'expérience client, l'accélération de la mise sur le marché et la réduction des coûts (voir la figure 1).

Les dirigeants d'entreprises industrielles qui souhaitent récolter les fruits de cette révolution accordent la priorité à l'Industrie 4.0. La création d'un environnement de production orienté sur l'Industrie 4.0 constitue une démarche progressive qui s'étalera sur plusieurs années et qui comprendra la modernisation des systèmes existants. Une fois la transformation amorcée, les possibilités de mise à profit de la technologie de l'Industrie 4.0 et des notions s'y rapportant seront illimitées.

Dans la présente étude, nous répondrons aux questions que nous posent souvent nos clients :

- Qu'est-ce que l'Industrie 4.0?
- Pourquoi l'Industrie 4.0 constitue-t-elle une priorité pour les dirigeants?
- Quels en sont les avantages commerciaux?
- Quels sont les défis qui s'y rattachent?
- Comment les entreprises mettent-elles en pratique cette notion?

Perspectives du secteur manufacturier selon CGI Global 1000 (2016)

- La transformation numérique s'accélère dans l'ensemble de la chaîne de valeur.
- Les principaux moteurs opérationnels sont la réduction des coûts, l'accroissement de l'agilité et l'accélération de la mise sur le marché.
- Les solutions exploitant l'Internet des objets, la mobilité et le nuage sont essentielles à la transformation.
- La modernisation des TI et des systèmes existants est un élément clé de la transformation.

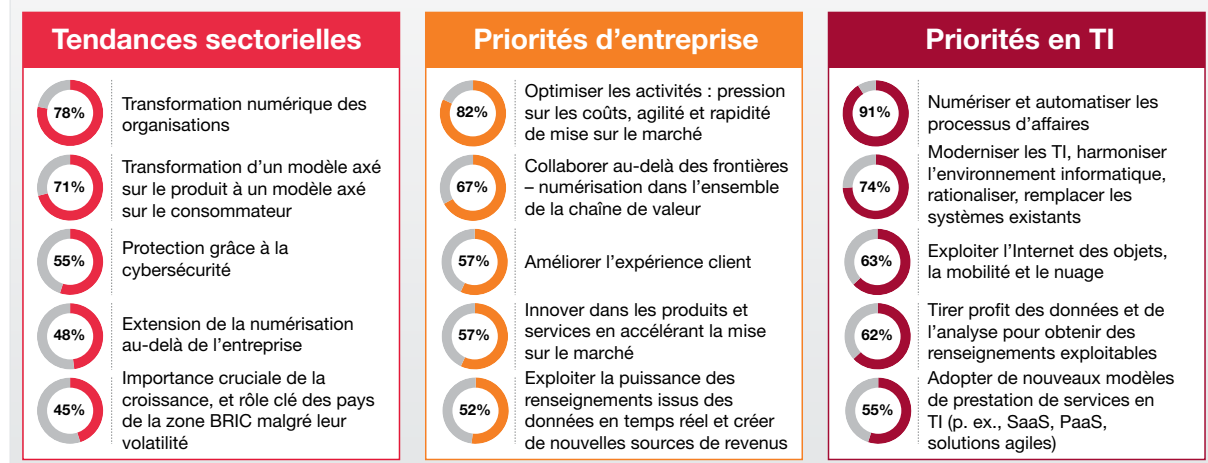


Figure 1 : Perspectives du secteur manufacturier selon CGI Global 1000¹ (2016)

¹ Le rapport annuel CGI Global 1000 rassemble des conclusions, des perspectives et le point de vue de CGI sur les sujets stratégiques qui se dégagent de conversations en personne avec des dirigeants issus des fonctions d'affaires et technologiques d'organisations commerciales et gouvernementales. En 2016, les conseillers de CGI ont interviewé plus de 1 000 dirigeants issus de 10 secteurs d'activité et de 20 pays.

Introduction

Notre environnement physique hyperconnecté atteint rapidement un niveau supérieur d'intelligence. La quatrième révolution industrielle, tout comme celles qui l'ont précédée, repose sur les nouvelles technologies. (Figure 2)

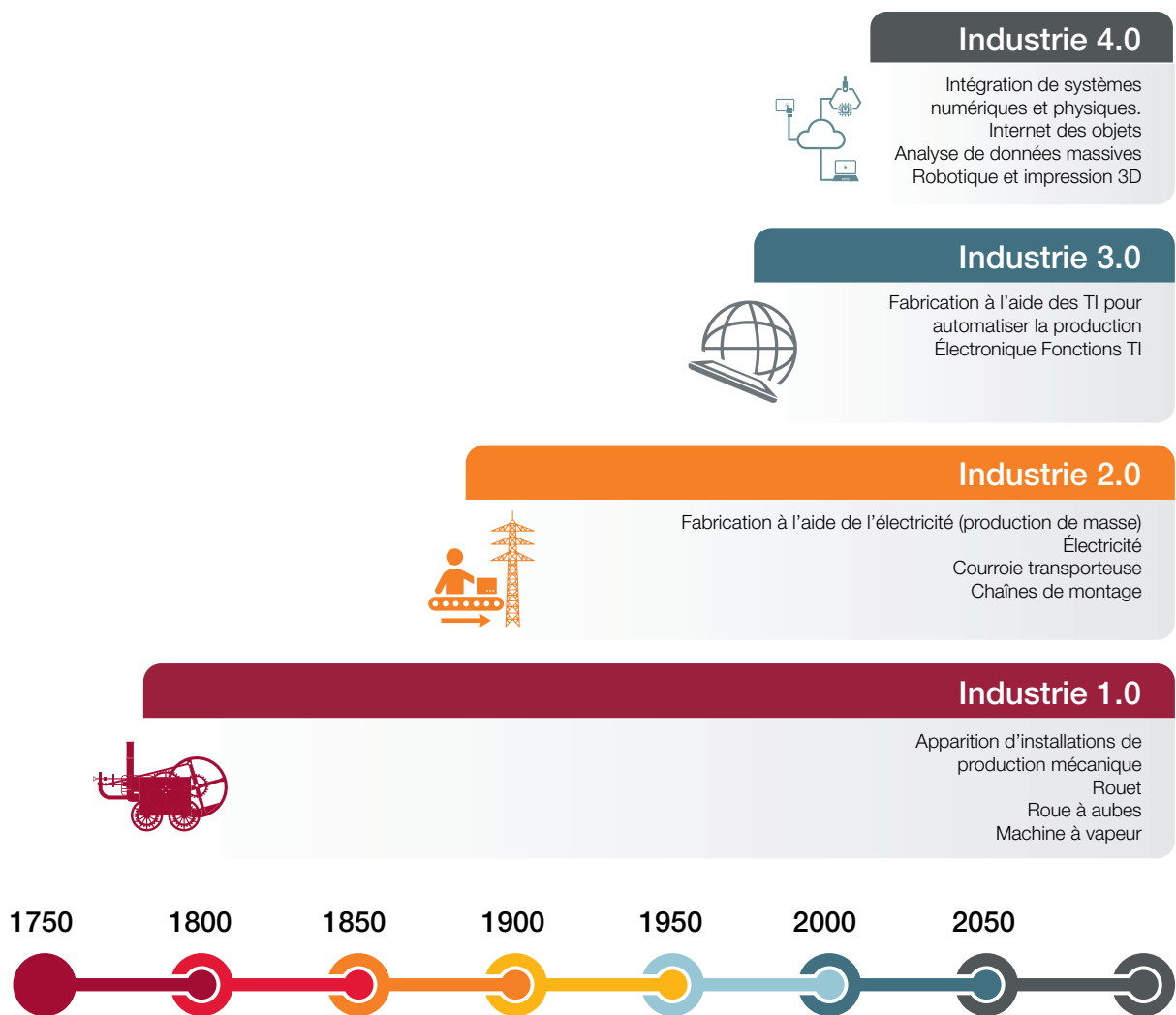


Figure 2 : Les innovations et la technologie ont toujours été le moteur des révolutions industrielles.

L'Industrie 4.0 est rendue possible grâce aux technologies qui intègrent à la fois les mondes numérique et réel, par exemple :

- L'Internet des objets (IoT) : Connecte un nombre sans cesse grandissant de systèmes, d'appareils, de capteurs, d'actifs et de personnes grâce à la fois aux réseaux sans fil étendus de faible puissance et aux réseaux câblés à grande capacité.
- Solutions mobiles : Comprennent les tablettes et téléphones intelligents, les capteurs portables et les lunettes intelligentes.
- Infonuagique : Comprend des solutions économiques de traitement et de stockage des données.
- Systèmes cyberphysiques (SCP) : Surveillent et contrôlent les processus physiques à l'aide de capteurs, d'actionneurs et de processeurs, en fonction des modèles numériques de l'environnement physique
- Analyse des données massives et intelligence d'affaires : Transforment les données en renseignements exploitables, y compris les algorithmes d'alerte précoce, les modèles prédictifs, les outils d'aide à la décision, les flux de travaux et les tableaux de bord.
- Technologies avancées de fabrication : Comprennent la robotique et l'impression 3D.

Jamais les nouvelles technologies n'ont été aussi abondantes et abordables. En même temps, la capacité à recueillir, à distribuer, à relayer et à analyser l'information s'est considérablement améliorée. Elle donne lieu à une prise de décisions éclairée par des données en temps réel et par l'analyse prédictive, ce qui permet d'ajouter de la valeur commerciale. La baisse importante des coûts des capteurs, de la bande passante et du traitement au cours des 10 dernières années en témoigne².

Le coût des capteurs, de la bande passante et du traitement a baissé considérablement au cours de la dernière décennie :

- Le prix des capteurs a chuté pour atteindre 0,60 \$ en moyenne.
- Le coût de la bande passante est près de 40 fois moindre.
- Les coûts de traitement sont près de 60 fois moins élevés.

Dans le monde virtuel d'aujourd'hui, les nouveaux modèles peuvent servir à simuler et à analyser les produits et les processus du monde physique. Dans le domaine du développement de produit, ces modèles sont utiles à l'optimisation du produit, de même qu'à l'exploitation et au contrôle du processus manufacturier. En affaires, ces modèles peuvent servir de base à la prise de décisions.

² Goldman Sachs. « Internet of Things: Making sense of the next mega-trend. » 2014. Site consulté le 28 novembre 2016. <http://www.goldmansachs.com/our-thinking/outlook/internet-of-things/iot-report.pdf>

Industrie 4.0 : Pourquoi figure-t-elle parmi les priorités des dirigeants?



Le monde évolue plus rapidement que jamais. Devant le rythme effréné de l'adoption des technologies numériques, les organisations cherchent à se transformer rapidement. De plus, avec l'émergence d'un nouvel ordre économique, les manufacturiers établis doivent traiter aussi bien avec de grandes organisations numériques qu'avec des entreprises innovantes en démarrage, qui souhaitent toutes générer de nouveaux modèles de revenus.

Les nouvelles technologies, les nouveaux produits et services, de même que les nouveaux modèles d'affaires peuvent perturber les opérations. Dans ce cas, l'adoption des principes de l'Industrie 4.0 devient une nécessité. Les dirigeants de demain doivent être prêts à se doter d'une nouvelle structure organisationnelle. Dans ce nouvel ordre économique, l'Industrie 4.0 transformera les entreprises sur plusieurs plans :

- **La stratégie d'entreprise.** Les solutions de l'Industrie 4.0 modifieront le mode de fonctionnement des entreprises. Elles influenceront le portefeuille de produits et services des entreprises. À l'heure actuelle, il convient de créer de nouveaux produits et services intelligents, mais les nouveaux modèles d'affaires deviendront rapidement une nécessité. De plus, de jeunes entreprises proposant un modèle de valeur perturbateur pénétreront le marché. Dans ces conditions, la mise en œuvre de l'Industrie 4.0 nécessitera l'entière participation des dirigeants. Les entreprises devront saisir l'incidence de la transformation numérique sur l'ensemble de leur organisation.

- **La gestion de la chaîne d'approvisionnement, la gestion des opérations et la gestion du cycle de vie du produit.** La numérisation facilite déjà la collaboration des entreprises. Les solutions infonuagiques permettent aux entreprises de partager les données avec les clients, les fournisseurs et les autres partenaires de la chaîne d'approvisionnement. Toutefois, une chaîne d'approvisionnement connectée et induite par la demande n'est possible que si les départements et les entreprises décloisonnent leurs structures. L'intégration des technologies opérationnelles (TO) et des technologies de l'information (TI) est nécessaire à la connexion du contrôle du processus, de la gestion des opérations et de la planification des affaires. Les entreprises devront aussi se doter de modèles de produits numériques pour la gestion complète du cycle de vie du produit.
- **Investissement.** L'Industrie 4.0 aura une incidence considérable sur le secteur des TI. Aujourd'hui considérée comme une tendance innovante, la numérisation deviendra une compétence fondamentale³. Le rapport CGI Global 1000 de 2016⁴ a révélé que les organisations du secteur manufacturier cherchent à diminuer le coût d'exploitation des processus et systèmes existants, ainsi qu'à accroître les investissements dans la transformation numérique (voir la figure 1). Elles peinent toutefois à faire les ajustements nécessaires au financement de cette transformation, car elles doivent poursuivre leurs activités commerciales tout en prenant le virage de l'Industrie 4.0. Dans un effort visant à accélérer la transformation, les manufacturiers intègrent rapidement l'automatisation et la numérisation. Alors qu'en 2015, seule la moitié des dirigeants d'entreprises manufacturières interviewés citaient la numérisation et l'automatisation des processus d'affaires comme une priorité des TI, en 2016, plus de 90 % d'entre eux investissent dans ces secteurs afin de demeurer concurrentiels et de réduire leurs coûts opérationnels (voir la figure 3). Dans cet environnement, le conseil d'administration doit prendre des décisions stratégiques en matière d'investissement, harmoniser le portefeuille d'investissements en TI aux priorités d'affaires, en plus de maximiser le rendement du capital investi. De plus, les chefs de la direction informatique devront encadrer les entreprises dans l'adoption des technologies en vue de favoriser l'innovation et l'atteinte des objectifs commerciaux.

³ « Évoluer ou ne rien changer? » CGI.com Site consulté le 28 novembre 2016. https://www.cgi.com/sites/default/files/white-papers/evoluer-ou-ne-rien-changer_etude-technique.pdf

⁴ En 2016, dans le cadre du rapport CGI Global 1000, CGI a mené des entrevues en personne avec 87 dirigeants de fonctions d'affaires et informatiques d'organisations du secteur manufacturier dans 13 pays pour recueillir leurs commentaires sur les principales tendances sectorielles ainsi que sur leurs priorités et leurs plans d'affaires et informatiques.

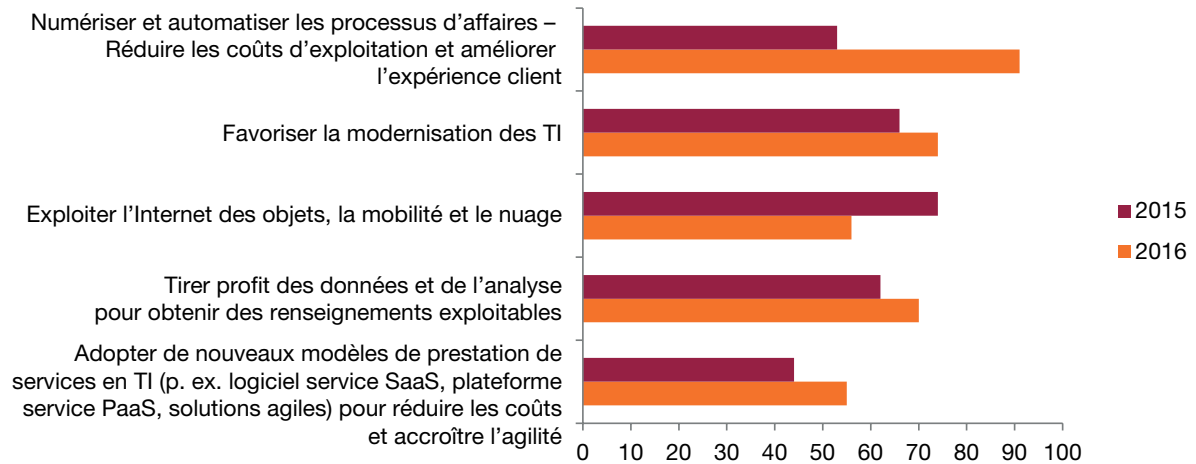


Figure 3 : CGI Global 1000 (2016) : les priorités en TI du secteur manufacturier



Industrie 4.0 : Quels en sont les avantages commerciaux?

Les possibilités d'application des technologies de l'Industrie 4.0 seront illimitées.

Une chaîne d'approvisionnement intelligente qui intègre le numérique permet d'obtenir un degré de collaboration et une visibilité en temps réel de bout en bout afin de répondre aux attentes grandissantes des clients.

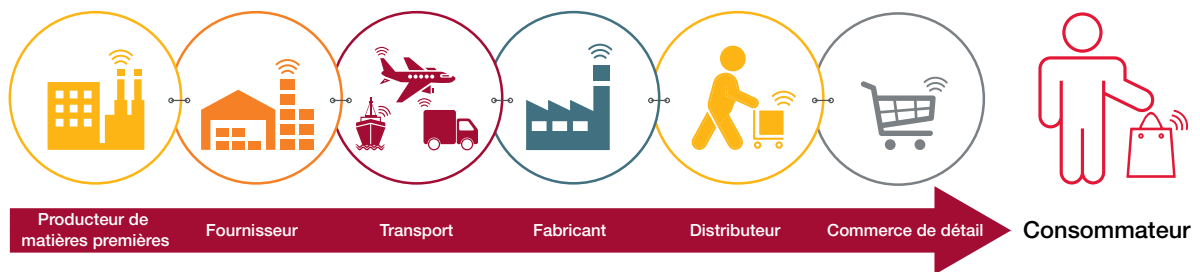


Figure 4 : Imaginez une chaîne d'approvisionnement connectée en temps réel.

Imaginez une chaîne d'approvisionnement connectée en temps réel. Qu'advierait-il si tous les participants à la chaîne d'approvisionnement partageaient en temps réel des données provenant de leurs sites de production, leurs véhicules, leurs entrepôts et leurs bases de données? Et si vous utilisiez les données en temps réel provenant des stocks et des points de vente afin d'évaluer l'état de vos affaires? Seriez-vous mieux outillés pour exécuter les commandes critiques des clients et pour répondre à leurs attentes avec rapidité et précision dans l'expédition et la manutention?

Imaginez des véhicules, des conteneurs et des palettes connectés. Qu'arriverait-il si votre entreprise effectuait le suivi et la surveillance de l'état et de l'emplacement de vos produits tout au long de la chaîne d'approvisionnement? Cela aiderait-il votre entreprise à améliorer la gestion des stocks et de la qualité du produit? La sérialisation aiderait-elle votre entreprise à gérer les cas de fraude et de contrefaçon?

Imaginez de l'équipement de production intelligent et connecté. Et si les paramètres des équipements s'ajustaient automatiquement en fonction du matériel utilisé, des produits en cours de fabrication et autres conditions ambiantes. Votre entreprise est-elle en mesure de personnaliser des produits de masse en fonction des besoins d'un client en particulier? Pourquoi ne pourriez-vous pas surveiller à distance l'équipement et prédire les défaillances avec précision?

Imaginez des appareils mobiles et portables connectés. Quels services et fonctionnalités supplémentaires votre entreprise offrirait-elle à ses clients? Comment amélioreriez-vous la sécurité des travailleurs?

Quelle que soit votre entreprise, ne serait-il pas idéal si un continuum numérique fluide pouvait

connecter vos services, vos clients, vos fournisseurs, vos partenaires, vos équipements de production et vos produits tout au long du cycle de vie de vos produits et services?

Une chaîne de valeur intelligente qui intègre le numérique offre des possibilités quasi illimitées. Les solutions de l'Industrie 4.0 améliorent l'efficacité des opérations, la productivité, la qualité des produits, la gestion des stocks, l'utilisation des actifs, le temps de mise sur le marché, l'agilité, la sécurité en milieu de travail et la durabilité de l'environnement.

La figure 5 présente les principales activités qui sont rendues possibles par les technologies de l'Industrie 4.0.

Planification	Développement	Marketing et ventes	Logistique interne	Production	Logistique externe	Maintenance et services
Méthodes de prévision	Gestion du cycle de vie du produit (GCVP)	Renseignements sur les clients	Suivi et retraçage des produits	Renseignements opérationnels	Planification de la distribution	Entretien, réparation et révision (MRO)
Travail collaboratif	Produits connectés	Promotions	Conteneurs intelligents	Contrôle avancé des procédés	Gestion des stocks	Gestion d'actifs d'entreprise
Gestion de la demande	Ingénierie collaborative	Marketing numérique	Sérialisation	Systèmes d'exécution de la fabrication	Gestion des entrepôts	Services extérieurs
Gestion intégrée d'entreprise	Surveillance à distance	Solutions de commerce électronique	Logistique juste-à-temps (JAT)	Machines et outils intelligents	Gestion du transport	Maintenance prédictive
Optimisation du stock de sécurité	Mise à jour logicielle à distance	Analyse du point de vente	Collaboration des fournisseurs	Gestion énergétique	Suivi et retraçage des produits	Gestion de la main-d'œuvre mobile
	Ingénierie collaborative	Expérience client	Gestion des stocks	Maintenance prédictive		Réalité augmentée
	Modélisation de produits en 3D	Systèmes de paiement sécurisés		Gestion de la qualité		Surveillance d'état
	Stimulation des processus	Offres bonifiées par des services		Historique d'un produit		Maintenance à distance
				Emballage intelligent		

Figure 5 : Les solutions de l'Industrie 4.0 classées par fonction d'affaires

À l'heure actuelle, les solutions Industrie 4.0 les plus prometteuses sont celles qui aident à la gestion énergétique et à la maintenance prédictive, particulièrement en association avec les systèmes d'exécution de la fabrication (Manufacturing Execution Systems ou MES). La Foire de Hanovre, en avril 2016, a permis de démontrer que les cas d'utilisation les plus fréquents sont la surveillance d'état, la maintenance prédictive et la gestion énergétique.

Maintenance prédictive



En utilisant des capteurs pour déterminer à quel moment la vérification des équipements est nécessaire, il est possible de prévenir les pannes et de réduire les coûts de maintenance de routine.

Grâce à des capteurs intégrés et connectés à Internet, le contrôle des équipements de production s'effectue à distance et en temps réel. Il devient alors possible de faire une maintenance prédictive, c'est-à-dire d'appliquer les modèles d'analyse afin de prédire les secteurs préoccupants. Dans ce cas, les recommandations sont envoyées aux services de l'exploitation, de la maintenance et des TI afin de remédier aux problèmes avant même qu'ils ne surviennent. Cette méthode permet de réduire les coûts d'exploitation et les coûts d'investissement en favorisant des réparations et une maintenance proactive des équipements en vue d'améliorer l'utilisation de la capacité et de la productivité.

En collaboration avec Microsoft, CGI a élaboré une solution de maintenance des ascenseurs pour l'un des chefs de file dans la fabrication d'ascenseurs en exploitant la technologie de pointe de l'Internet des objets (IoT). L'entreprise, qui assure la maintenance de plus de 1,2 million d'ascenseurs partout dans le monde, souhaitait adopter une approche proactive et prédictive de la maintenance en s'appuyant sur des données en temps réel. La solution permet d'extraire des données des capteurs intelligents se trouvant dans l'ascenseur, de générer des renseignements utiles par l'analyse et de rendre l'information accessible aux superviseurs et aux techniciens par l'entremise de tableaux de bord sur nuage. Le système, qui a été installé dans plusieurs ascenseurs de l'entreprise, a permis de réduire les temps d'arrêt et d'améliorer la planification des ressources, la prévision des coûts et les calendriers de maintenance.

De cette façon, les fabricants d'équipements peuvent utiliser la technologie IoT pour transformer leur modèle d'affaires en un modèle de services, offrir de la maintenance contractuelle en continu et garantir un temps de fonctionnement précis pour les équipements. La technologie IoT permet d'assurer un contrôle en temps réel et d'offrir des services à distance. De plus, il est possible de colliger les données de performance pour améliorer la conception et la fiabilité des équipements, et ainsi réduire les coûts liés à la garantie. Une fois les équipements connectés et gérés par l'entremise de l'IoT, il est possible d'améliorer considérablement l'utilisation des actifs.

Selon les recherches de McKinsey & Company⁵, la maintenance prédictive qui repose sur l'IoT permet de réduire les coûts d'entretien des équipements d'usine de 10 % à 40 %, ainsi que le temps d'arrêt de 50 %.

⁵ James Manyika, Michael Chui, Peter Bisson, Jonathan Woetzel, Richard Dobbs, Jacques Bughin, et Dan Aharon. « The Internet of Things: Mapping the value beyond the hype. » McKinsey & Company. Juin 2015. Site consulté le 31 janvier 2017. <http://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/the-internet-of-things-the-value-of-digitizing-the-physical-world>

Gestion énergétique



La gestion de la consommation énergétique favorise une exploitation écologique, une réduction des coûts énergétiques, une diminution du temps d'arrêt non planifié et une uniformisation de la qualité.

Les manufacturiers visent de plus en plus à adopter une approche efficace et durable en raison de diverses pressions économiques, sociales et gouvernementales. Dans les secteurs d'activité énergivores, les coûts énergétiques constituent une part importante des coûts d'exploitation. Dans ce contexte, l'utilisation de l'IoT et de l'analyse prédictive joue un rôle central étant donné que ces technologies permettent de réduire considérablement la consommation énergétique et les coûts d'exploitation.

Les compteurs intelligents des entreprises manufacturières ne nous renseignent pas sur la distribution énergétique entre les immeubles, les processus et les équipements. La première étape menant à l'adoption d'une approche systématique de la gestion énergétique et de l'amélioration du positionnement concurrentiel de l'entreprise repose donc sur la visibilité accrue des schémas de consommation énergétique.

CGI a travaillé largement dans ce domaine, en créant des systèmes de contrôle énergétique pour des clients dans les secteurs chimique et alimentaire. Notre expertise sur l'utilisation énergétique entraîne des économies de millions de dollars en coûts d'exploitation. Par exemple, CGI a conçu un système de surveillance énergétique (EMS) pour un important manufacturier de confiseries, de nourriture pour animaux domestiques et autres produits alimentaires. Le système a été mis en place dans plusieurs usines dans le but de fournir des renseignements sur la consommation énergétique des utilisateurs finaux, d'améliorer l'efficacité énergétique et de réduire la consommation.

Par expérience, il est simple de contrôler la consommation énergétique d'une usine à l'aide des capteurs installés dans les installations et les équipements de production. Le contrôle des écarts par rapport à la consommation habituelle permet de détecter les équipements défaillants. De plus, les systèmes d'exécution de la fabrication (Manufacturing Execution Systems ou MES), qui collectent des données pertinentes comme celles sur les réglages des équipements, les paramètres des processus et des postes, jettent un nouvel éclairage sur l'utilisation de l'énergie. L'analyse prédictive fournit en outre aux manufacturiers des renseignements qui les aident à mettre en place des programmes énergétiques.

Selon les recherches de McKinsey & Company⁶, PWC⁷ et Roland Berger⁸, la gestion énergétique à l'aide de l'IoT permet de réduire les coûts énergétiques des usines de 10 % à 30 %.

⁶ Ibid.

⁷ Dr Reinhard Geissbauer, Simon Kuge, Stefan Schrauf, Volkmar Koch. « Industry 4.0 : Opportunities and Challenges of the Industrial Internet. » Strategy&. Site consulté le 28 novembre 2016. <http://www.strategyand.pwc.com/reports/industry-4-0>

⁸ Marc Winterhoff, Stephan Keese, Christian Boehler, Christopher Hoyes. « Digital factories: The renaissance of the U.S. automotive industry ». Roland Berger. Site consulté le 28 novembre 2016. https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_tab_digital_factories_20160217.pdf.

Nos autres champs d'intérêt sont la gestion de la chaîne d'approvisionnement et la gestion des stocks. Les solutions de l'Industrie 4.0 offrent aux manufacturiers un aperçu complet du processus de production, de même qu'un contrôle en temps réel qui facilite un flux continu de produits finis exempts de défauts. Des capteurs supplémentaires peuvent aussi être placés dans les usines afin de contrôler les conditions opératoires avec une granularité accrue, et les modèles peuvent servir à prédire la capacité opérationnelle des processus et la qualité du produit. Ces outils aident les organisations à contrôler l'ensemble du processus de fabrication, à pallier les goulots d'étranglement, à réduire les déchets et les coûts énergétiques et à exclure toute intervention de l'opérateur.

L'Internet des objets permet aussi d'améliorer la gestion des stocks grâce à des capteurs de poids et de taille facilitant les commandes automatiques basées sur les conditions, en fonction des quantités réelles des stocks, plutôt qu'en fonction d'estimations sur le réapprovisionnement. De plus, le contrôle à distance et la détection des niveaux de gaz toxiques, d'oxygène et d'ozone à l'intérieur des usines peuvent accroître considérablement la sécurité en milieu de travail⁹.

Avant d'entamer un nouveau projet, la plupart des entreprises effectuent une analyse de rentabilité. Quantifier les avantages commerciaux qu'apporte l'Industrie 4.0 ne relève pas d'une science exacte. Prendre connaissance des récentes recherches effectuées par plusieurs entreprises (The Smart Manufacturing Leadership Coalition¹⁰, McKinsey & Company¹¹, PWC¹² et Roland Berger¹³) permet toutefois de dégager certains avantages attendus, y compris :

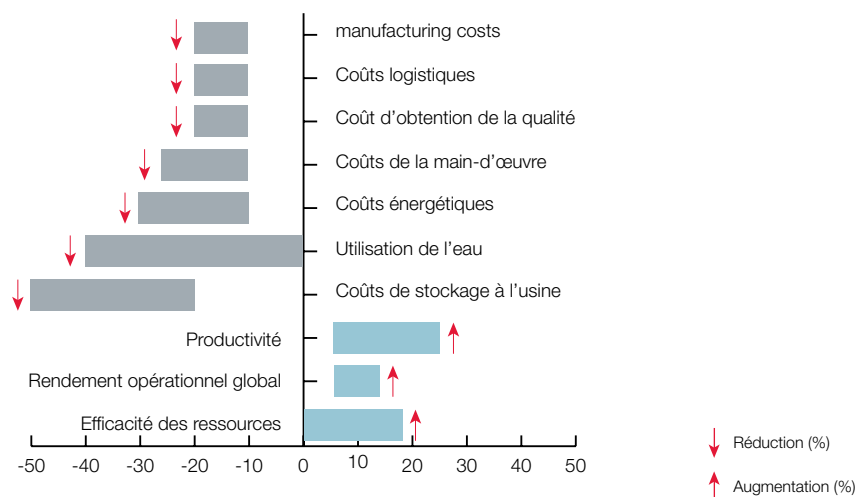


Figure 6 : Amélioration du rendement opérationnel

⁹ James Manyika, Michael Chui, Peter Bisson, Jonathan Woetzel, Richard Dobbs, Jacques Bughin, et Dan Aharon. « The Internet of Things: Mapping the value beyond the hype ». McKinsey & Company. Juin 2015. Site consulté le 31 janvier 2017. <http://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/the-internet-of-things-the-value-of-digitizing-the-physical-world>

¹⁰ « Economic Benefit ». Smart Manufacturing Leadership Coalition. Site consulté le 28 novembre 2016. <https://smartmanufacturingcoalition.org/economic-benefit>

¹¹ James Manyika, Michael Chui, Peter Bisson, Jonathan Woetzel, Richard Dobbs, Jacques Bughin, et Dan Aharon. « Internet of Things: Mapping the value beyond the hype ». McKinsey & Company. Juin 2015. Site consulté le 28 novembre 2016. <http://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/the-internet-of-things-the-value-of-digitizing-the-physical-world>

¹² Dr Reinhard Geissbauer, Simon Kuge, Stefan Schrauf, Volkmar Koch. « Industry 4.0 : Opportunities and Challenges of the Industrial Internet. » Strategy & Site consulté le 28 novembre 2016. <http://www.strategyand.pwc.com/reports/industry-4-0>

¹³ Marc Winterhoff, Stephan Keese, Christian Boehler, Christopher Hoyes. « Digital factories: The renaissance of the U.S. automotive industry ». Roland Berger. Site consulté le 28 novembre 2016. https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_tab_digital_factories_20160217.pdf

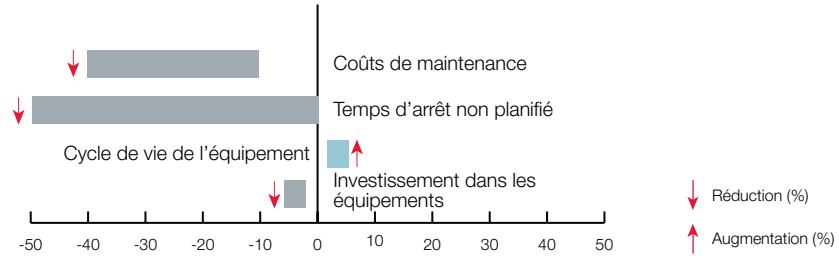


Figure 7 : Gestion accrue des actifs

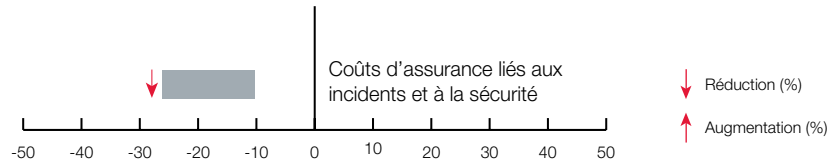


Figure 8 : Amélioration de la sécurité

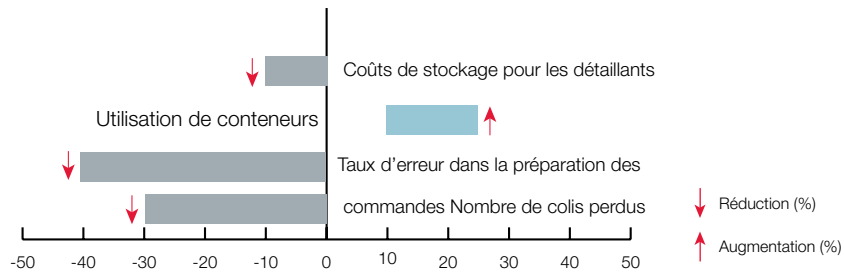


Figure 9 : Amélioration de la chaîne d'approvisionnement

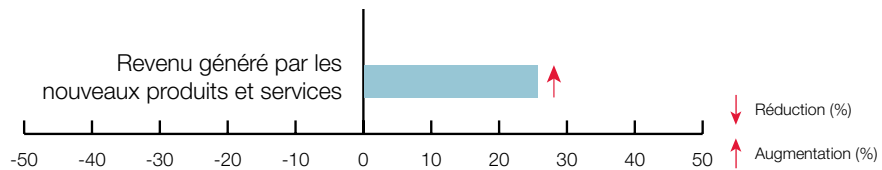


Figure 10 : Accroître les revenus

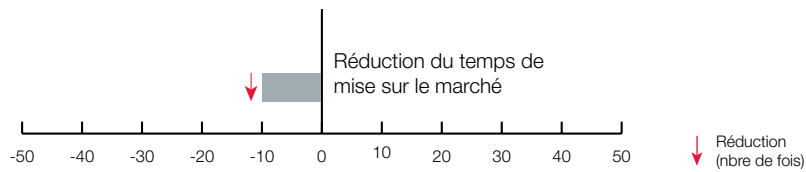


Figure 11 : Réduction du temps de mise sur le marché

Remarque : Les figures qui apparaissent dans les diagrammes ci-dessus sont données à titre indicatif et peuvent varier selon les secteurs d'activité et les entreprises.

Industrie 4.0 : Quels sont les enjeux?

Industrie 4.0 engendre des défis. Le secteur manufacturier gère aujourd'hui de grandes quantités de données, tant structurées que non structurées. Elles sont contenues dans des bases de données qui ne sont pas toujours adéquatement connectées. Afin de créer de la valeur ajoutée et de satisfaire aux attentes des clients en matière d'innovation, de personnalisation et de temps de mise sur le marché, il est indispensable de connecter ces structures cloisonnées et de favoriser la collecte unique et ininterrompue de données comme partie intégrante de la chaîne d'approvisionnement. Pour ce faire, il s'agit de ne pas négliger les éléments suivants :

- **La sensibilisation:** Plusieurs manufacturiers ignorent toujours les possibilités qu'offrent les technologies Industrie 4.0¹⁴, et les analyses de rentabilité portant sur une entreprise en particulier n'en démontrent pas la pertinence.
- **Les personnes :** L'apparition de nouveaux modèles d'affaires, processus d'affaires et produits et services connectés transformera la façon dont les employés accomplissent leurs tâches quotidiennes. Afin de mettre en œuvre les solutions de l'Industrie 4.0, les entreprises doivent intégrer de nouveaux employés et de nouvelles compétences. Certains emplois, comme ceux des travailleurs industriels, subiront des changements, voire deviendront superflus. Les ouvriers d'entrepôts, par exemple, devraient être remplacés par des robots autoguidés. On assiste à la création de nouveaux rôles, comme les « coordonnateurs de robots » et les « scientifiques des données », alors qu'on prévoit la disparition des emplois routiniers et exigeants sur le plan physique. Les scientifiques des données, par exemple, recueillent et analysent des données, puis utilisent les renseignements obtenus pour améliorer les produits et processus de fabrication. Les coordonnateurs de robots supervisent ceux-ci dans l'atelier, répondent aux défaillances et assurent les tâches de maintenance. Les travailleurs industriels doivent s'adapter à ces nouveaux rôles et environnements de travail. À l'heure actuelle, les opérateurs supervisent déjà simultanément plusieurs machines et processus, tandis que les techniciens profitent de la technologie de réalité augmentée et des conseils promulgués à distance par les experts hors site. Les emplois nécessiteront de plus en plus de flexibilité, de compétences en TI, de connaissances du secteur manufacturier et de capacités analytiques. Dans un contexte où la résistance au changement constitue l'obstacle principal, il devient essentiel de motiver les personnes et de leur offrir une formation sur la prestation des nouveaux produits et services, de même que sur les nouveaux processus d'affaires.
- **La cybersécurité :** Avec des usines numériques et une chaîne de valeur connectée, la

¹⁴ Mathew Littlefield. "Smart Connected Operations: Capturing the Business Value of the Industrial IoT." LNS Research. 2015. Accessed November 28, 2016. <http://www.insresearch.com/research-library/research-articles/-ebook-smart-connected-operations-capturing-the-business-value-of-the-industrial-iot>

sécurité actuelle en TI n'est plus suffisante pour protéger les entreprises. Négliger cette réalité signifie compromettre la stabilité et la sécurité de l'entreprise. Plus les entreprises innovent, plus leur zone de vulnérabilité aux attaques s'élargit. Le défi réside dans la compréhension du potentiel de cyberrisques que comporte l'innovation. L'arrêt de la production d'une seule usine peut entraîner des pertes totalisant plusieurs millions de dollars par jour. Par conséquent, il est indispensable d'atténuer les risques de cybersécurité. La conception même des appareils industriels utilisant l'Internet des objets doit comprendre d'importants dispositifs de sécurité, et leur intégration à l'architecture de systèmes d'information et d'automatisation existants doit être sécurisée. En raison du caractère inévitable des violations, il est également important de mettre en place des mécanismes de détection et de réponse dans les systèmes de contrôle industriel (SCI). Ces mesures conjuguées permettront à l'entreprise d'atteindre un niveau de résilience adéquat. Dans ces circonstances, il est primordial d'intégrer des systèmes de contrôle industriel et d'assurer la cybersécurité. De plus, la démarche pourrait aider les organisations manufacturières à se différencier de leurs concurrents.

- **Les investissements** : Afin de mettre en place des solutions de l'Industrie 4.0, des investissements considérables sont nécessaires à la création d'une infrastructure robuste et sécurisée, de même qu'à la mise à jour ou au remplacement des systèmes existants. Pour justifier de tels investissements, les avantages doivent être sans équivoque et quantifiés de manière fiable.
- **La collaboration** : À l'heure actuelle, aucun fournisseur ne peut assurer seul la prestation de toutes les capacités requises à la mise en place des solutions de l'Industrie 4.0, étant donné que celles-ci reposent sur une variété de technologies et d'appareils qui fonctionnent sur différents réseaux. La prestation des solutions de l'Industrie 4.0 est rendue possible grâce à un écosystème de fournisseurs de TI et de TO (technologies opérationnelles), d'intégrateurs de systèmes et d'entreprises IoT en démarrage. Le facteur critique de réussite est la collaboration étroite entre l'entreprise et les fournisseurs de TI et de TO.
- **La normalisation** : Les normes actuelles dans le secteur manufacturier ne suffisent pas à intégrer entièrement l'Industrie 4.0. L'adoption de nouvelles normes techniques, architecturales et commerciales est requise. Avec l'arrivée sur le marché d'un nombre grandissant d'appareils et de systèmes qui utilisent des protocoles de communication propriétaires, on assiste à l'apparition de réserves de données, ce qui entraîne la création d'un réseau complexe de connexions entre les sources isolées de données. Bien que

de nombreux organismes de normalisation et consortiums industriels aient publié des références en matière d'architectures et de normes, il n'existe aucune norme universelle. Cette absence complique l'élimination des réserves de données par les entreprises. En fait, dans les années à venir, l'écosystème de l'Industrie 4.0 consistera en de multiples architectures, normes et protocoles de référence.

- **La modernisation des TI :** À l'heure actuelle, la mise en œuvre des systèmes d'automatisation industrielle consiste en une collection de technologies et de réseaux propriétaires. À l'avenir, nous devons lier la planification opérationnelle et les solutions logistiques, les solutions de gestion des activités manufacturières et les systèmes de contrôle industriel, comme le système d'acquisition et du contrôle de données (Communications and Supervisory Control and Data Acquisition – SCADA), le système numérique de contrôle-commande (SNCC), l'automate programmable industriel (API) et l'interface homme-machine (IHM). Les processus ne seront plus régis par un automate programmable industriel (API) standard, mais plutôt par un système de contrôle décentralisé et axé sur le service, qui consistera en de petites commandes réparties communiquant par l'entremise d'Internet. La présence d'environnements TI hybrides qui allient des modèles de prestation traditionnels et en infonuagique est déjà en hausse et poursuit son ascension en suivant l'émergence de l'informatique en nuage comme facilitateur principal de la transformation numérique et de l'efficacité opérationnelle.

Industrie 4.0 : Quelles seront les répercussions

La création d'un environnement de production pour l'Industrie 4.0 sera une démarche progressive qui s'étalera sur plusieurs années. Pendant plusieurs décennies, l'architecture de référence ISA 95 a été utilisée pour décrire les systèmes et les processus partout dans l'entreprise. Nous prévoyons que l'Industrie 4.0 modifiera le modèle de référence ISA 95. Les appareils, les systèmes de contrôle des processus, les systèmes d'exécution de la fabrication et les systèmes ERP seront eux aussi connectés à des plateformes IoT (voir la figure 12).

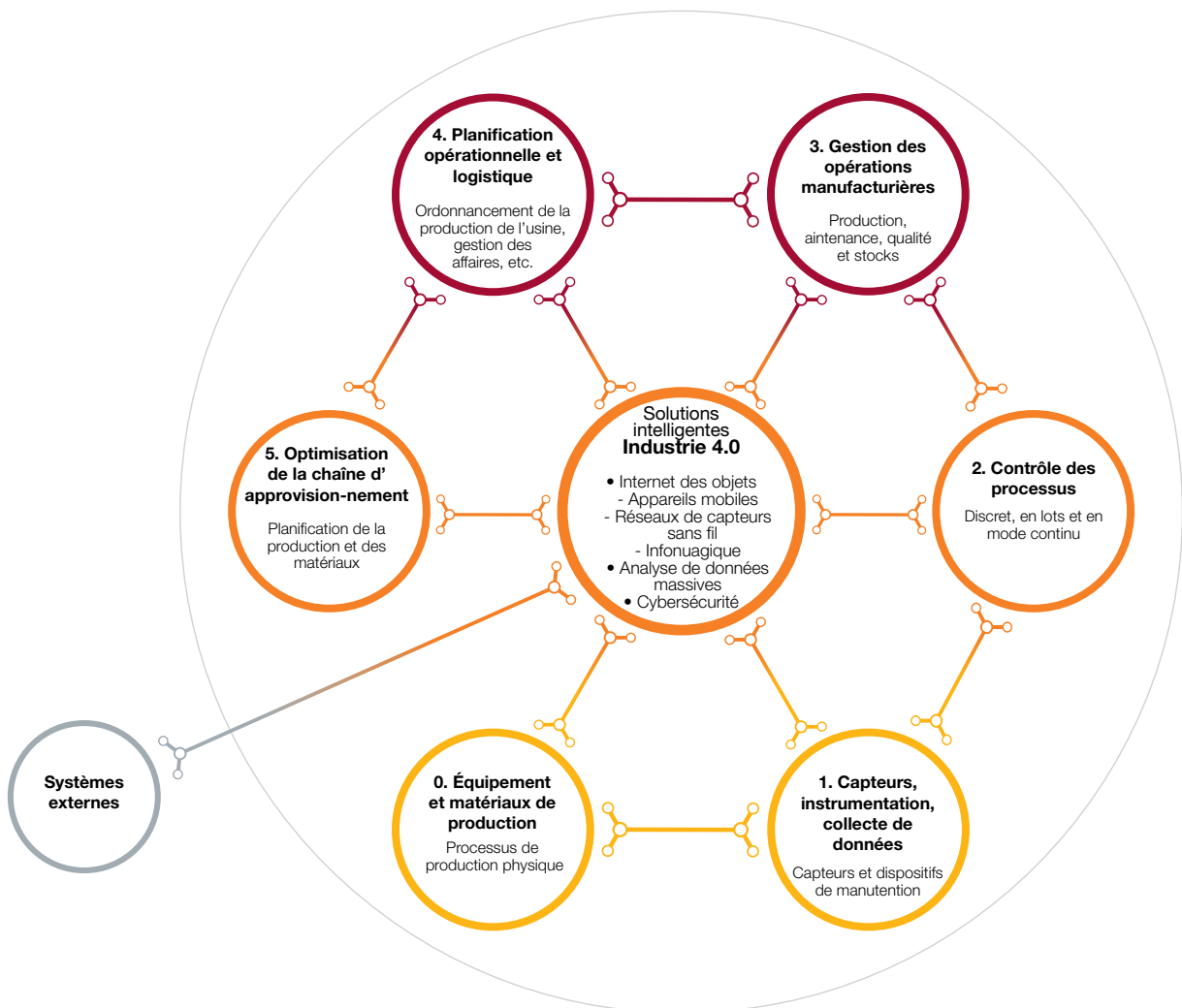


Figure 12 : Favoriser l'entreprise numérique en connectant les systèmes existants et en tirant parti des solutions de l'Industrie 4.0



L'avantage concurrentiel relèvera de la modernisation des appareils et systèmes existants non connectés.

L'Industrie 4.0 permet l'intégration des TO et des TI grâce à :

- la modernisation des usines et actifs existants en connectant les systèmes de TI et de TO, les capteurs, les appareils, les actifs, les produits et les matériaux en place par l'entremise d'une plateforme IoT;v
- la création de nouvelles solutions Industrie 4.0 qui intègrent les données, les personnes, les flux de travail et les systèmes existants aux solutions et aux services fournis dans le nuage.

Industrie 4.0 : la mise en œuvre

Élaborer des solutions Industrie 4.0 gagnantes peut s'avérer une tâche complexe. Mikado, un jeu qui consiste à retirer des baguettes, est une bonne métaphore qui illustre la complexité intrinsèque des solutions Industrie 4.0, de même que la vision nécessaire à leur mise en œuvre. Pour déplacer une baguette, les joueurs de Mikado doivent examiner les conséquences qu'entraînera ce déplacement sur les autres baguettes qui se trouvent à proximité.



Figure 13 : Mikado – lesquels des éléments de votre modèle opérationnel subiront des changements?

Une mise en œuvre réussie de la technologie de l'Industrie 4.0 s'apparente à ce jeu. Il nécessite une démarche structurée et globale qui est axée sur un apport de valeur pour l'entreprise et une réduction des risques commerciaux. Le cadre de prestation de la transformation numérique créé par CGI (voir la figure 14) propose une démarche structurée de la gestion des changements interdépendants dans le modèle opérationnel d'une entreprise (produits et services, organisation, personnes, processus, applications et infrastructure). Le cadre repose sur la démarche suivante :

- D'abord, obtenir une vision claire des effets de l'Industrie 4.0 sur votre entreprise.
- En fonction de cette vision, élaborer des plans qui orienteront les activités futures.
- En fonction de ces plans, apporter les changements aux activités courantes.
- Enfin, mettre en œuvre la prestation du nouveau mode opérationnel. La démarche comprend la gestion efficace des programmes, la participation des parties prenantes, de même que la gestion des avantages et des risques, afin de diriger la transformation et d'obtenir les résultats escomptés.

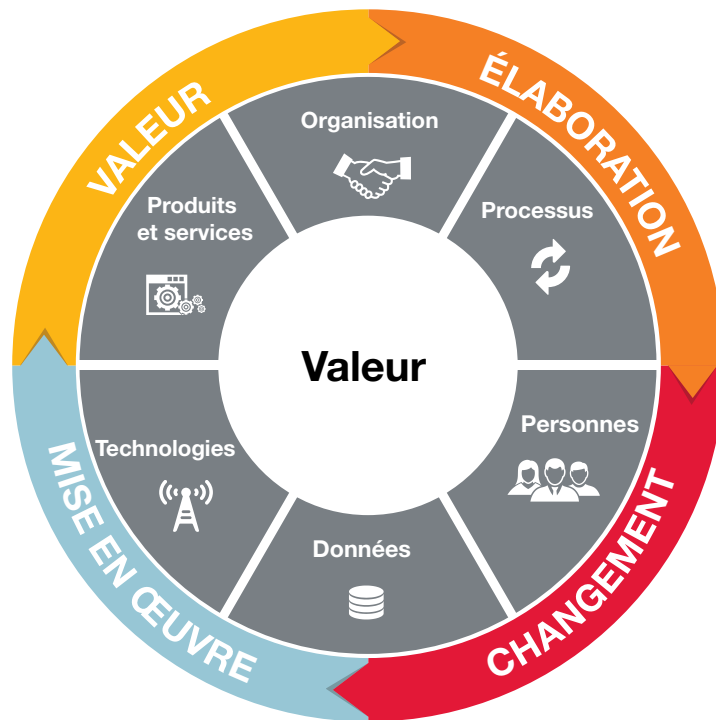


Figure 14 : Cadre de prestation de la transformation numérique créé par CGI


Les étapes suivantes dépendent du niveau de maturité de l'entreprise dans le contexte de l'Industrie 4.0

La démarche de l'Industrie 4.0 découle de l'accessibilité des données. Que vous planifiez la construction de nouvelles installations ou la remise en état d'une usine existante, les équipements de production, de même que les systèmes et les capteurs peuvent générer d'importants volumes de données dans tous les aspects des activités. Les données sont recueillies, colligées et analysées afin d'en tirer la valeur commerciale sur laquelle reposent les solutions de l'Industrie 4.0.


La valeur qui sera tirée de ces données dépendra largement de la capacité de l'organisation à collecter, à gérer et à analyser ces données. Actuellement, bien que les capteurs et les systèmes de production génèrent d'importants volumes de données, dégager des renseignements pertinents de ce flot requiert de bonnes capacités de gestion, de stockage et d'analyse hautement performante des données.

La feuille de route pour la mise en œuvre de l'Industrie 4.0 dépend des capacités numériques de l'organisation. Notre modèle de maturité Industrie 4.0 distingue cinq niveaux de maturité. Ces caractéristiques sont illustrées à la figure 15 et décrites ci-dessous.


Leadership	Faire connaître la démarche et en découvrir les avantages	Démontrer la faisabilité Collaborer avec les fournisseurs TI et TO	Define/implement an Industry 4.0 strategy for the enterprise	Define/implement an Industry 4.0 strategy for the value chain	Create new (disruptive) products, services and business models
Données	Réserves de données	Faire circuler les données entre les départements Analyser et obtenir de nouveaux renseignements	Share data across the enterprise Implement Master Data Management	Share data between companies Implement clear data ownership	Share data across the value chain Implement data quality as KPI
Technologies	Technologies cloisonnées Analyse descriptive	Connected devices and data sources Diagnostic analytics	IT modernization Application integration IoT platform	Apply secure open standards Predictive analytics	Xaas Prescriptive analytics
Sécurité	Protection de base du réseau	Ad hoc application and infrastructure protection	Enterprise-wide application and infrastructure protection	Identity-aware information protection	Adaptive and automated security control




Ignorer




Explorer



Normaliser



Adopter



Adapter

Figure 15 : Les caractéristiques de l'Industrie 4.0 en fonction du niveau de maturité

1. **Ignorer** – Les unités d'affaires et les services agissent comme des entités autonomes qui élaborent leurs propres stratégies et plans de travail. Ils disposent de systèmes et de réserves de données qui leur sont uniques et qui fonctionnent en parallèle. L'accent est placé sur l'exécution des tâches de l'unité d'affaires. La collecte et l'analyse des données servent à produire des rapports et à répondre à la question « qu'est-il arrivé? ». Il existe une protection de base du réseau, car les équipements et les systèmes de production ne sont pas connectés à Internet. La facilité avec laquelle on passe au niveau de maturité supérieur dépend du degré de sensibilisation, de l'intérêt, de la connaissance et des capacités des individus.
2. **Explorer** – Les unités d'affaires et les départements amorcent une collaboration visant à partager les données, à intégrer les applications et à expérimenter les nouvelles technologies Industrie 4.0. La collecte et l'analyse des données aident à comprendre la situation et à répondre à la question « pourquoi est-ce arrivé? ». L'intégration des plateformes IoT des TI et des TO sert à la collecte et à l'analyse des données. Les premiers projets sont initiés par les défenseurs de l'Industrie 4.0. Les applications et l'infrastructure sont fournies par des dispositifs de cybersécurité ad hoc.

- 3. Normaliser** – Les unités et les fonctions d'affaires collaborent à l'échelle de l'entreprise. De plus, l'organisation définit une stratégie Industrie 4.0 pour l'entreprise, une architecture de référence et des normes en matière de données et d'automatisation complète des processus. Les équipements de production et les systèmes sont connectés aux plateformes IoT. La collecte et l'analyse des données aident à formuler des prédictions et à répondre à la question « que risque-t-il d'arriver? ». Des dispositifs de protection des applications et de l'infrastructure sont en place partout dans l'entreprise.
- 4. Adopter** – Le niveau se caractérise par la collaboration entre les entreprises de l'écosystème. L'organisation définit une stratégie Industrie 4.0 et une architecture de référence pour l'écosystème. Le partage des données s'effectue en temps réel au-delà des limites de l'entreprise. Par conséquent, la collecte et l'analyse des données en temps réel sont utiles dans le cadre des activités et aident à répondre à la question « que se passe-t-il? ». Les applications conçues sur des plateformes IoT offrent des services supplémentaires, et les modèles prédictifs servent à appuyer la prise de décisions. Il existe des dispositifs de protection des renseignements sur l'identité.
- 5. Adapter** – Les entreprises ont atteint le dernier niveau de maturité et agissent comme des chefs de file de l'écosystème. Ils proposent de nouveaux produits, services et modèles opérationnels perturbateurs, basés sur l'automatisation de la chaîne de valeur. La collecte et l'analyse des données en temps réel sont utiles dans le cadre des activités et aident à répondre à la question « comment pourrait-on concrétiser le projet? ». Les modèles prédictifs servent à simuler et à optimiser les activités commerciales. Il existe des dispositifs de contrôle de sécurité adaptatifs et automatisés.

 - I. La première étape menant à l'Industrie 4.0 consiste à sensibiliser les dirigeants et les propriétaires aux effets que celle-ci peut avoir sur l'entreprise. Ils doivent être au fait des avantages qu'offrent les technologies de l'Industrie 4.0 et bien comprendre les cas d'utilisation, la valeur des données et l'importance de la cybersécurité.
 - II. L'étape suivante consiste à déterminer la nature et l'ordre des priorités des solutions de l'Industrie 4.0, de même que mener des projets pilotes dans les cas d'utilisation les plus susceptibles d'entraîner une réduction des coûts d'exploitation. La réduction des coûts d'exploitation procure à l'entreprise un avantage concurrentiel et génère des ressources utiles aux autres solutions de l'Industrie 4.0. Pour chaque cas d'utilisation, les démonstrations de faisabilité doivent être conçues pour explorer la pertinence pour l'organisation et lui permettre de cumuler de l'expérience. En vue d'obtenir de nouveaux renseignements et de générer de la valeur, les appareils et systèmes doivent être connectés à une plateforme IoT, et les données doivent être collectées et analysées. Dans ce contexte, une bonne collaboration entre les divers fournisseurs est indispensable.

- III. Une fois que vous aurez exploré et mis en œuvre plusieurs solutions de l'Industrie 4.0, vous comprendrez mieux l'importance de définir et de mettre en œuvre une stratégie Industrie 4.0 afin d'harmoniser les diverses fonctions de l'entreprise. La modernisation des TI afin d'éliminer tous les obstacles constitue un élément clé de la stratégie Industrie 4.0. Définir l'architecture de référence de l'Industrie 4.0 constitue une autre activité importante.
- IV. Le niveau supérieur se caractérise par le partage des données entre les entreprises et par la prise de décision au sujet des activités comme la propriété des données et la gestion des métadonnées. De plus, il est important de concevoir des modèles prédictifs afin d'optimiser les processus d'affaires. Des indicateurs clés de performance sur la qualité des données sont ensuite mis en place dans l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement, et l'entreprise est optimisée en fonction des modèles prédictifs. De nouveaux produits, services et modèles opérationnels perturbateurs sont créés.

Conclusion

L'Industrie 4.0 modifiera le visage de l'ensemble du système manufacturier, tant son architecture et sa structure organisationnelle que les produits, les services et les modèles opérationnels. L'élaboration et la mise en œuvre de ces solutions se feront certes de manière progressive en s'inscrivant dans une tendance à long terme, mais la conjoncture est déjà favorable.

Les entreprises qui ne sont pas au fait des nouvelles technologies et qui n'investissent pas dans des projets pilotes perdront leur avantage concurrentiel et rateront l'occasion d'être à la tête de la transformation qui balaie actuellement le secteur manufacturier.

Si vous ne vous êtes pas encore engagés sur ce chemin, vous devez vous y mettre sans tarder.

À propos des auteurs

La présente étude technique a été réalisée par une équipe d'experts compétents de CGI qui cumulent plus de 25 années d'expérience dans le secteur manufacturier, en offrant des conseils à de grandes entreprises manufacturières sur leur transformation, de même que leur soutien dans le cadre de transformations complexes. Dans cette étude technique, ils transmettent leur connaissance approfondie des processus des organisations manufacturières, de même que leur expertise en matière de nouveautés dans les technologies, les logiciels et les méthodologies qui sont à l'origine du siècle du numérique.



CGI et le secteur manufacturier

CGI est un partenaire et un expert de choix pour les manufacturiers dans de nombreux segments, dont les industries automobile et aérospatiale, la haute technologie, les industries minière et métallurgique, les pâtes et papiers, et les produits chimiques. Nos 2 800 experts en chaîne d'approvisionnement aident nos clients à moderniser leurs systèmes existants, à optimiser leurs activités et à numériser leurs processus en favorisant la collaboration interfonctionnelle et la pérennité des données dans les structures cloisonnées et dans l'ensemble de l'écosystème. Nos solutions d'entreprise axées sur le client aident ceux-ci à réduire leurs coûts et à accroître leur productivité et leur agilité pour assurer leur transformation numérique et leur croissance. Grâce à notre talent, notre envergure et notre expertise pointue dans le secteur manufacturier, nous sommes en mesure d'aider nos clients du secteur qui amorcent le virage vers l'Industrie 4.0. Nous soutenons leur passage d'une approche centrée sur le produit vers une approche centrée sur le client, en leur proposant des stratégies et des technologies innovantes qui favorisent leur transformation intégrale.

Pour en savoir plus, visitez le site www.cgi.com/fr/manufacturier





CGI

Fondée en 1976, CGI est l'une des plus importantes entreprises de services en technologies de l'information (TI) et en gestion des processus d'affaires au monde. Nous aidons nos clients à devenir des entreprises entièrement numériques et axées sur le client grâce à des services-conseils stratégiques en management et en TI, de même qu'à des services d'intégration de systèmes et d'impartition transformationnelle. Ces services sont combinés à un modèle unique de proximité client et au modèle mondial de prestation de service le mieux adapté.

Pour en savoir davantage, visitez cgi.com ou écrivez-nous à info@cgi.com.

© 2017 CGI GROUP INC.

Tous droits réservés. Le présent document est protégé par les droits d'auteur internationaux et ne peut être réimprimé, reproduit, copié, ni utilisé, en tout ou en partie, de quelque manière que ce soit, y compris par voie électronique, mécanique ou toute autre voie, sans avoir obtenu au préalable l'autorisation écrite de CGI. Le projet dont il est question dans le présent document a été réalisé par CGI. Quoique CGI ait fait preuve de la prudence nécessaire pour s'assurer que les renseignements contenus dans le présent document sont raisonnablement exacts, CGI ne peut en aucune circonstance être tenue responsable de toute perte ou de tout dommage (direct ou indirect) subi par toute partie relativement au contenu de la présente publication et à son utilisation ou à toute inexactitude ou omission. L'information contenue dans le présent document est fournie telle quelle, sans garantie aucune, sous réserve de modifications sans préavis, et ne peut être considérée comme un quelconque engagement de la part de CGI.