

Industrie 4.0 et fabrication cognitive

Modèles d'architecture,
cas d'utilisation et solutions IBM

Serge Bonnaud, Christophe Didier et Arndt Kohler

Sommaire

- 04 Introduction
- 14 Analyse de la périphérie
- 16 Intergiciel d'atelier : Bus de service de l'usine
- 19 Niveau de l'entreprise
- 21 Illustrations aux trois niveaux
- 25 Sécurité de l'industrie 4.0
- 28 Modèle de déploiement
- 28 Nos services
- 33 Conclusion
- 34 Annexe et cas d'utilisation
- 38 Auteurs

Nomenclature

IA	intelligence artificielle
GMAO	système de gestion de la maintenance assistée par ordinateur
DL	apprentissage complet
EAM	gestion des actifs d'entreprise
ERP	planification des ressources d'entreprise
ESB	bus de service d'entreprise
ICP	IBM Cloud Private
IoT	Internet des objets
IIoT	Internet des objets industriel
TI/TO	technologie de l'information/technologie opérationnelle
KPI	indicateur clé de performance
MES	système d'exécution de fabrication
ML	apprentissage automatique
MVP	produit minimum viable
OEE	efficacité globale de l'équipement
PLC	automate programmable
PoC	démonstration de concept
PSB	bus de service usine
SCADA	système de supervision et d'acquisition de données
SIEM	informations de sécurité et gestion d'événements
SOC	centre d'opérations de sécurité



Avant-propos



Hubert Lalanne

Ingénieur émérite IBM

Leader technique du secteur industriel pour l'Europe

Membre de l'IBM Academy of Technology

Je suis ravi d'écrire l'avant-propos de la première édition d'Industrie 4.0 et fabrication cognitive : Modèles d'architecture, cas d'utilisation et solutions IBM®.

L'industrie 4.0 est généralement considérée comme la quatrième révolution industrielle. Un autre point de vue voudrait qu'elle soit considérée comme la transformation du monde industriel due à la révolution numérique mondiale, qui a déjà eu un impact sur de nombreuses autres industries.

Selon une étude réalisée en 2015 par McKinsey (Industrie 4.0 : Comment diriger la numérisation du secteur manufacturier), la majorité de la valeur créée lors des révolutions industrielles précédentes provenait de la modernisation des actifs de fabrication. Les promesses de cette nouvelle révolution visent à permettre des gains de productivité et de nouveaux modèles d'affaires en introduisant des technologies perturbatrices dans l'espace industriel qui ne sont pas liées à des mises à niveau majeures de machines.

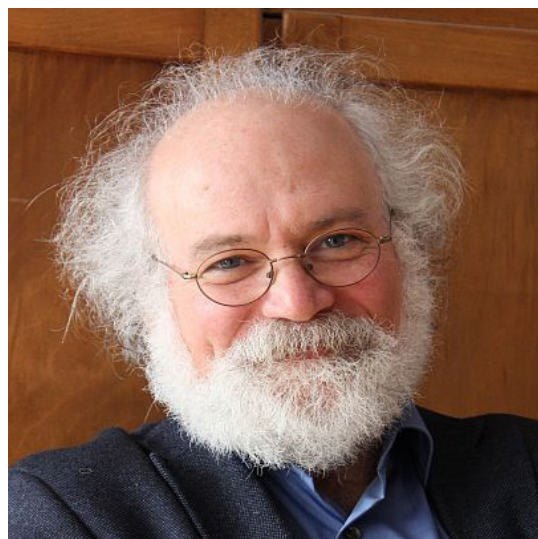
La valeur réside dans l'optimisation de bout en bout du « digital thread », c'est-à-dire une meilleure utilisation de l'information et l'élimination des inefficacités causées par les pertes d'information au niveau des interfaces des fonctions, sites et entreprises.

Pour ce faire, nous devons faire converger le cybermonde des technologies numériques et le monde physique des technologies industrielles opérationnelles, en intégrant et en analysant les données entre les sources et les entreprises, en partageant les résultats tout au long de la chaîne de valeur et en assurant l'intégration aux actifs physiques de production.

L'industrie 4.0 introduit de nouveaux concepts, tels que les « digital threads » pour assurer l'efficacité de l'information depuis la conception initiale du produit jusqu'à sa fin de vie utile et son recyclage ; le « digital twin » pour transformer les éléments de données dispersés en actifs cohérents et

incorporels ; et les « systèmes cyberphysiques » pour obtenir des systèmes et processus décentralisés et autocontrôlés.

De multiples technologies perturbatrices rendent cette transformation possible aujourd'hui dans le domaine de la capacité informatique : l'émergence du cloud, du big data et du blockchain ; la connectivité avec l'Internet des objets ; l'analyse avancée avec l'apprentissage automatique et l'intelligence artificielle ; l'interaction homme-machine avec les technologies mobiles et portables ; la réalité augmentée et virtuelle, ou l'IHM cognitive ; la conversion numérique-physique avec la robotique avancée ou l'impression 3D.



John Cohn

Membre IBM, recherche IBM

Je recommande fortement la lecture de ce document sur l'industrie 4.0 rédigé par Serge Bonnaud, Christophe Didier et Arndt Kohler. C'est la description la plus succincte et la plus complète de l'industrie 4.0 que j'ai pu lire. Il emmène rapidement le lecteur du concept à la mise en œuvre, avec des conseils pratiques sur la façon d'entreprendre ce voyage.

Les cas d'utilisation sont très solides et font passer le lecteur de l'atelier, avec des machines industrielles et des automates programmables, à l'analyse, avec des solutions avancées sur le cloud ayant un impact sur l'activité. Beaucoup de bonnes idées sont clairement décrites et illustrées par des exemples avec les clients. C'est une excellente lecture. Félicitations à Serge, Christophe et Arndt pour avoir collaboré à cela !

Introduction

L'augmentation de la productivité des systèmes de production a été au cœur de chaque révolution industrielle. La quatrième révolution industrielle apporte une augmentation de la productivité dans les systèmes de production et de gestion.

D'un point de vue commercial, l'objectif de la quatrième révolution industrielle est de pouvoir fabriquer des produits personnalisés à un coût de masse. Pour atteindre cet objectif, il est nécessaire de repenser les outils de production et d'apporter plus d'automatisation et de productivité aux usines, mais aussi d'améliorer la collaboration entre la chaîne logistique, l'ingénierie, les ventes et les opérations.

Du point de vue d'IBM, nous entrons vraiment, en ce moment, dans la quatrième révolution de l'industrie, ou l'ère de la fabrication cognitive, et elle est totalement différente de toutes celles qui l'ont précédée.

La transformation numérique des processus de production crée de nouvelles opportunités pour atteindre des niveaux de productivité et de spécialisation impossibles auparavant.

L'informatique conventionnelle aura du mal à s'adapter à l'afflux important de données et à la complexité de l'analyse. L'informatique doit devenir cognitive pour traiter, analyser et optimiser l'information au niveau des opérateurs.

Afin d'ouvrir véritablement la voie à l'industrie 4.0 et au-delà, l'industrie manufacturière doit évoluer vers le concept d'usine numérique basée sur les technologies de l'information (TI), vers la fabrication cognitive. L'industrie manufacturière doit promouvoir les capacités cognitives à l'intérieur des usines, notamment autour de deux enjeux clés : la compréhension de la qualité de la production et l'optimisation de la production.

La transformation et l'amélioration de la fabrication par l'analyse de la qualité de la production et l'optimisation de la production sont réalisées grâce au concept d'une plateforme de l'Internet des objets industriel (IIoT). Ce document tentera d'expliquer les principes d'une plateforme IIoT, ainsi que de découvrir des cas d'utilisation.

Concept de la plateforme IIoT

La diversité de la fabrication en atelier

De nombreuses usines disposent d'une large gamme d'équipements, d'agencements et de processus avec des appareils, des capteurs, des systèmes et des applications hérités qui s'étendent sur plusieurs générations et périodes.

En outre, bon nombre d'entre eux font probablement appel à différents fournisseurs de technologies opérationnelles (TO) pour les machines, les lignes d'équipement et la technologie robotique. Une usine est principalement composée de machines TO, de lignes d'équipements et de robots qui ne sont pas toujours connectés au réseau informatique.

L'automate programmable (PLC), le système de supervision et d'acquisition de données (SCADA) et le système d'exécution de la fabrication (MES) orchestrent les flux de production et ont démontré leur contribution aux niveaux de performances à atteindre.

La tendance visible au niveau de la fabrication est d'informatiser de plus en plus l'atelier ; la convergence des technologies opérationnelles et informatiques est une réalité. Cela crée plus de possibilités pour réaliser une architecture globale commune englobant plusieurs dimensions : équipement, périphérie, atelier et cloud.

Dans un tel contexte, une plateforme IIoT est récemment apparue comme un nouveau concept innovant pour la fabrication. Une plateforme IIoT s'appuie sur des technologies qui incluent l'analyse, le big data, le contenu industriel et, plus récemment, la cognition, une discipline issue de l'intelligence artificielle.

Chronologie des révolutions industrielles

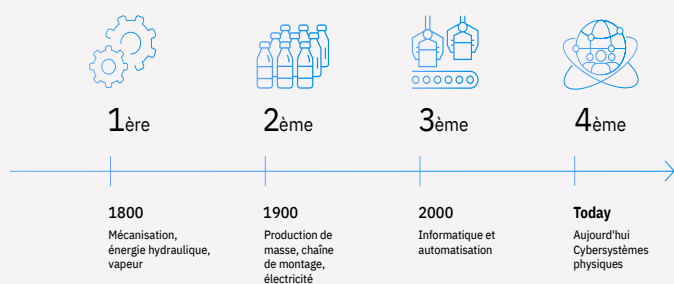


Figure 1 : Chronologie des révolutions industrielles.

Les données et, plus important encore, l'analyse, modifient la façon dont nous voyons nos machines, nos processus, nos produits et nos opérations. Les analyses associées aux approches du big data permettent d'identifier les modèles de données, de découvrir les comportements des modèles des équipements et de prévoir les défaillances ou les problèmes de qualité des produits.

Ces capacités, appelées maintenance prédictive et qualité, rendues possibles par les technologies de l'industrie 4.0, occupent une place importante dans les stratégies des entreprises. Au fur et à mesure que de plus en plus d'usines et d'équipements seront équipés de l'Internet des objets (IoT) et d'appareils connectés, les données continueront à s'accumuler.

Une plateforme IIoT sert de système central pour recueillir des données, fournir des analyses et exposer de nouveaux services aux unités commerciales internes, aux partenaires et aux opérateurs de fabrication.

Une plateforme IIoT n'est jamais connectée directement à des opérateurs, des produits ou des équipements, mais via une couche de connectivité ou au bus de service de l'usine (PSB).

Cette question sera examinée plus loin dans le présent document.

Diagramme de contexte du système

Le diagramme de contexte système ci-dessous illustre les dépendances d'une plateforme IIoT du point de vue d'un processus de fabrication automobile impliquant des lignes d'équipements de soudage, d'assemblage de carrosserie et de peinture. Il pourrait être facilement appliqué à d'autres processus de fabrication, car la plupart des concepts sont pertinents dans toutes les industries.



Figure 2 : Personnel clé de fabrication dans un écosystème IIoT.

Personnes et problématiques

Dans l'industrie manufacturière, il existe différents rôles, ou profils, qui contribuent à la performance globale et à la qualité de la production. Les rôles sont liés au concept de personne.

Une personne est une partie prenante du système (plateforme IIoT) qui est chargée de s'assurer que les KPI sont atteints. Le tableau des personnes et des problématiques se trouve à la page suivante.

Personne	Rôle	KPI	Problématiques
Directeur d'usine	<ul style="list-style-type: none"> Surveiller et organiser les opérations quotidiennes des usines de fabrication et autres lieux similaires. Superviser les employés, la production et l'efficacité afin de s'assurer que l'usine fonctionne de façon régulière, rapide, efficace et sécuritaire. 	<ul style="list-style-type: none"> OEE Budget Sécurité Innovation Productivité 	<ul style="list-style-type: none"> Manque de personnel qualifié Interaction collaborative Relations fournisseurs Modifications fréquentes et plans exigeants Accès convivial à l'information
Responsable de maintenance (maintenance planifiée)	<ul style="list-style-type: none"> Veiller à ce que les installations, l'aménagement et les machines fonctionnent avec un rendement et une efficacité maximum. Cela comprend la maintenance préventive totale, la gestion des pannes des équipements mécaniques, électriques et robotiques (y compris la programmation logicielle). Comprend la gestion des personnes et les rapports budgétaires et financiers. 	<ul style="list-style-type: none"> Budget Tâche terminée 	<ul style="list-style-type: none"> Temps limité pour effectuer les tâches de maintenance Pression sur les coûts (rentabilité optimale)
Ingénieur de maintenance (maintenance opérationnelle)	<ul style="list-style-type: none"> Assurer l'optimisation de la structure de l'organisation de la maintenance. Analyser les défaillances répétitives des équipements. Estimer les coûts de maintenance et évaluer les autres solutions. Évaluer les besoins de remplacement de l'équipement et établir des programmes de remplacement au moment opportun. 	<ul style="list-style-type: none"> Temps de disponibilité OEE Budget 	<ul style="list-style-type: none"> Le diagnostic prend trop de temps à cause des différents systèmes. Pièces détachées manquantes L'administration et l'analyse entraînent des temps d'arrêt plus longs Processus fastidieux pour trouver l'information connexe
Technicien	<ul style="list-style-type: none"> Aider à l'installation de nouveaux équipements de fabrication. Inspecter et tester régulièrement les équipements et les machines. Répondre aux alertes et aux messages d'exploitation, en réalisant les procédures correctives et les réparations conformément aux procédures opérationnelles standard (POS) et aux protocoles de maintenance. Documentation claire des contrôles de routine et des réparations nécessaires, conformément aux protocoles et procédures internes et externes. 	<ul style="list-style-type: none"> Durée des activités la conformité Sécurité 	<ul style="list-style-type: none"> Souvent sous pression et stress (travailler plus vite, améliorer la qualité) Manque d'assistance pendant la phase de diagnostic Documentation complexe à comprendre Manque de partage de l'expertise
Opérateur de fabrication	<ul style="list-style-type: none"> Mettre en place l'équipement de production et les fournitures avant d'exécuter les ordres de travail. Utiliser l'équipement de façon sécuritaire et efficace pour le traitement de la production. 	<ul style="list-style-type: none"> Niveaux de qualité et de performance Sécurité 	<ul style="list-style-type: none"> Souvent sous pression et stress (travailler plus vite, améliorer la qualité) Manque de connaissances Manque de soutien en cas d'incident Manque d'information pour la production de rapports

Architecture de fabrication actuelle

L'image suivante illustre l'organisation actuelle des activités en atelier. Nous avons superposé les principaux blocs de construction d'un point de vue architectural logique.

Vue simplifiée d'une usine basée sur MES, PLC et SCADA

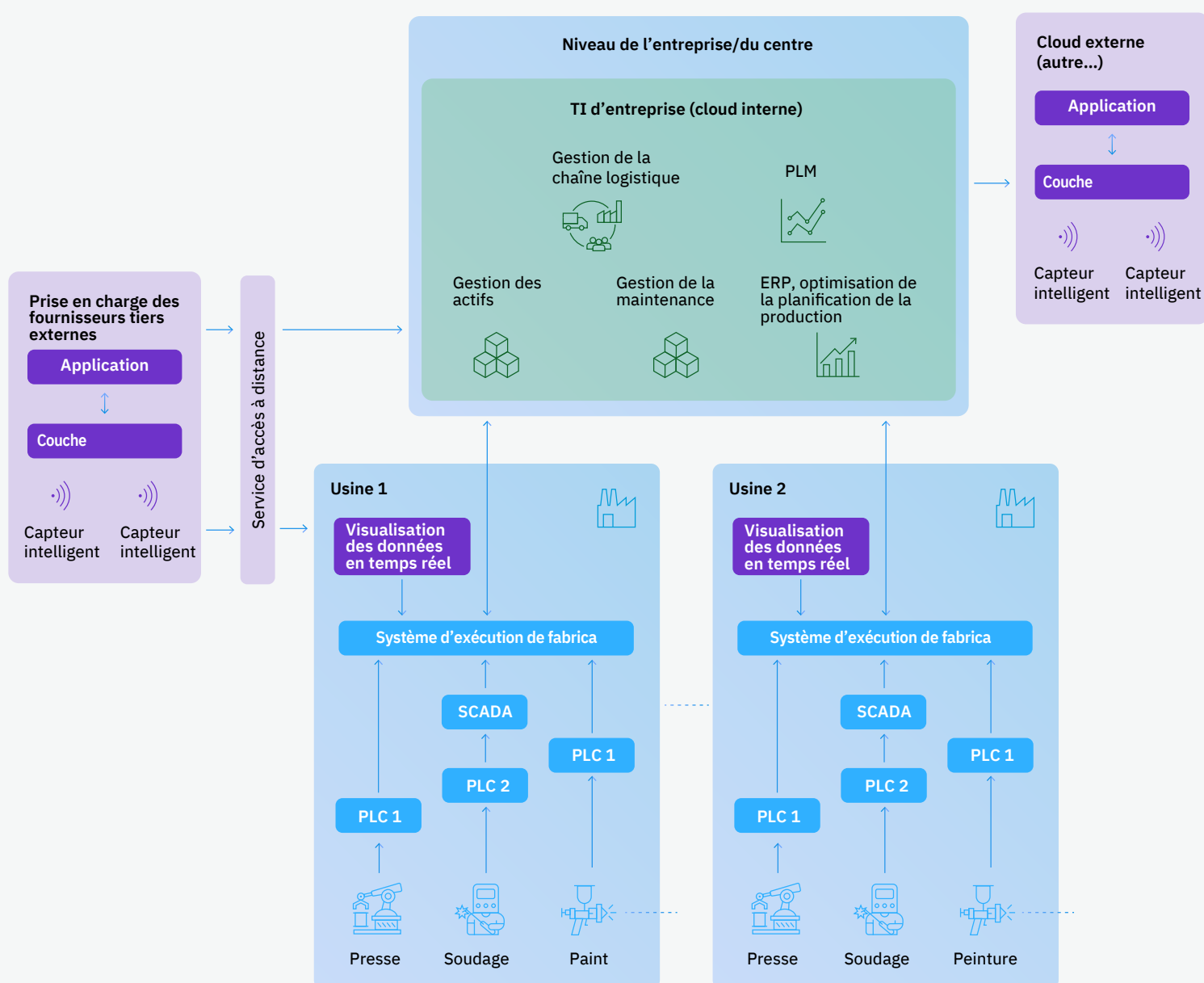


Figure 3 : Vue simplifiée d'une usine basée sur MES, PLC et SCADA.

Chaque usine est équipée de chaînes de fabrication et d'assemblage de différents fournisseurs de technologies opérationnelles. Une ligne est composée d'un ensemble de postes, composés de robots, d'une chaîne de dispositifs et de machines. Les opérateurs exécutent des tâches prédéfinies et séquencées qui sont généralement formalisées par des instructions écrites basées sur les formats documentaires conventionnels.

Un automate programmable (PLC), ou contrôleur programmable, est un ordinateur numérique industriel qui a été consolidé et adapté pour le contrôle des processus de fabrication tels que les lignes d'assemblage, les dispositifs robotisés ou toute activité nécessitant un contrôle de haute fiabilité, une simplicité de programmation et un diagnostic d'erreur de processus.

Le système de supervision et d'acquisition de données (SCADA) désigne les systèmes de contrôle industriel (ICS) qui sont utilisés pour contrôler et suivre l'équipement ou une usine dans des secteurs comme le contrôle de l'eau et des déchets, les télécommunications, l'énergie, le transport et le raffinage du pétrole et du gaz. Le SCADA est un système informatique qui permet de recueillir, d'analyser et de présenter des données en temps réel aux opérateurs. De plus, il peut parfois contrôler l'équipement de base. Le SCADA envoie des notifications en déclenchant des alarmes si des situations se transforment en scénarios dangereux.

Les systèmes d'exécution de la fabrication (MES) sont des systèmes informatisés utilisés dans la fabrication pour suivre et documenter la transformation des matières premières en produits finis. Les MES fournissent des informations qui aident les décideurs du secteur manufacturier à comprendre comment optimiser les conditions actuelles dans l'usine afin d'améliorer le rendement.

Certains MES peuvent fonctionner en temps réel pour permettre le contrôle de multiples éléments du processus de production (p. ex. intrants, personnel, machines et services de support). Certains MES bien connus sont fournis par des sociétés telles que Dassault Systems, SAP, Siemens et ABB.

La visualisation des données en temps réel est un composant qui permet de recueillir des données brutes et des données de télémétrie, d'effectuer un prétraitement des données et de visualiser, grâce à des synoptiques graphiques et intuitifs, un grand volume de données de séries chronologiques provenant de sources multiples pour les personnes et les systèmes dans toutes les opérations.

Un composant de visualisation de données performant pourrait se connecter à de nombreuses interfaces et collecter des données à partir de formats ou de protocoles multiples. Il pourrait s'agir à la fois d'un système basé sur des séries chronologiques et sur des événements, y compris des systèmes multiples tels que PLC, SCADA, passerelles, dispositifs et capteurs.

Tout comme le SCADA et le MES, le composant de visualisation des données en temps réel aide les opérateurs à passer d'une prise de décision réactive à une prise de décision proactive. Certains composants bien connus dans ce domaine sont fournis par des sociétés comme OSIsoft ou Wonderware.

La gestion des actifs consiste en des activités et des pratiques utilisées pour suivre le fonctionnement des actifs d'une entreprise et les utiliser efficacement pour gagner de la valeur. La gestion des actifs aide à identifier et à hiérarchiser le travail nécessaire pour des actifs spécifiques, non seulement pour le retour sur investissement des actifs, mais aussi pour analyser et coordonner stratégiquement le travail avec d'autres opportunités.

La gestion de la maintenance est l'utilisation d'un logiciel informatique intelligent pour mieux suivre les ressources de votre entreprise (p. ex. la main-d'œuvre, les matériaux et l'équipement). L'utilisation d'un système de gestion de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO) pour votre gestion de la maintenance garantit le parfait état de fonctionnement des équipements de votre entreprise, évitant ainsi les réparations imprévues et les temps d'arrêt opérationnels.

Bien que la gestion de la maintenance et la gestion des actifs soient techniquement différentes, elles sont toujours liées et fonctionnent ensemble. La gestion de la maintenance permet d'orienter efficacement les performances physiques des équipements et des activités de maintenance, tandis que la gestion des équipements permet d'analyser toutes les données relatives aux travaux à effectuer sur les actifs eux-mêmes.

Adopter l'IoT pour la fabrication via des étapes logiques de gradation de la valeur

La numérisation de l'industrie manufacturière par le biais d'une plateforme IIoT suppose quatre étapes logiques intégrées dans une feuille de route opportune et séquentielle pour garantir la valeur.

- **Collecte de données :** Les données peuvent provenir de systèmes tels que la gestion des actifs d'entreprise (EAM), la planification des ressources d'entreprise (ERP) et le MES. (Le présent document décrit plus en détail la EAM dans les sections suivantes.) Elle peut aussi provenir directement d'équipements/de robots/de capteurs.
- **Visualisation de modèles :** Cela peut se faire au moyen de tableaux de bord, de l'interface utilisateur et d'autres représentations permettant de voir les données.
- **Développement d'une vision éclairée par l'analyse :** Il peut s'agir d'analyses prédictives, d'analyses prescriptives et de modèles d'analyse propres à l'industrie.
- **Cognitif :** Cela implique de nouvelles façons de traiter l'information non structurée, y compris l'imagerie, la vidéo et l'audio, ainsi que les algorithmes d'apprentissage automatique.

La feuille de route en quatre étapes

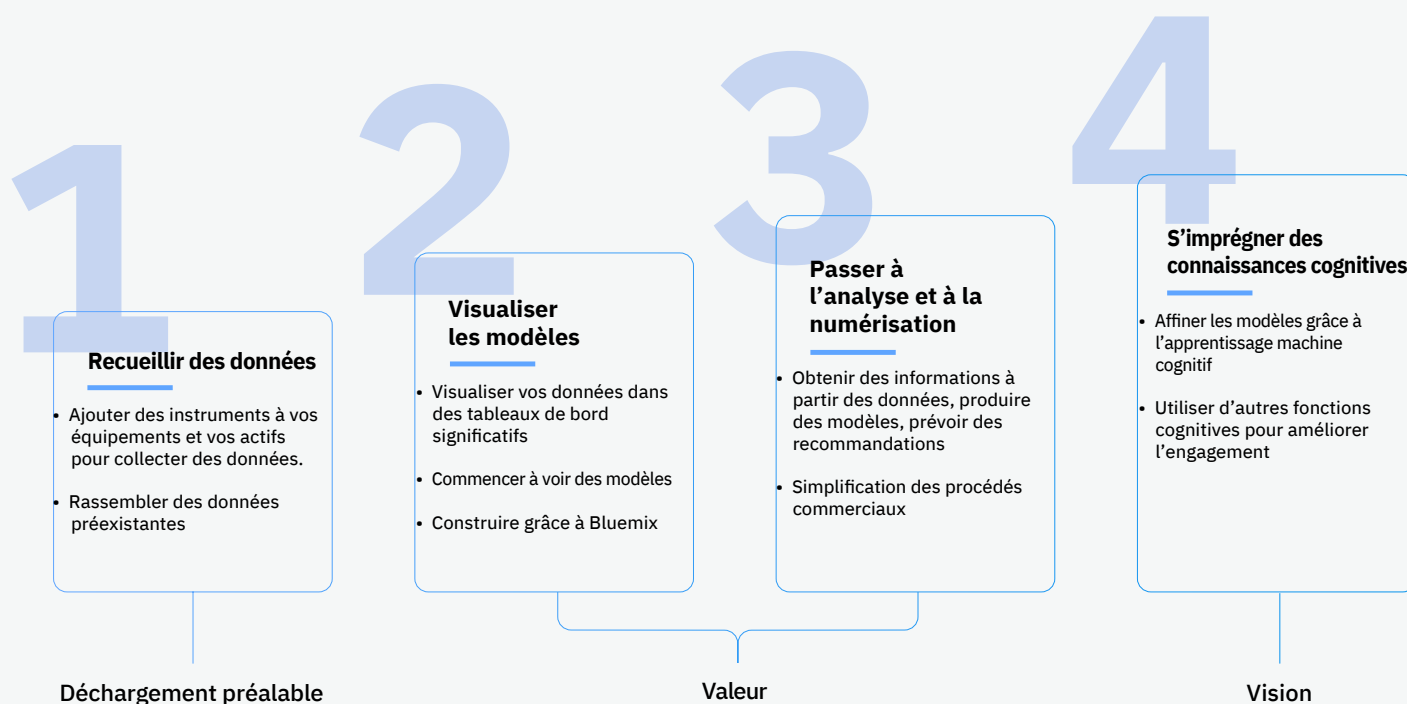


Figure 4 : La feuille de route en quatre étapes.

Les avantages attendus de la feuille de route en quatre étapes sont les suivants :

- **Gains de productivité** : Cette approche permet d'augmenter le rendement et l'efficacité, éliminant ainsi les activités sans valeur ajoutée.
- **Prévention des défaillances** : La feuille de route permet également d'obtenir la meilleure efficacité globale de l'équipement (OEE), en évitant les retouches, les déchets, les pannes et la mauvaise qualité des produits.
- **Flexibilité** : Parmi les autres avantages, mentionnons la dissimulation de la complexité, la mauvaise configuration et les efforts de reconfiguration, la capacité de rectifier et de produire, et l'évitement des lacunes technologiques.

Étendre l'architecture de fabrication actuelle avec une approche à trois niveaux et à trois couches

Dans la fabrication industrielle et l'industrie 4.0, la meilleure pratique consiste à adopter une architecture répartie sur trois couches. Un bon modèle d'architecture prend en compte les exigences d'autonomie et d'autosuffisance de chaque site de production et équilibre la charge de travail entre les différents niveaux (périphérie, usine et entreprise).

Pour obtenir un bon modèle d'architecture dans la solution, il est essentiel de résoudre le problème d'intégration, à la fois verticalement et horizontalement.

La figure 5 montre la façon dont se présente généralement le problème d'intégration dans un contexte manufacturier.

Au niveau de l'appareil, l'information est cloisonnée dans la couche de contrôle et est accessible par le biais de divers protocoles propres à l'industrie (p. ex. planification et contrôle des opérations (OPC), architecture unifiée OPC (OPC-UA), Skid, Bacnet, Profibus et Ethernet-IP) et peut aussi être contenue dans les systèmes de fichiers ou les bases de données de production.

Extension de l'usine grâce aux capacités d'IBM : Vue d'ensemble de l'architecture

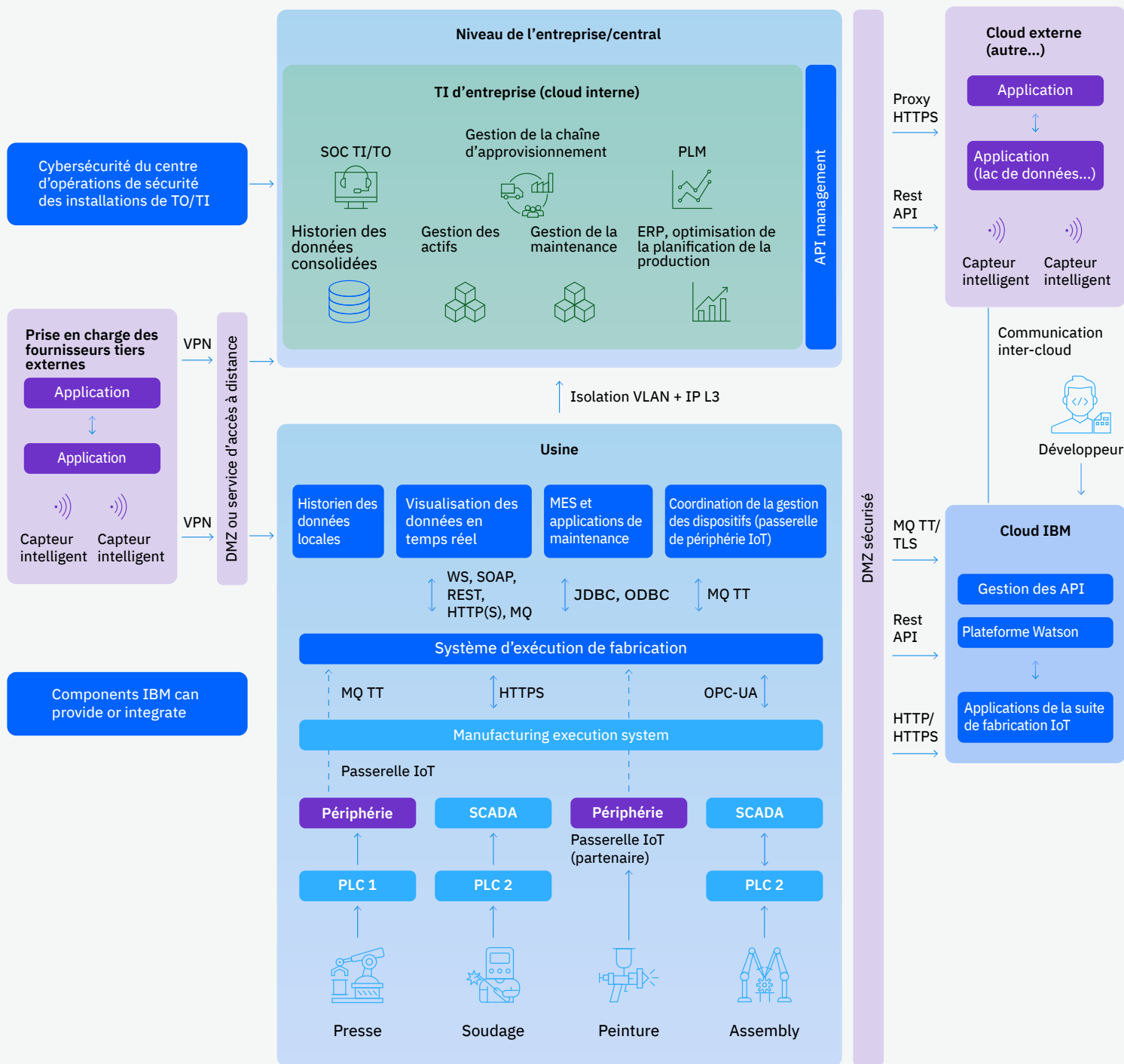


Figure 5 : Extension de l'usine grâce aux capacités d'IBM : Vue d'ensemble de l'architecture.

Dans la plupart des cas, de nouveaux instruments peuvent être nécessaires (p. ex. capteurs acoustiques sur les robots ou étiquettes RFID sur l'équipement). Pour résoudre ce problème d'intégration, la meilleure pratique consiste à associer la technologie d'intégration à des dispositifs de périphérie/passerelle de différents fournisseurs.

Le modèle d'architecture retenu décrit ci-dessous propose donc une solution basée sur trois niveaux :

- **Niveau de la périphérie**
- **Au niveau de l'installation, de l'usine ou de l'atelier**
- **Au niveau de l'entreprise ou du back-end**

Au niveau de l'usine, la pratique consiste à mettre en place dans chaque usine un bus de service, souvent appelé bus de service d'usine (PSB), pour gérer les activités locales et la connectivité avec l'environnement physique (par exemple, PLC, SCADA, Skid, OPC, périphérie).

En plus du bus de service, nous recommandons le déploiement d'une technologie logicielle d'analyse intégrée au niveau de la périphérie. Les périphéries physiques sont des boîtiers (passerelles, concentrateurs, boîtiers de connectivité, etc.) qui permettent de connecter le réseau TO au réseau informatique et de transformer les signaux et événements émis par le PLC/SCADA en données numériques sécurisées visibles sur le réseau informatique.

Au niveau de l'entreprise, des applications propres à l'entreprise ou à l'industrie seront déployées pour divers besoins (p. ex. gestion des actifs, gestion de la maintenance, contrôle de l'efficacité globale de l'équipement et maintenance prédictive). Certaines applications peuvent nécessiter l'installation d'éléments locaux de leur solution au niveau de l'atelier.

L'infrastructure permettant de prendre en charge ces applications peut être renforcée par une combinaison de différents modèles de cloud et d'informatique locale dans un modèle hybride. Le niveau d'hybridation doit être déterminé très rapidement dans le projet.

Le niveau d'hybridation est généralement considéré comme un compromis et un équilibre entre les contraintes de l'entreprise, les considérations relatives à la gestion et à l'exploitation, les exigences liées à la latence et aux performances, et les contraintes de confidentialité des données, sans parler des coûts (coûts de conservation des données).

L'architecture complète et étendue à trois niveaux

Une fois l'intergiciel d'atelier déployé et les éléments techniques pris en compte, il faut se concentrer sur les éléments commerciaux de la solution.

Les composants commerciaux sont matérialisés par des applications spécifiques qui contribuent à l'amélioration de la productivité, à l'augmentation des temps de disponibilité, à la réduction des temps d'arrêt et à une plus grande flexibilité pour reconfigurer dynamiquement les équipements en atelier.

La suite de solutions EAM d'IBM fournit aux entreprises industrielles des informations permettant d'optimiser les opérations de production et d'améliorer la qualité de la production. L'objectif de ces solutions est de réduire les risques, de diminuer les coûts et d'améliorer l'efficacité en ajoutant la puissance de l'analytique, de l'IoT et de l'IA aux opérations industrielles.





La suite porte sur deux domaines complémentaires et IBM fournit des solutions pour chacun d'eux :

- **Aperçu de la qualité de la production :** Les solutions IBM permettent d'améliorer la qualité de la production en détectant plus rapidement et avec plus de précision les plus petits défauts. Elles permettent également de réduire la dépendance à l'égard des inspections manuelles, d'identifier plus rapidement les défauts de qualité et de réagir en temps réel.

Pour en savoir plus, [cliquez ici](#).

Pour améliorer la qualité des produits et des processus, trouver plus rapidement les problèmes de qualité et réduire les fausses alertes coûteuses, IBM propose des alertes crédibles grâce auxquelles vous pouvez agir rapidement, en utilisant beaucoup moins de points de données. Grâce à une solution appelée IBM Prescriptive Quality on Cloud, nous utilisons l'analyse normative pour améliorer la qualité des processus de fabrication, des matériaux, des composants et des produits.

- IBM peut apporter la puissance de l'intelligence artificielle à votre ligne d'inspection pour identifier plus rapidement les défauts visibles et identifier avec précision les points de défaillance afin de pouvoir apporter une amélioration continue au fil du temps. Grâce à une solution appelée IBM Visual Insights, nous exploitons l'apprentissage automatique, le traitement de la périphérie, la capture d'images et l'expertise humaine pour transformer l'inspection visuelle et réduire les coûts de production.

- Pour reconnaître et détecter plus efficacement les défauts de qualité et les dysfonctionnements des équipements, IBM combine les données acoustiques avec l'apprentissage automatique et la technologie IA. Grâce à une solution appelée IBM Acoustic Insights, nous utilisons des algorithmes IA pour la reconnaissance acoustique en temps réel et la détection précoce de la dégradation des équipements.

- **Optimisation de la production :** L'utilisation d'outils d'analyse et d'intelligence artificielle avancés permet d'optimiser les processus de production. Lorsque les usines sont équipées de l'IoT, les données disponibles explosent. Dans une usine numérique, les opérateurs peuvent utiliser les données pour identifier les pertes de production potentielles et agir pour équilibrer la qualité, le coût et le rendement.

Pour en savoir plus, [cliquez ici](#).

- Gestion de base des actifs de l'entreprise (EAM)
 - L'EAM de base fait référence à la combinaison de logiciels, de systèmes et de services qu'une organisation utilise pour contrôler et optimiser ses ressources physiques, technologiques et humaines dans ses unités commerciales et ses sites géographiques. Nous rassemblons ces capacités dans une solution appelée Maximo®.

Pour en savoir plus sur les solutions EAM d'IBM, [cliquez ici](#).

- Gestion des performances des actifs
 - La gestion des performances des actifs joue un rôle essentiel dans l'amélioration du fonctionnement des équipements. Dans ce domaine, IBM propose les solutions suivantes :
 - IBM Maximo® APM – Asset Health Insights
 - IBM Maximo APM – Predictive Maintenance Insights
 - IBM Maximo APM – Equipment Maintenance Assistant

Pour en savoir plus sur les solutions de gestion des performances des actifs d'IBM, [cliquez ici](#)

- Optimisation des stocks de maintenance, de réparation et d'exploitation (MRO)
 - L'optimisation des stocks MRO peut vous aider à réduire considérablement les coûts liés aux stocks et à réduire les temps d'arrêt des actifs. La solution MRO d'IBM s'appelle IBM Maximo MRO Inventory Optimization.

Pour en savoir plus à ce sujet, [cliquez ici](#).

Considérations et conseils supplémentaires par bloc de construction

Selon notre expérience et nos recherches, voici d'autres points de vue et bonnes pratiques :

- **Bus de service d'usine (PSB) :** Le PSB est un bloc structurant très important qui surveille, orchestre et régit les flux à l'intérieur de l'usine, mais aussi entre l'entreprise et l'usine. Il s'agit généralement d'un élément essentiel d'une couche d'intégration inter-usine entre les usines et

les systèmes d'entreprise, ainsi qu'entre les processus et les hommes, et il fournit l'acheminement, la transformation, la médiation, la configuration et le flux de travail des informations. Un PSB efficace devrait fournir des capacités d'adaptateur et de passerelle TO/TI pour mettre en œuvre la fonctionnalité, la logique d'intégration, l'agrégation et le mappage avec une configuration externalisée basée sur des règles.

Le PSB d'IBM (Integration Bus Manufacturing Pack d'IBM) permet le filtrage des données à la volée, les calculs, l'agrégation, la compression et la préparation des données pour un traitement ultérieur. Le PSB doit être déployé dès les premières étapes du projet et doit donc être considéré comme une condition préalable solide avant de déployer des applications de visualisation de données, d'analyse et cognitives.

- **Bus de service d'entreprise (ESB) :** Pour gérer les flux de fabrication entre les usines et le système informatique central, un ESB s'applique souvent automatiquement. D'un point de vue fonctionnel, un ESB a le même rôle que le PSB et peut être soutenu par le même type de solution.
- **Plateforme d'IoT :** Une plateforme IoT hébergée sur le site IBM Cloud™ permettra de créer des lacs de données à moindre coût, de créer de nouveaux tableaux de bord industriels, d'intégrer des modèles analytiques clients, de gérer le cycle de vie de l'interface de programmation applicative (API) et de divulguer les données aux partenaires externes. La plateforme pourrait être alimentée à partir de différentes sources de données, telles que les lacs de données, les applications back-end, les partenaires ou d'autres fournisseurs de cloud (p. ex. Azure).
- **Analyse de la périphérie :** Il pourrait être pertinent de déployer des services à la périphérie, où la performance du processus serait affectée, d'évaluer l'événement dans le cloud et de renvoyer une action à la cellule de périphérie/de travail. Nous avons recours à des services de notation analytique déployés en périphérie lorsque nous avons une fréquence très élevée d'événements provenant d'une cellule de production et qu'il est essentiel d'évaluer rapidement les anomalies pour déclencher une interception et éliminer un défaut potentiel de la ligne. Nous pouvons également utiliser un service périphérique de notation et de classification des images visuelles, en particulier lors de l'inspection des composants à grande vitesse (par exemple, lorsque l'identification des défauts est critique en termes de temps). Nous pouvons également envisager d'utiliser des services périphériques pour agréger ou filtrer de grands volumes de données de télémétrie qui peuvent être consolidées en un événement plus petit. Cela permettrait de réduire la charge du réseau et le coût de transmission de grands volumes de données. La solution d'inspection visuelle et ses services de notation analytique constituent une application commerciale typique qui utilise les capacités de pointe. En général, la réflexion doit porter sur l'établissement du service qui prendrait le mieux en charge un nœud de calcul déployé en périphérie. Il existe plusieurs technologies potentielles (p. ex. SDK et Execution Engine) sur le marché pour la mise en œuvre de l'analyse de la périphérie.
- **MES local (système d'exécution de fabrication) :** Dans de nombreux cas, ce composant est déjà en place pour la planification et l'optimisation de la production. Il est souvent considéré comme une hypothèse de travail pendant le projet d'intégration et doit faire partie de la solution

finale. L'application MES ou de maintenance de l'usine est potentiellement connectée au PSB. En gérant la transformation des flux de données et l'interconnexion des protocoles, le PSB contribue à réduire le niveau de couplage de l'architecture globale. En général, il n'y a qu'une seule instance du MES au niveau informatique central ; elle prépare les commandes par lot planifiées pour toutes les usines. Cela peut être identique au niveau de l'atelier ou à un autre niveau, ce qui renforce la nécessité de déployer une couche de connectivité pour réduire le couplage et le contrôle, et surveiller les flux entre le niveau de l'entreprise et celui de l'usine.

- **Applications industrielles (p. ex. inspection visuelle, aperçu acoustique, assistant IA, etc.) :** Ce sont des exemples d'applications industrielles incluses dans la suite IBM d'IoT et de solutions d'intelligence artificielle Watson™ pour les entreprises industrielles. Ces applications sont décrites dans la section Industrie 4.0 Sécurité du présent document.
- **Efficacité globale de l'équipement (OEE) :** Cet élément est très important. Il porte sur les contraintes de productivité en analysant les données générées par les contrôleurs de machines, les capteurs et les systèmes transactionnels pour donner une visibilité actuelle ou prédictive des facteurs qui contribuent à la perte d'OEE. Il prévoit la probabilité statistique des défaillances d'équipement, des défaillances de processus et des ralentissements de lignes. De plus, il quantifie l'impact de telles défaillances potentielles de l'OEE de l'usine ou de la ligne, puis identifie les causes d'origine et propose des plans de maintenance optimisés.

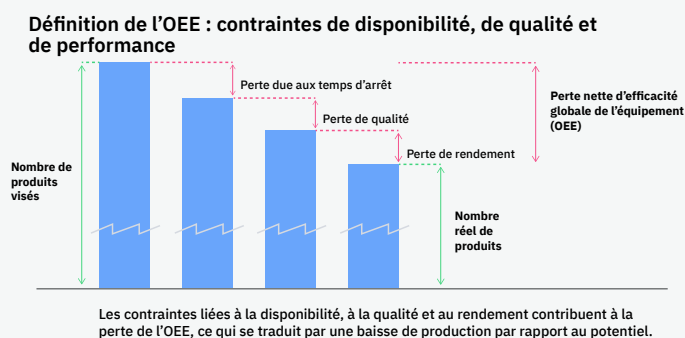


Figure 6 : Définition de l'OEE : contraintes de disponibilité, de qualité et de performance.

- **Projet d'IoT partenaire :** Une tendance observée consiste à rendre le système de production manufacturière plus ouvert pour faciliter la divulgation des données/services en toute sécurité à l'écosystème des partenaires. Étant donné que chaque entreprise manufacturière collabore avec de nombreux partenaires, les bonnes pratiques consistent à utiliser un portefeuille d'interfaces de programmation d'applications (API). En général, les API sont supervisées par une application spécifique qui gère les différentes règles de politique et les accords de niveau de service (SLA)

associés. Pour accroître la sécurité et le suivi des flux, la présentation des API pourrait se faire aux niveaux ESB ou PSB.

- **Gestion des API (interne) :** Une autre évolution ultérieure et élément de valeur ajoutée sera le déploiement de cette application, qui concerne la solution complète de cycle de vie de l'API. Il permettra la création automatisée d'API, simplifiera la découverte des systèmes d'enregistrement et fournira un accès en libre-service pour les développeurs internes et tiers avec une sécurité et une gouvernance intégrées solides.
- **Gestion des API (externe) :** Une autre extension sera naturellement la présentation des API à des partenaires externes ayant la même couverture que les API pour les systèmes internes.

Cela apportera de la valeur en élargissant la base de clients en facilitant l'accès à l'information et même en monétisant les données ou les processus.

Analyse de la périphérie

De plus en plus de clients optent pour une stratégie IIoT totalement agnostique dans l'espace de passerelle, réseau et dispositif. Il est important d'être en mesure de travailler en partenariat avec tous les acteurs clés afin d'assurer l'interopérabilité, ainsi qu'un maximum de choix et de flexibilité pour l'avenir. Ces objectifs d'interopérabilité et de flexibilité ne peuvent être atteints que grâce au modèle d'architecture globale décrit dans le présent document. Nous recommandons une approche axée sur le service qui englobe les niveaux de périphérie, d'atelier et d'entreprise au moyen d'API et d'une approche micro-services. Chaque couche doit pouvoir présenter des interfaces uniques (API) claires, documentées, instanciables et exploitables. Tandis qu'IBM n'est pas essentiellement sur le marché des adaptateurs et des périphéries physiques, IBM a de nombreux partenaires qui travaillent dans le domaine de l'IoT et de l'Industrie 4.0. Il s'agit de ABB, KUKA, Enocean, Intel, Cisco, Schneider, Hilscher, Festo, Minitec, TO, Softing et PRO ALPHA Sigfox.

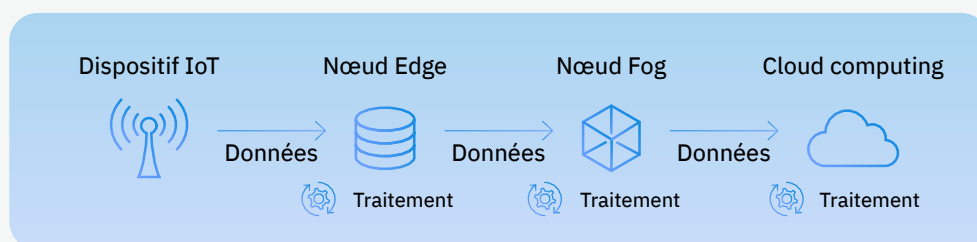
IBM s'associe dans le cadre de l'analyse et du calcul de la périphérie



Favoriser l'IoT cognitif à la périphérie

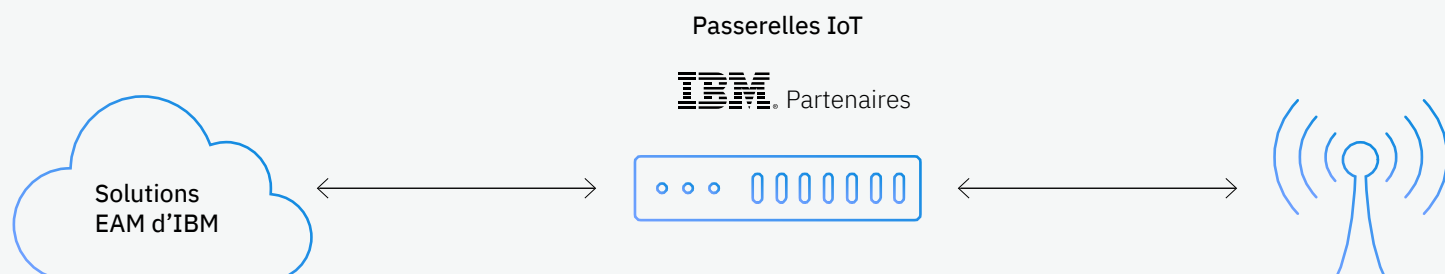
Favoriser l'analyse de la périphérie - voie vers le cloud

Que faisons-nous au niveau de la périphérie ?



- **Prétraiter les données et éviter d'encombrer le réseau.**
- **Noter et classer les images visuelles ou le son.**
- **Exécuter la logique métier locale (agrégation, filtrage, remplissage de trame, synchronisation de trame, calcul unique...).**
- **Inspecter les composants à grande vitesse, car l'identification des défauts est une question de temps critique.**
- **Regrouper ou filtrer de grands volumes de télémétrie.**

À l'intérieur d'une solution d'analyse de la périphérie d'IBM



- IBM Edge™ Analytics Agent fonctionnera sur les dispositifs de passerelle IoT créés par des entreprises avec lesquelles nous travaillons en partenariat.
- IBM travaille en partenariat avec Cisco et d'autres fournisseurs de passerelles.

Figure 8 : À l'intérieur d'une solution d'analyse de la périphérie d'IBM.

Cisco : IBM et Cisco Systems entretiennent une relation dédiée depuis plus de sept ans qui comprend de multiples disciplines, avec un fort accent sur la transformation des activités, les solutions et les services. Cisco et IBM peuvent fournir une plateforme globale qui permet une approche hybride de l'analyse de l'IoT à la périphérie du réseau ou dans le cloud grâce aux technologies de Watson IoT™. Grâce à cette solution commune, il devient possible d'analyser le rendement de l'entreprise au moment de la collecte des données, ce qui nous permet de surveiller et de contrôler étroitement les performances de l'environnement, des actifs et des personnes par rapport à leurs missions. Notre technologie utilise une évaluation analytique basée sur des règles opérationnelles définies pour recommander des actions correctives. L'analyse de la périphérie est utilisée pour perfectionner les modèles de performance dans le cloud, en mémorisant et en améliorant continuellement les modèles de conditions d'exploitation. L'analyse à la périphérie du réseau réduit la quantité de données transférées vers le cloud, libérant ainsi de la capacité de transmission et réduisant les coûts des communications pour la télésurveillance.

Robotique KUKA : IBM et KUKA se sont associés pour améliorer les opérations et les processus de fabrication grâce à la robotique adaptative.

Vous trouverez plus d'informations [ici](#).

Apache Edgent : Apache Edgent est un modèle de programmation et un runtime de type micro-kernel qui peut être intégré dans des passerelles et des périphériques à faible encombrement pour permettre une analyse locale en temps réel des flux continus de données provenant d'équipements, périphériques et capteurs de toutes sortes. Il s'agit d'un exemple de technologie open-source permettant de tirer parti de l'analyse de la périphérie.

Plateforme Sierra Wireless Legato® : Cette plate-forme associe une distribution d'OS basée sur Linux, un package de support de carte (BSP), des outils de développement personnalisés et des API robustes par le biais de services de plateforme pour permettre le développement logiciel sur des périphériques IoT.

Vous trouverez plus d'informations [ici](#).

Centre IoT d'IBM à Munich : Ce laboratoire industriel lié à la production présente la robotique industrielle cognitive en utilisant l'intergiciel Project Intu et la cognition visuelle 6D, ainsi que l'apprentissage automatique, global et renforcé. Il utilise également la parole et la maintenance cognitives pour la robotique avec Watson Speech to Text, Watson Translation et Watson Natural Language Classifier.

Hilscher (« digital twin » basé sur les règles Hilscher netIOT Rules CPS) : Il s'agit d'une intégration et d'une collaboration basées sur des règles des systèmes cyberphysiques dans le cadre de l'architecture de l'industrie 4.0 d'IBM. C'est une intégration bidirectionnelle entre un dispositif physique et sa représentation numérique qui utilise IBM Visual Insights.

Sigfox : Il s'agit de l'un des principaux fournisseurs de services IoT au monde qui offre un réseau étendu mondial à faible consommation d'énergie. Sigfox réduit les coûts et la consommation d'énergie nécessaires pour connecter en toute sécurité les capteurs IoT au cloud. Grâce à la solution Sigfox, vous avez besoin de peu d'énergie pour collecter et transmettre des informations sur des objets durables. Le réseau Sigfox est compatible avec la plateforme IBM Watson IoT™. Certaines collaborations récentes entre Sigfox et IBM ont permis de mettre en œuvre avec succès divers cas d'utilisation, notamment la gestion et le suivi des actifs, la surveillance et la maintenance des infrastructures et la gestion des installations.

ABB : ABB et IBM ont annoncé une collaboration stratégique qui réunit l'offre numérique d'ABB, ABB Ability™, avec les capacités cognitives d'IBM Watson IoT pour accélérer l'adoption de l'intelligence artificielle industrielle. Vous trouverez plus d'informations sur ce partenariat [ici](#).

SmartFactoryKL : Usine d'apprentissage et de présentation d'IBM et de sa technologie Industrie 4.0, SmartFactoryKL

répond à l'ensemble des besoins de l'architecture de référence de l'industrie 4.0 d'IBM. Les principales contributions d'IBM comprennent l'intégration flexible de différentes machines, systèmes informatiques et applications ; une mise en œuvre « digital twin » de l'ensemble de la chaîne de production basée sur la technologie d'analyse et IoT d'IBM ; et une démonstration des capacités de Cognitive Factory basée sur Watson.

Connecté aux périphéries et aux dispositifs, le PSB standardise les communications (gestion des protocoles, flux de médiation, surveillance et exposition des API) entre les couches de la périphéries et de dispositifs et le reste des composants de l'atelier. Grâce à PSB, les opérations de fabrication réduiront le nombre de connexions point à point et rendront ainsi la solution globale plus évoluée, cohérente et modulaire en réduisant le niveau de couplage global.

Intergiciel d'atelier : Bus de service de l'usine

Le PSB d'IBM est un composant logiciel utilisé pour implémenter la couche d'intégration au niveau de l'usine entre l'atelier et l'informatique. Il permet une connectivité axée sur les services, modulaire et non intrusive entre les machines, les



systèmes, les processus et les hommes. Il fournit l'acheminement, la transformation, la médiation, la configuration et le flux de travail basés sur les événements. Il fournit également la base pour les microservices en usine basés sur le modèle de données indépendant du dispositif et le modèle de données d'atelier.

- Transformation et connectivité : Il s'agit d'une fonctionnalité de bus de service classique pour l'intégration découplée des systèmes et des machines prenant en charge la logique d'intégration, les systèmes/machines et la décharge de la

logique spécifique à l'intégration, et permettant la standardisation de la maintenance et la gestion des versions. Le PSB prend en charge différents standards OPC, mais aussi Modbus et autres.

- Gestion et composition de la configuration des règles : Il s'agit d'une configuration flexible au niveau de l'atelier, de la couche d'intégration et de la machine, basée sur des règles définies en langage naturel, et validées et déployables par le personnel du planificateur de production (hors informatique). Il permet également de simplifier la gestion des modifications et est un outil de production prêt à l'emploi.

Logique des règles de fabrication déployée au niveau du PSB



Figure 9 : Logique des règles de fabrication déployée au niveau du PSB.

Vue d'ensemble de l'architecture PSB

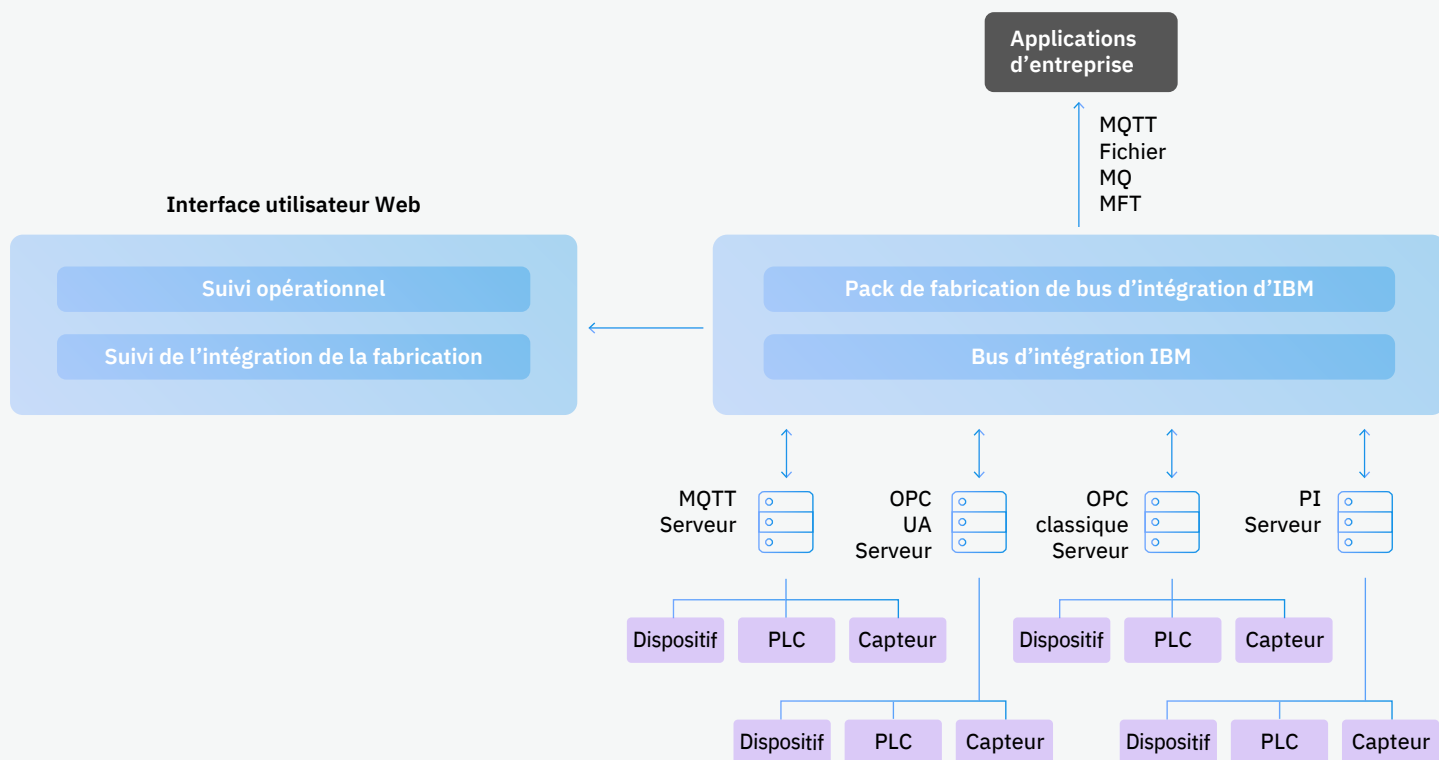


Figure 10 : Vue d'ensemble de l'architecture PSB.

Le PSB permet à ses utilisateurs de créer des règles opérationnelles qui sont exécutées dans le serveur d'intégration (figure 14). Les règles opérationnelles constituent un moyen naturel pour les utilisateurs métier de gérer les politiques qui déterminent comment automatiser les décisions les plus fréquentes.

L'automatisation des décisions d'affaires complexes a de nombreuses applications au niveau de la fabrication, telles que la transformation des données, l'acheminement des protocoles, la transformation des protocoles, la validation ou l'enrichissement des messages et le contrôle dynamique du comportement.

Cliquez [ici](#) pour commencer.

L'Integration Bus Manufacturing Pack d'IBM s'appuie sur le bus d'intégration d'IBM pour fournir un support aux applications dans l'industrie manufacturière.

L'Integration Bus Manufacturing Pack d'IBM offre les fonctionnalités suivantes :

- **Intégration de vos serveurs OPC avec les applications d'IBM Integration Bus.**
- **Intégration des sources de données avec les applications d'IBM Integration Bus en utilisant un serveur PI.**
- **Utilisation du protocole de connectivité MQTT (MQ Telemetry Transport) pour activer un service de publication/abonnement.**
- **Visibilité des informations sur l'état des flux de messages déployés.**
- Le PSB permet la transformation numérique des processus de production et de la connectivité des systèmes et peut fournir des systèmes d'atelier 30 % plus rapides et 25 % plus efficaces. Il peut accélérer l'automatisation des processus, éliminant ainsi le besoin de plus de 95 % des opérations manuelles et 90 % des applications personnalisées.

Niveau de l'entreprise

Les solutions au niveau de l'entreprise analysent toutes les informations fournies par les niveaux inférieurs et proposent un stockage des informations à des fins de visualisation et d'analyse. Pour les solutions au niveau de l'entreprise, IBM travaille avec des partenaires pour proposer des protocoles de terrain, des solutions de localisation intérieures haute définition en temps réel et des capacités avancées de tags pour scanner les machines et afficher des informations interactives avec réalité augmentée.

La suite de solutions EAM d'IBM pour les entreprises industrielles comprend un ensemble de dispositifs et de solutions d'analyse industrielle fournis sous forme d'applications à l'utilisateur final. Ils portent sur les cas de fabrication et d'utilisation industrielle offerts dans de multiples modèles de déploiement.

Cette suite permettra de réaliser des économies de coûts et d'améliorer l'efficacité opérationnelle tout au long de la chaîne de valeur de l'usine en analysant une variété d'informations provenant des flux de travail, du contexte et de l'environnement pour améliorer la qualité, les opérations et la prise de décision.

Les applications industrielles s'adressent principalement au responsable de fabrication, au directeur de l'usine, au responsable de l'OEE, aux opérateurs, aux ingénieurs de terrain ou aux techniciens.

Cette suite de solutions permet la transformation de la fabrication par le biais d'une meilleure compréhension de la qualité de la production et de l'optimisation de la production :

- Les connaissances de qualité sur la production utilisent l'IoT et les capacités cognitives pour détecter, communiquer et effectuer un auto-diagnostic afin que les entreprises puissent optimiser leurs performances et réduire les temps d'arrêt inutiles.
- L'optimisation de la production apporte plus de certitude aux entreprises en analysant une variété d'informations provenant des flux de travail, du contexte et de l'environnement pour améliorer la qualité, améliorer l'OEE, augmenter le temps de disponibilité et améliorer les opérations et la prise de décision.

Suite de solutions de gestion des actifs d'entreprise d'IBM

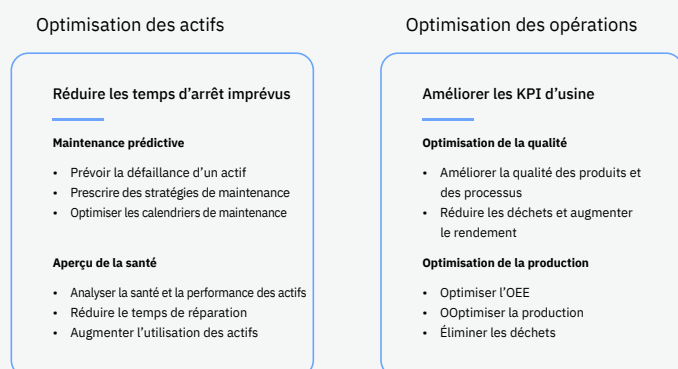


Figure 11 : Suite de solutions EAM d'IBM.

Suite de solutions IoT et IA d'IBM

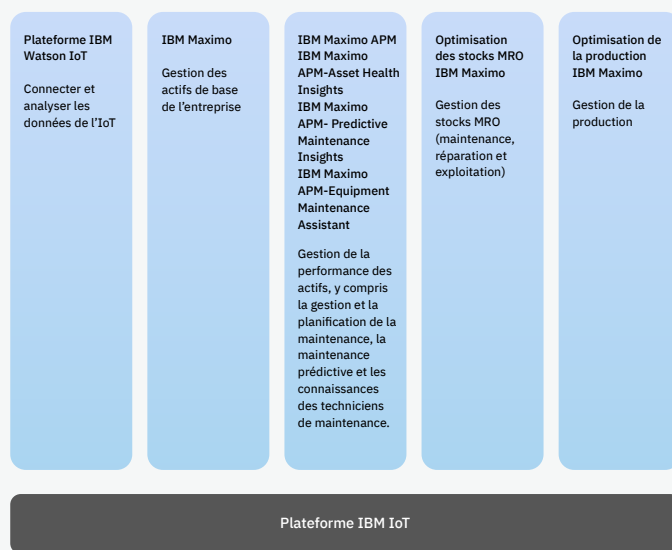


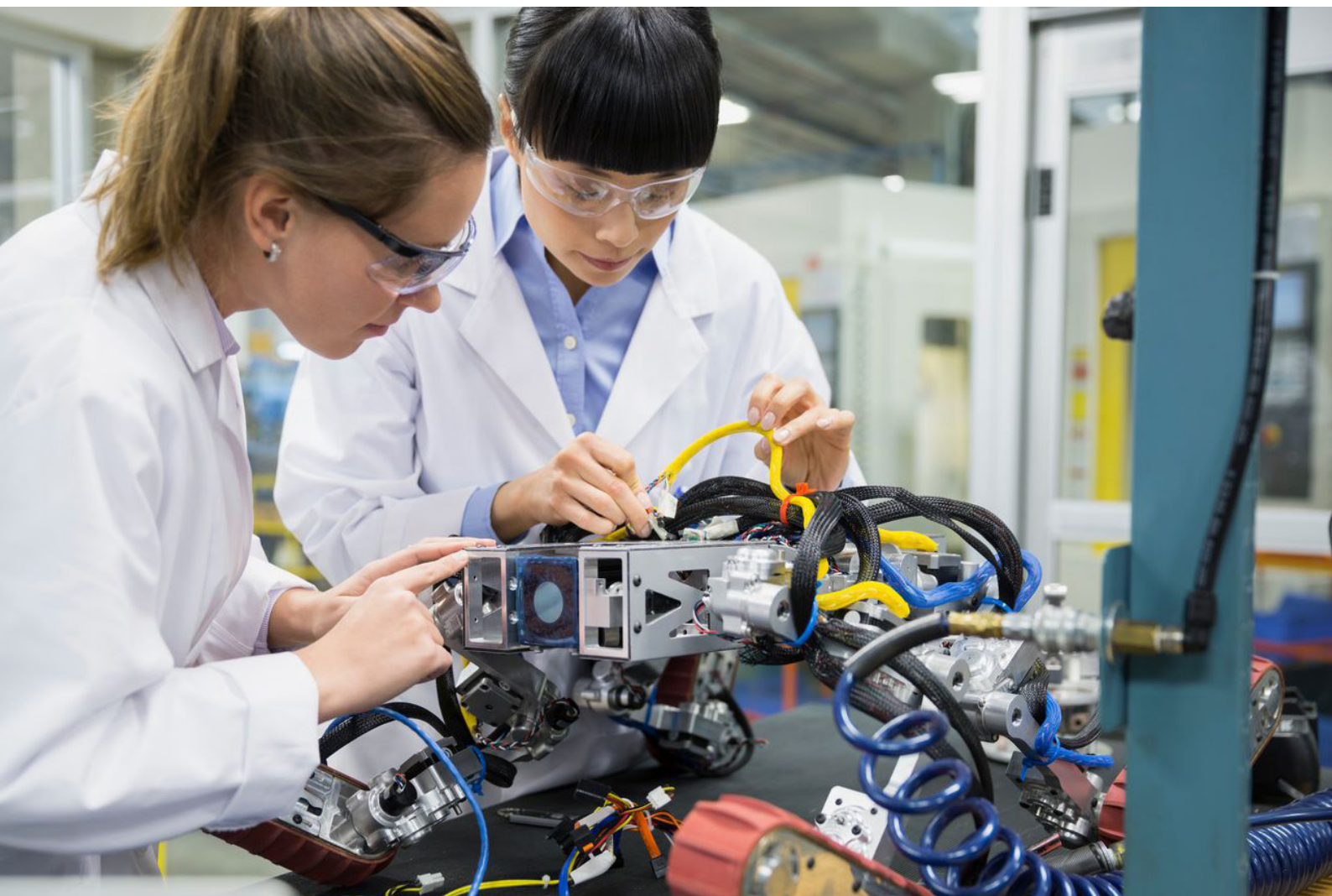
Figure 12 : Suite de solutions IoT et IA d'IBM.

La suite de solutions EAM d'IBM s'appuie sur différentes catégories d'analyse :

- L'apprentissage automatique (ML) automatise la construction de modèles analytiques. Il utilise des méthodes de réseaux neuronaux. Les applications courantes comprennent la reconnaissance d'images et vocale.
- L'analyse d'images repose sur la reconnaissance des formes et l'apprentissage complet pour reconnaître ce qu'il y a dans une image ou une vidéo. Lorsque les machines peuvent traiter, analyser et comprendre des images, elles peuvent capturer des images ou des vidéos en temps réel et interpréter leur environnement.
- L'analyse acoustique permet aux entreprises d'utiliser les bruits d'usine et de fonctionnement pour détecter automatiquement les anomalies et les défauts et identifier les problèmes de qualité des produits.
- L'analyse textuelle consiste à obtenir des données structurées de haute qualité à partir de textes non structurés. Extraire des données supplémentaires sur les produits, l'équipement et les descriptions de procédures industrielles à partir de sources de données non structurées pourrait être une bonne raison d'utiliser l'analyse de texte.

Il est également possible d'utiliser IBM et Red Hat® pour fournir une plateforme hybride multicloud pour l'Industrie 4.0.

L'industrie 4.0 d'IBM répond aux défis actuels et aux besoins futurs en définissant clairement les trois niveaux - bord, usine et entreprise - et en étant capable de déployer et de déplacer les fonctionnalités entre les trois. De plus, l'architecture suppose que la fonctionnalité d'aujourd'hui devra probablement être déployée sur place, mais qu'avec le temps, la fonctionnalité évoluera vers des clouds dédiés ou publics.



Au niveau de l'entreprise, des applications spécifiques à l'entreprise ou à l'industrie peuvent être déployées pour différents besoins, tels que la gestion des actifs, la gestion de la maintenance, le contrôle de l'OEE et la maintenance prédictive. Certaines de ces fonctions peuvent nécessiter l'installation de composants locaux de la solution au niveau de l'atelier.

Il peut être nécessaire de combiner différents modèles de cloud et de TI locale dans un modèle hybride pour prendre en charge l'infrastructure des applications au niveau de l'entreprise. Il est important de déterminer le niveau d'hybridation au début du projet.

Ensemble, IBM et Red Hat fournissent une plateforme hybride multicloud de nouvelle génération. En combinant la puissance et la flexibilité des technologies de cloud hybride ouvert de Red Hat avec l'ampleur et la profondeur de l'innovation et de l'expertise industrielle d'IBM, toute entreprise engagée dans un projet Industrie 4.0 a accès aux meilleurs outils et talents des deux entreprises.

Comme mentionné précédemment, le choix du niveau d'hybridation peut être un acte d'équilibre entre les contraintes de l'entreprise, les considérations de gestion et d'exploitation, les exigences de latence et de performance, et les contraintes de confidentialité des données, et peut également inclure les coûts d'éléments clés comme la conservation des données.

IBM est flexible en termes de modèles de déploiement de cloud. En plus des composants installés sur les périphéries ou dans l'atelier (sur site), notre stratégie de cloud consiste à utiliser les technologies Red Hat OpenShift®, Docker et Kubernetes pour faciliter le déploiement des composants clients et IBM n'importe où, pas seulement dans IBM Cloud.

IBM Cloud Private (ICP) et OpenShift sont des plateformes d'applications conteneurisées open-source pour le développement, le déploiement et la gestion d'applications conteneurisées sur site ou sur cloud. Cet environnement intégré pour la gestion des conteneurs comprend l'orchestrateur de conteneurs Kubernetes, ainsi qu'un référentiel d'images privé, une console de gestion et des cadres de surveillance.

Comme nous l'avons mentionné, la tendance pour de nombreuses organisations est de passer à une approche hybride sur cloud. Une solution comme IBM Cloud Private avec OpenShift répond à ce besoin. En outre, IBM et Red Hat ont annoncé qu'ils allaient unir leurs forces pour accélérer la modernisation des applications et le développement natif du cloud.

Illustrations aux trois niveaux

Illustration au niveau de l'usine : Cas d'utilisation de l'analyse acoustique

La maintenance de la chaîne de production est rapide et coûteuse. Il est essentiel de savoir quand maintenir un équipement en vue d'un rendement optimal. Grâce à l'analyse acoustique, nous pouvons écouter l'équipement pour détecter rapidement les pannes et recommander l'entretien. Cela s'applique dans de nombreux domaines d'utilisation des équipements, des éoliennes, trains, élévateurs et ascenseurs aux grandes machines industrielles.

L'analyse acoustique « écoute » l'équipement et les appareils de l'usine et détermine s'il y a un défaut en détectant des anomalies dans le bruit qu'elle « entend ».

Cette application cognitive acoustique d'IBM est fournie sous forme de service sur la plateforme IoT de Watson. L'apprentissage automatique crée une base de connaissances des sons pour détecter les anomalies. Combiné à des solutions mobiles consolidées, cela permet d'utiliser les capacités du service sur le terrain au niveau de l'atelier.

Illustration au niveau des périphéries : Cas d'utilisation de l'inspection visuelle

L'apprentissage automatique permet également l'inspection visuelle du processus d'assemblage de la carrosserie automobile pour les poignées de portières de voiture. Aujourd'hui, les fabricants sont confrontés à des défis risqués associés à des activités complexes d'inspection visuelle. Chaque fabricant a besoin d'un grand nombre d'inspecteurs, d'opérateurs et d'ingénieurs humains ; ils ont une charge de travail complète de tâches répétitives visant à identifier des centaines de défauts. Il en résulte d'importants coûts de main-d'œuvre en usine, des problèmes de précision et de cohérence des inspections, un besoin de formation des employés et des problèmes de santé potentiels relatifs aux inspections dans les zones dangereuses.

Cette démonstration industrielle, visible au siège d'IBM à Munich, a été conçue avec BMW et KUKA.

Les principes sont les suivants :

- Recueillir des données à partir de la ligne d'équipements et obtenez un aperçu et une notation en temps réel.
- Prévenez les problèmes avant qu'ils ne surviennent grâce à des prévisions précises et à des alertes précoces.
- Améliorez les performances grâce à des conseils de réparation étape par étape.
- Utilisez des systèmes de raisonnement et d'apprentissage pour optimiser en permanence l'utilisation des équipements.

Le système d'inspection visuelle est basé sur des algorithmes d'apprentissage machine et tire parti de nombreux modèles d'inspection visuelle, tels que les impuretés/zones à contraste élevé, la détection et la vérification de la géométrie, la détection des textures et zones anormales, l'extraction et la vérification des caractéristiques couleurs/brillance pour déterminer les défauts qualité. (Exemples de ce que ce système peut détecter : défauts d'étriers de frein, défauts ou dommages dans l'atelier de carrosserie ou de peinture, déformation de pièces, bosses sur les pièces de rechange et rayures sur le tableau de bord de la voiture).

La capacité d'inspection visuelle de la suite de solutions d'IBM est intégrée à la ligne d'équipements et à la robotique. Dans cette démonstration, nous inspectons plusieurs poignées de porte de la nouvelle BMW Série 5 à la recherche de défauts de fabrication en utilisant le service de reconnaissance visuelle Watson.

Nous voulons également nous assurer que les robots ont une grande disponibilité opérationnelle afin de ne pas avoir d'impact sur la production. L'opérateur contrôle le processus à l'aide d'une carte de pointage de l'état de santé de l'équipement (le résultat de l'état de santé du robot est calculé au moyen d'un modèle statistique de maintenance prédictive).

Lors de la dernière étape du processus, un technicien de maintenance reçoit une alerte de maintenance prédictive via une application mobile. Une conversation utilisant le traitement du langage naturel et l'analyse du contenu basée sur la documentation de l'atelier guide le technicien vers une solution.

Vision et écoute confidentielles des calculs IA de la périphérie IoT Watson

Vision confidentielle

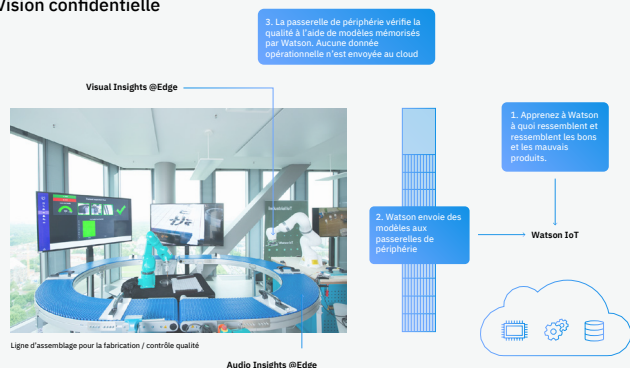


Figure 13 : Les yeux et les oreilles privés informatique IA de la périphérie de Watson IoT.

Illustration au niveau de l'atelier : Cas d'utilisation de Heartbeat Car Manufacturing

Heartbeat Car Manufacturing est un exemple d'actif et d'IP développé pour un OEM qui nous permet de surveiller globalement l'activité de fabrication automobile dans plusieurs usines. L'application est basée sur un ensemble de KPI dynamiquement ajustés en fonction de l'état des processus de fabrication.

Il nous permet de gérer des usines de fabrication d'assemblages situées dans plusieurs pays, ainsi que d'afficher les évaluations des risques de sécurité, les problèmes d'exécution et les causes d'origine typiques d'un écart OEE. À l'aide d'une fonction d'analyse descendante, il permet à l'usine ou au responsable de production de consulter les raisons de l'écart et d'accéder aux prescriptions pour remédier aux problèmes.

Application Heartbeat de fabrication connectée

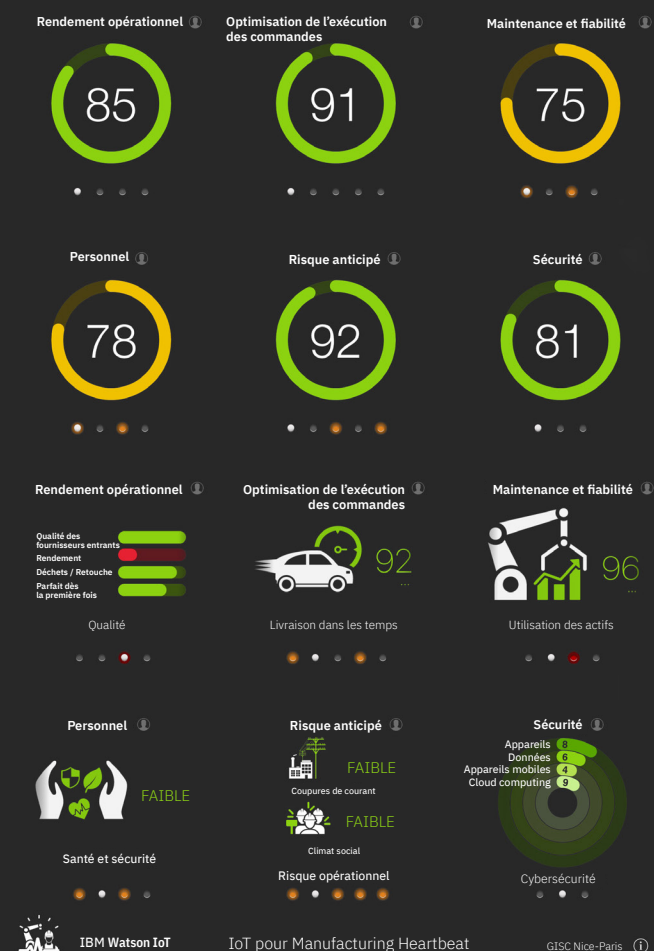


Figure 14 : Application de fabrication connectée Heartbeat.

Illustration au niveau de l'entreprise : Cas d'utilisation de l'augmentation de l'OEE

Dans l'architecture, le composant OEE aide l'usine à atteindre son potentiel de rendement. L'application permet aux directeurs d'usine, aux ingénieurs d'usine, aux ingénieurs/superviseurs de maintenance, aux ingénieurs process et aux ingénieurs qualité d'obtenir des informations uniques, pertinentes, prédictives et prescriptives qui leur permet d'atteindre les objectifs de l'usine.

- Les directeurs d'usine sont chargés d'atteindre le nombre cible de produits. Ils ont besoin d'avoir une visibilité sur les facteurs qui contribuent à la perte de productivité et doivent également être capable d'évaluer l'impact potentiel sur les opérations en aval.
- Les techniciens de maintenance veillent à ce que les interventions de maintenance soient exécutées dans les délais impartis, ce qui permet à l'installation de fonctionner sans interruption. Le composant OEE doit prévoir les problèmes des machines, établir l'ordre de priorité des tâches de maintenance et recommander les meilleurs moments pour les réparations. Par conséquent, il aide les techniciens de maintenance à effectuer les tâches de maintenance nécessaires dans les délais impartis.
- Les ingénieurs process s'intéressent au rendement des différents processus, à leur efficacité et à leur variabilité relative. Ils se concentrent particulièrement sur les paramètres de processus des composants OEE, les temps de cycle de processus et les KPI des différents processus et machines, qui peuvent être comparés et analysés.
- Les ingénieurs qualité sont chargés de réduire les déchets et les retouches. Les composants OEE donnent des alertes précoces sur les variations de processus et les défaillances de qualité et aident ainsi les ingénieurs qualité à réduire les problèmes, ainsi que les rebuts et les retouches.

Voir la figure 15 à la page suivante.

Avantages de la solution d'entreprise d'IBM pour le personnel clé

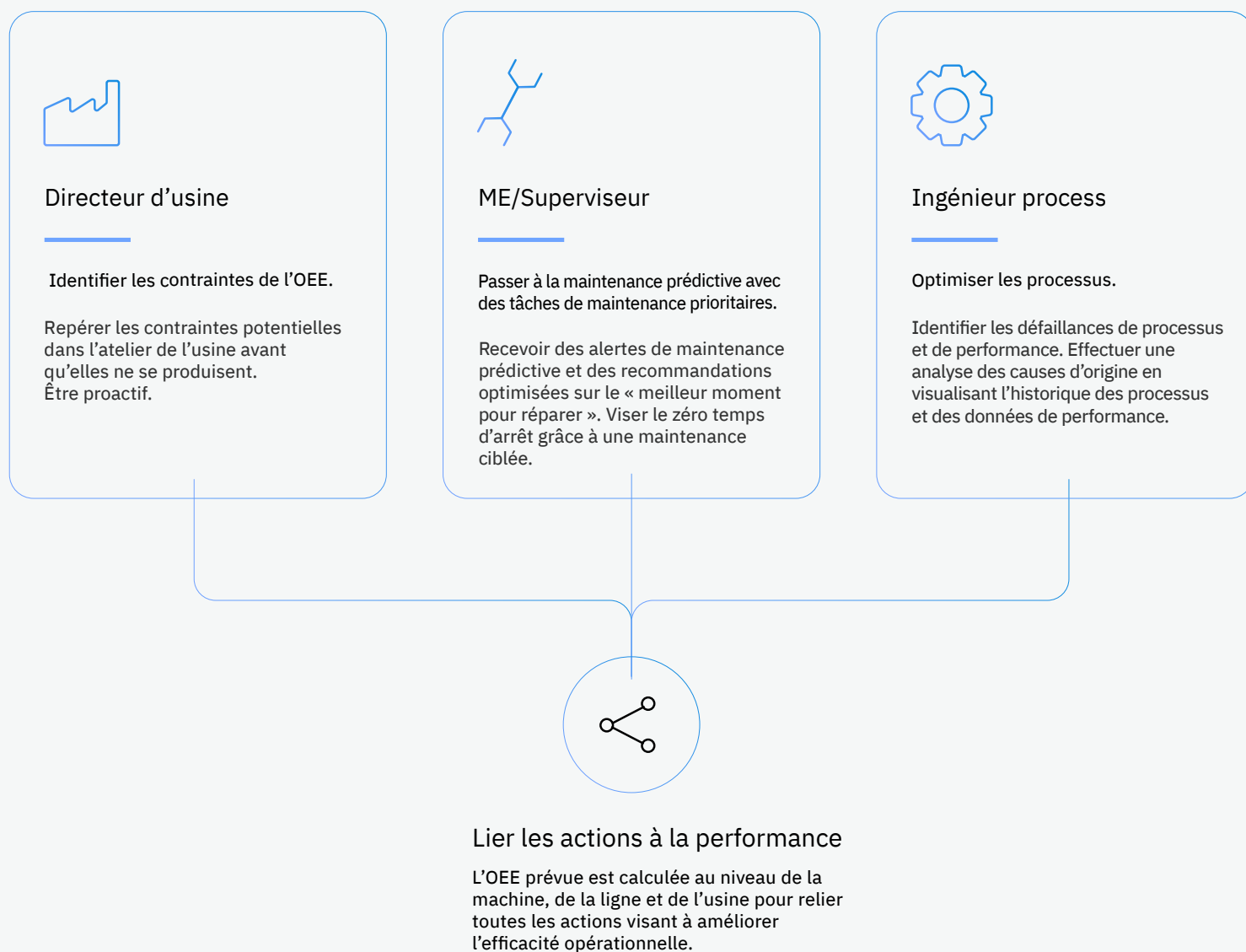


Figure 15 : Avantages de la solution d'entreprise d'IBM pour le personnel clé.

Grâce à l'OEE, nous pouvons appliquer différentes stratégies de maintenance. Chaque stratégie a des avantages différents lorsqu'elle est appliquée au bon équipement et, au contraire, génère des coûts élevés lorsqu'elle est appliquée au mauvais équipement.

- La maintenance réactive vise à remettre en état l'équipement déjà en panne en remplaçant ou en réparant les pièces et les composants défectueux afin de pouvoir fonctionner à nouveau normalement.
- La maintenance préventive vise à inspecter (tests, mesures, ajustements, enregistrement de la détérioration et remplacement des pièces) en fonction du temps (p. ex. après un certain nombre de jours, d'heures d'utilisation ou de cycles). Elle ne tient pas compte de l'utilisation réelle des actifs maintenus.
- La maintenance basée sur l'état utilise l'état réel de l'actif et stipule que la maintenance ne doit être effectuée que lorsque certains indicateurs montrent des signes de diminution du rendement ou de défaillance imminente. Les données d'état peuvent être recueillies par des mesures non invasives, des inspections visuelles, des données de performance et des tests programmés à intervalles réguliers ou en continu (si une machine possède des capteurs internes).
- La maintenance prédictive utilise des algorithmes avancés pour rechercher des modèles d'utilisation d'un équipement et de l'environnement dans lequel il fonctionne, puis met en corrélation ces informations provenant des capteurs avec les pannes passées connues.

Lorsque la maintenance prédictive fonctionne efficacement, la maintenance n'est effectuée que lorsqu'elle est nécessaire, donc juste avant qu'une défaillance ne survienne. Plusieurs critères de criticité des actifs doivent être évalués au moment de décider s'il y a lieu d'appliquer une certaine stratégie de maintenance. En général, plus un équipement est critique pour le bon déroulement des processus de production et l'optimisation des coûts de maintenance, plus la valeur commerciale qu'il doit conserver par la maintenance prédictive est élevée.

La spécification de l'approche de maintenance doit être réévaluée une fois que les modèles analytiques pertinents auront été élaborés. Les résultats de l'analyse peuvent aider à déterminer dans quelle mesure des actifs particuliers sont bien entretenus.

L'évaluation d'un modèle analytique pour un équipement particulier peut démontrer cela :

- **il ne semble pas y avoir d'avantage immédiat à passer à une mesure prédictive pour le calendrier de maintenance ;**
- **les modèles sont suffisamment précis pour réduire les coûts de maintenance et les temps d'arrêt imprévus (l'utilisation de mesures prédictives pour planifier la maintenance est justifiée) ;**
- **il n'y a pas assez de données.**



Sécurité de l'industrie 4.0

La sécurité dans la fabrication est influencée par de multiples facteurs. D'une part, le système informatique connecté à la TO n'est peut-être pas conçu pour faire face aux cybermenaces. D'autre part, les équipements de fabrication intégrés sur les plateformes IIoT peuvent ne pas être conçus conformément aux principes de sécurité ou être équipés de contrôles de sécurité. Les dispositifs compatibles avec l'IoT au sein de l'industrie manufacturière ouvrent de nouvelles surfaces d'attaque et les risques associés qui en découlent sont difficiles à évaluer pour l'infrastructure de TO du client. La figure 16 illustre plus en détail les menaces et les approches potentielles en matière de sécurité.

Sécurité dans l'environnement TO

Un atelier peut typiquement être considéré comme un mélange d'équipements informatiques et d'équipements de fabrication multifournisseurs. Le modèle de hiérarchie de contrôle de la norme ISA95 montre les interdépendances des systèmes : combinaison d'éléments modulaires et d'éléments prêts à l'emploi. Par rapport à un centre de données, les contrôles de sécurité en place sont limités, voire inexistants, et il n'existe pas de normes comparables à ISO 27001.

Hiérarchie de contrôle de la norme ISA95

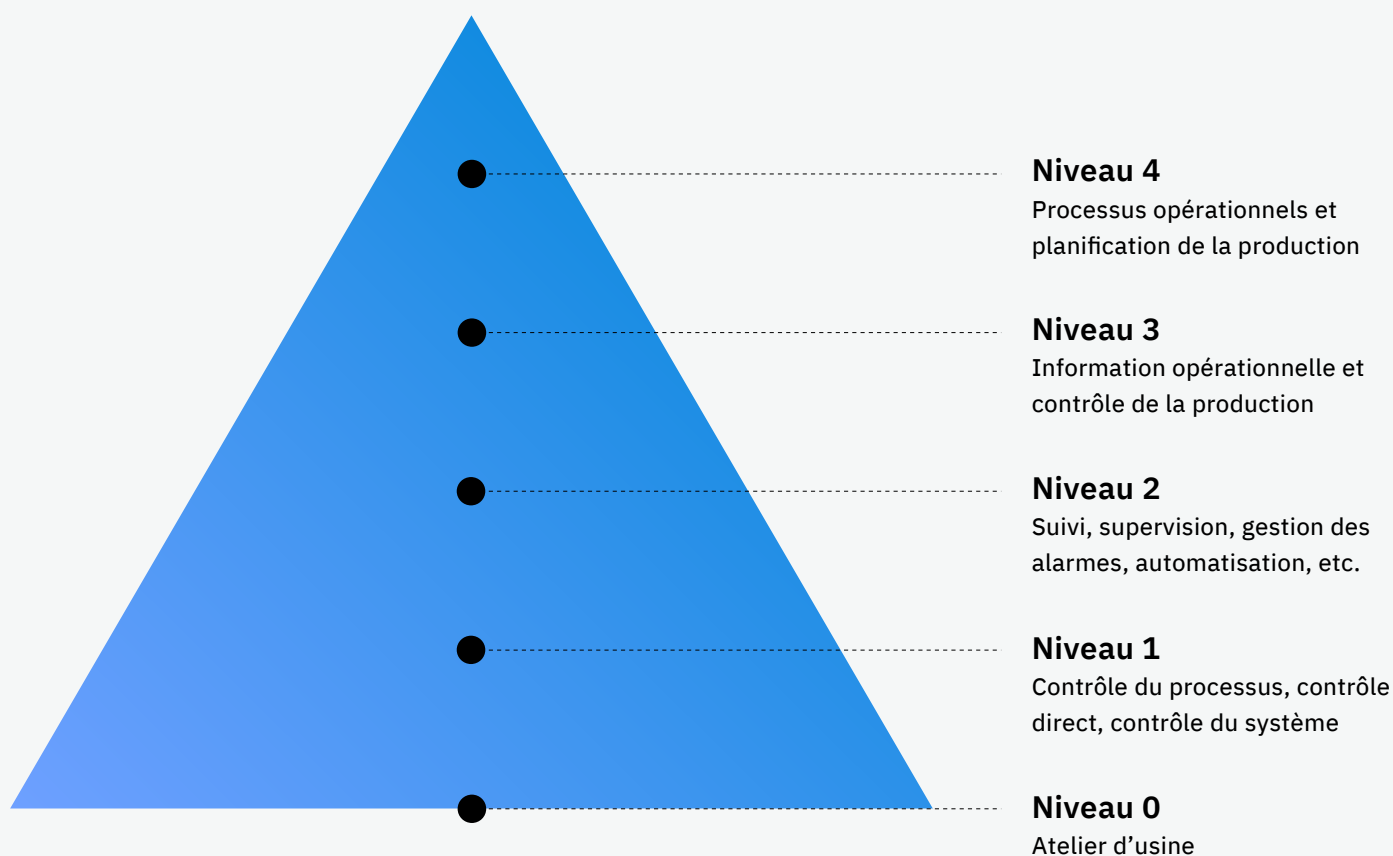


Figure 16 : Hiérarchie de contrôle de la norme ISA95.

Le paysage de la menace se compose d'équipements TO et de réseaux industriels, de personnes exploitant des équipements, d'équipements informatiques connectés à TO et de dispositifs compatibles avec l'IoT. La gestion des vulnérabilités, le contrôle des identités et des accès, ainsi que les fonctionnalités inutilisées sont des cas d'utilisation pour commencer à établir la sécurité et à obtenir des informations de sécurité sur l'infrastructure TO. Des équipements de sécurité dédiés au niveau 1 permettent l'accès aux réseaux industriels ; les systèmes d'information et de gestion d'événements de sécurité (SIEM) permettent la supervision et contribuent à améliorer la maturité (voir figure 17).

Le cas échéant, d'autres contrôles de sécurité pour les environnements informatiques pourraient également être utilisés. La gestion de l'identité et de l'accès des personnes et des équipements, la séparation des niveaux de contrôle et des équipements au sein de l'exploitation fonctionnelle, ou la protection des données conformément à celle-ci, peuvent être confrontées aux cybermenaces et avoir à atténuer les risques. Dans tous les cas, la sécurité TO est un effort commun des unités de fabrication opérationnelles et des services de sécurité informatique.

SIEM QRadar pour TI/TO

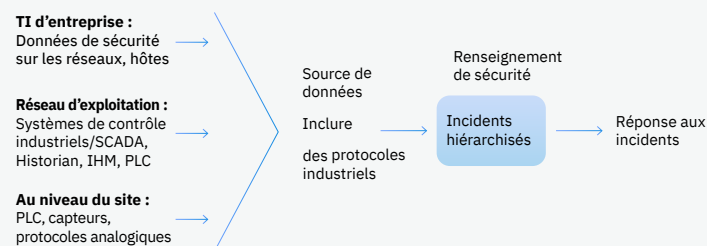


Figure 17 : SIEM QRadar pour TI/TO.

La sécurité dans l'industrie 4.0

Le niveau suivant de la révolution industrielle, l'industrie 4.0, suit différents principes de conception, tels que l'interopérabilité, la transparence de l'information, l'assistance technique, l'autonomie et la répartition des décisions. Elle introduit des systèmes flexibles dont les fonctions ne sont pas liées au matériel, mais sont réparties dans l'ensemble de l'infrastructure. Dans ces nouveaux systèmes, la communication interne peut désormais être observée à tous les niveaux architecturaux (voir figure 16 sur la hiérarchie de contrôle de la norme ISA95).

TI/TO évoluant vers l'industrie 4.0

Cible de sécurité principale :

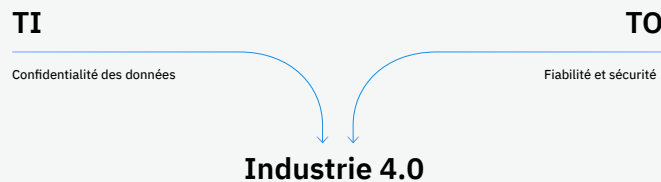
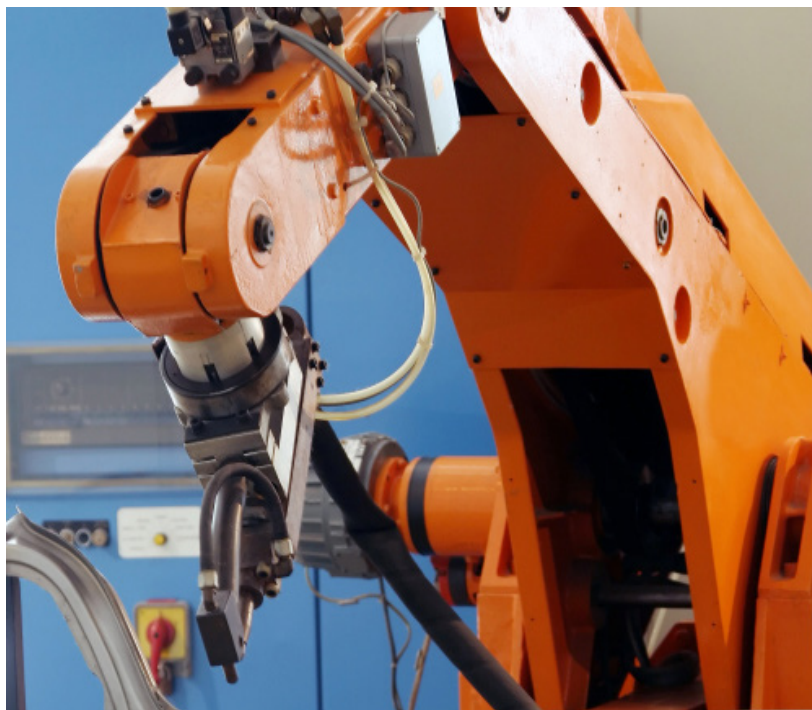


Figure 18 : TI/TO évoluant vers l'industrie 4.0.

L'industrie 4.0 fusionne l'utilisateur final avec les données machine et permet la communication entre machines afin que les composants puissent gérer la production de manière autonome.

Contrairement à l'environnement TO, l'industrie 4.0 présente des défis supplémentaires en matière de sécurité. Tout d'abord, les opérations de sécurité doivent passer d'une vue de dispositif à une vue de processus qui reflète une demande de grande envergure et nécessite des contrôles de sécurité comparables dans l'ensemble de l'architecture (p. ex. gestion des identités et des accès). L'architecture distribuée et interopérable d'Industrie 4.0 génère des connexions supplémentaires, ce qui accroît les efforts de surveillance. Les systèmes existants, les composants vulnérables ou les protocoles non sécurisés peuvent mettre en danger les opérations de sécurité.

En général, l'infrastructure Industrie 4.0 répartie dans des installations multinationales est confrontée à de nombreuses cybermenaces. Les systèmes de contrôle industriels, les passerelles IoT, les capteurs et les actionneurs sont actuellement considérés comme les plus critiques par IBM Security. Étant donné que l'impact d'une attaque peut être important (de l'arrêt de production aux dommages graves à l'équipement et au personnel), il est important d'accorder la plus grande attention à ce sujet.



Les meilleures pratiques pour sécuriser l'infrastructure de l'industrie 4.0 associent politique, organisation et technologie. Certaines pratiques exemplaires sont énumérées ci-dessous.

Meilleures pratiques en termes de sécurité de l'Industrie 4.0

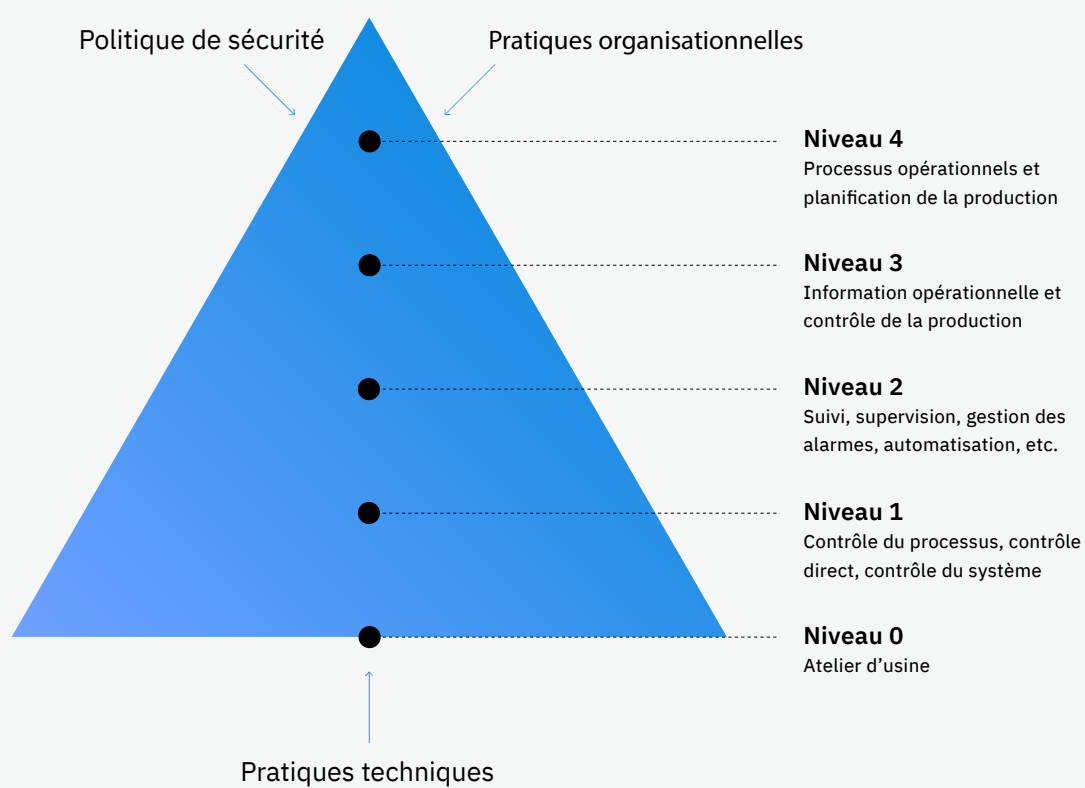


Figure 19 : Meilleures pratiques pour la sécurité de l'industrie 4.0

Politique

- Évaluation des menaces et des risques : Efforts continus d'analyse des cybermenaces et des risques connexes pour la fabrication
- Sécurisation par conception : Principe directeur essentiel

Organisation

- Gestion du cycle de vie : Gestion de plusieurs dispositifs de différents âges provenant de divers tiers
- Gestion des incidents : Être prêt à résoudre les incidents qui se produiront inévitablement
- Gestion de la vulnérabilité : Gérer et éliminer les vulnérabilités de l'infrastructure de l'industrie 4.0

Technologie

- Les contrôles de sécurité ci-dessous sont bien connus en informatique, mais ne sont pas disponibles de façon globale pour l'infrastructure Industrie 4.0.
- Surveillance de la sécurité
- Sécurité des données
- Sécurité des infrastructures
- Gestion des identités et des accès
- Gestion des logiciels/configurations

Les entreprises qui s'intéressent aujourd'hui à la sécurité des TO dans les environnements industriels bénéficieront de l'expérience de celles qui ont de l'expérience en matière de sécurité pour répondre aux besoins de l'industrie 4.0. IBM fait partie du groupe de travail d'Industrie 4.0, qui élabore les meilleures pratiques en matière de sécurité.

Modèle de déploiement

Les composants doivent pouvoir être déployés au niveau de la périphérie, de l'atelier et au niveau informatique central ou d'IBM Cloud. En ce qui concerne IBM Cloud, nous offrons une plateforme sous forme de service (PaaS) et développons des chaînes d'outils pour créer, exécuter et gérer des applications sur IBM IoT Platform. Basé sur la technologie open-source Cloud Foundry et Docker, il pourrait servir de lieu où les développeurs peuvent aller et créer, déployer et gérer rapidement des applications dans le cloud sans avoir à gérer l'infrastructure sous-jacente. En tout état de cause, le niveau d'hybridation des clouds devrait être déterminé en fonction des exigences fonctionnelles et non fonctionnelles. Le déploiement physique de l'architecture est toujours un compromis entre les coûts (par exemple, stockage, volume, SLA) et les fonctionnalités.

IBM est très flexible en termes de modèles de déploiement de cloud puisque nous utilisons des technologies d'infrastructure clés reconnues sur le marché. En plus des composants installés sur les périphéries ou dans l'atelier (sur site), notre stratégie de cloud consiste à utiliser les technologies Open Shift, Docker et Kubernetes pour faciliter le déploiement des composants clients et IBM n'importe où (pas seulement dans

IBM Cloud). ICP (IBM Cloud Private) s'appuie sur Docker et Kubernetes puisque beaucoup de nos clients adoptent une approche de cloud hybride.

Nos services**Commencez rapidement avec le procédé de conception et la méthode Garage Method.**

La méthode IBM Cloud Garage™ Method est l'approche d'IBM qui permet aux entreprises, au développement et aux opérations de concevoir, fournir et valider en continu des solutions de la périphérie à l'usine et à l'informatique centrale. Les pratiques, architectures et chaînes d'outils couvrent l'ensemble du cycle de vie du produit, depuis sa conception, grâce à la saisie et la réponse aux commentaires des utilisateurs.

La méthode IBM Cloud Garage a été utilisée avec succès dans le cadre de nombreuses transformations de la fabrication numérique en combinant des actifs tels que les normes de l'industrie, des analyses dédiées sur l'espace de fabrication, des services de livraison et une approche de procédé de conception. La méthode IBM Cloud Garage Method est parfaite pour fournir rapidement une première démonstration de concept (PoC).

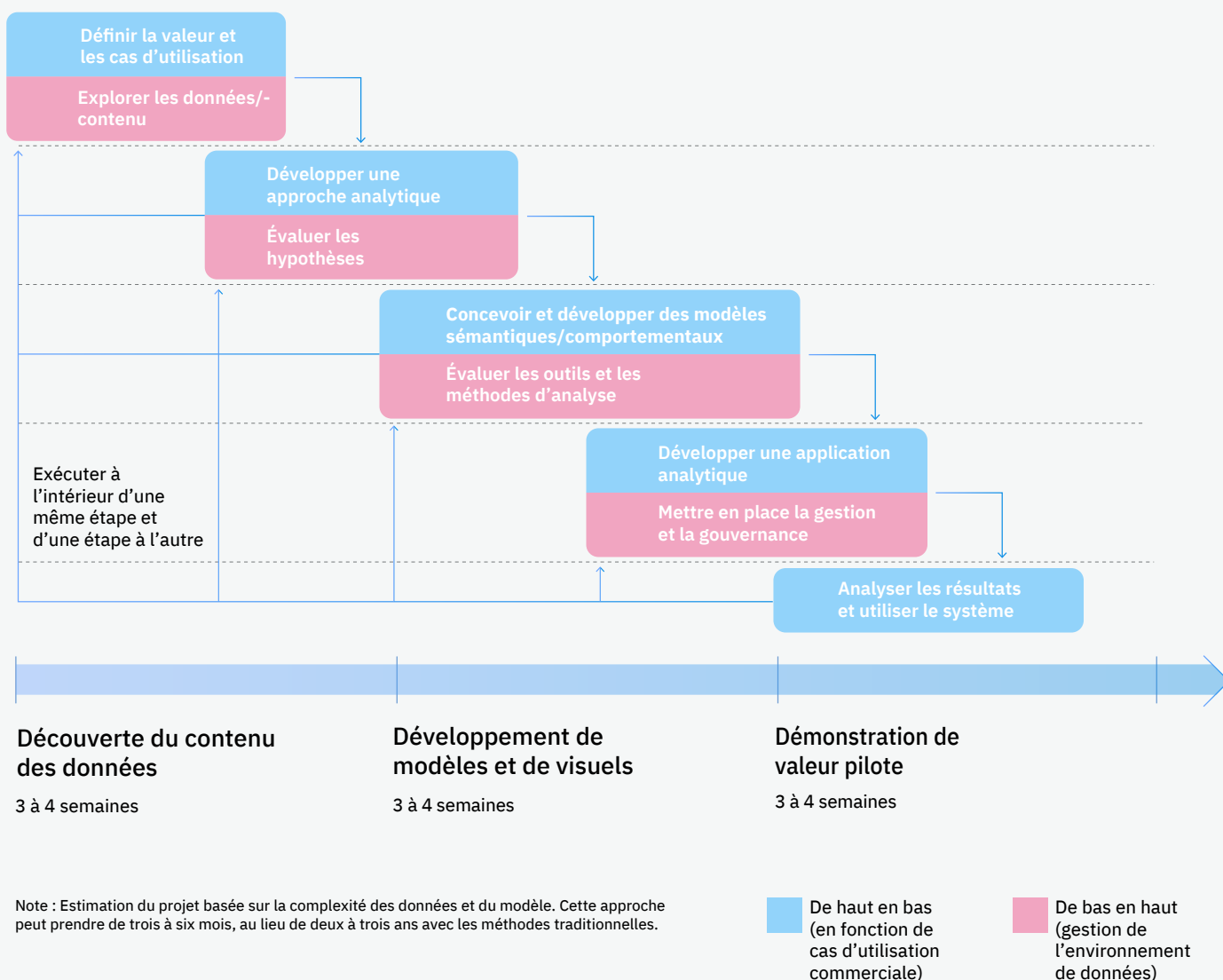
Élaborer le premier produit minimum viable (MVP) ou pilote.

Le premier MVP ou pilote doit être motivé par les cas d'utilisation les plus prioritaires et les résultats des activités de préparation des données (c.-à-d. l'examen de la stratégie de TI/TO, l'évaluation des sources de données et les questions de sécurité).

Tout MVP doit reposer sur une architecture solide. Pour atteindre cet objectif, IBM recommande une approche ascendante : Installez et déployez tous les intergiciels aux niveaux de l'atelier et de l'analyse de la périphérie avant de commencer l'élaboration de tout cas d'utilisation. Cette étape doit être considérée comme une condition préalable.

L'approche doit rester agile, grâce à un processus itératif et incrémentiel qui commence probablement à partir de cas d'utilisation tels que la visualisation de la production, la modélisation des données ou l'intégration de tiers. Nous aidons nos clients à séquencer les cas d'utilisation au moyen d'une feuille de route et d'un plan de projet mesuré. Pour mettre en œuvre le MVP ou le pilote, IBM propose aux clients d'utiliser notre méthode de produit MVP.

Vue d'ensemble des méthodes pour les produits minimum viables



Note : Estimation du projet basée sur la complexité des données et du modèle. Cette approche peut prendre de trois à six mois, au lieu de deux à trois ans avec les méthodes traditionnelles.

Figure 20 : Vue d'ensemble des méthodes de produit minimum viable.

Une fois les intergiciels en place sur le premier MVP, un effort doit être fait pour analyser chaque cas d'utilisation et évaluer 1) la complexité de la conception des transformations de flux de données, 2) la complexité de la modélisation des algorithmes, et 3) la difficulté de développement du tableau de bord.

Pour accélérer ces activités, IBM propose d'utiliser les applications industrielles contenues dans la suite de solutions IoT et Watson IA d'IBM pour les entreprises industrielles et d'évaluer leur niveau de couverture pour déterminer les cas d'utilisation à mettre en œuvre.



L'analyse des besoins non fonctionnels doit également être abordée lors du premier MVP pour définir le plus tôt possible le plan de développement. Cette analyse est très importante parce qu'elle soutient le processus de décision lié aux différents scénarios de déploiement entre les niveaux périphérie, usine et entreprise.

À cet égard, nous devons prendre en considération :

- le niveau d'architecture de résilience avec une haute disponibilité,
- les normes de sécurité requises pour un atelier connecté, et
- le choix d'analyses locales d'usine ou de fabrication avec une faible latence au niveau de l'usine ou au niveau central avec des capacités plus puissantes (lac de données).

Concevoir la feuille de route : Approche de projet pour le déploiement

Après la mise en œuvre et l'exécution du premier MVP, les bases de l'architecture de base (c'est-à-dire l'évaluation de l'évolutivité et de la gestion des performances) sont censées être en place. Les principales décisions architecturales doivent être validées et documentées.

À cet égard, IBM considère que les trois cas d'utilisation, visualisation de la production, modélisation des données et intégrations par des tiers, sont des éléments essentiels pour établir l'architecture lors du premier MVP.

Au minimum, du point de vue de l'utilisateur final, l'architecture doit être capable de :

- surveiller l'état de santé de l'équipement et des systèmes
- visualiser les données et alerter les opérateurs.

Du point de vue de la solution, il doit être capable de :

- obtenir des données de bonne qualité à partir des périphériques de sortie,
- disposer de capteurs robustes et de capacités de pointe en termes de performances,
- s'assurer que les flux passent par la PSB,
- exposer un premier ensemble minimum d'interfaces normalisées entre l'informatique de la périphérie, de l'usine et centrale, et
- fonctionnent idéalement par le biais d'une approche exécutable basée sur des modèles pour accélérer le développement.

Par la suite, d'autres cas d'utilisation pourraient être mis en œuvre et séquencés au cours des phases suivantes. Un exemple d'une feuille de route et d'une approche de projet est donné à la figure 21.

Feuille de route : Exemple d'approche de projet pour le déploiement

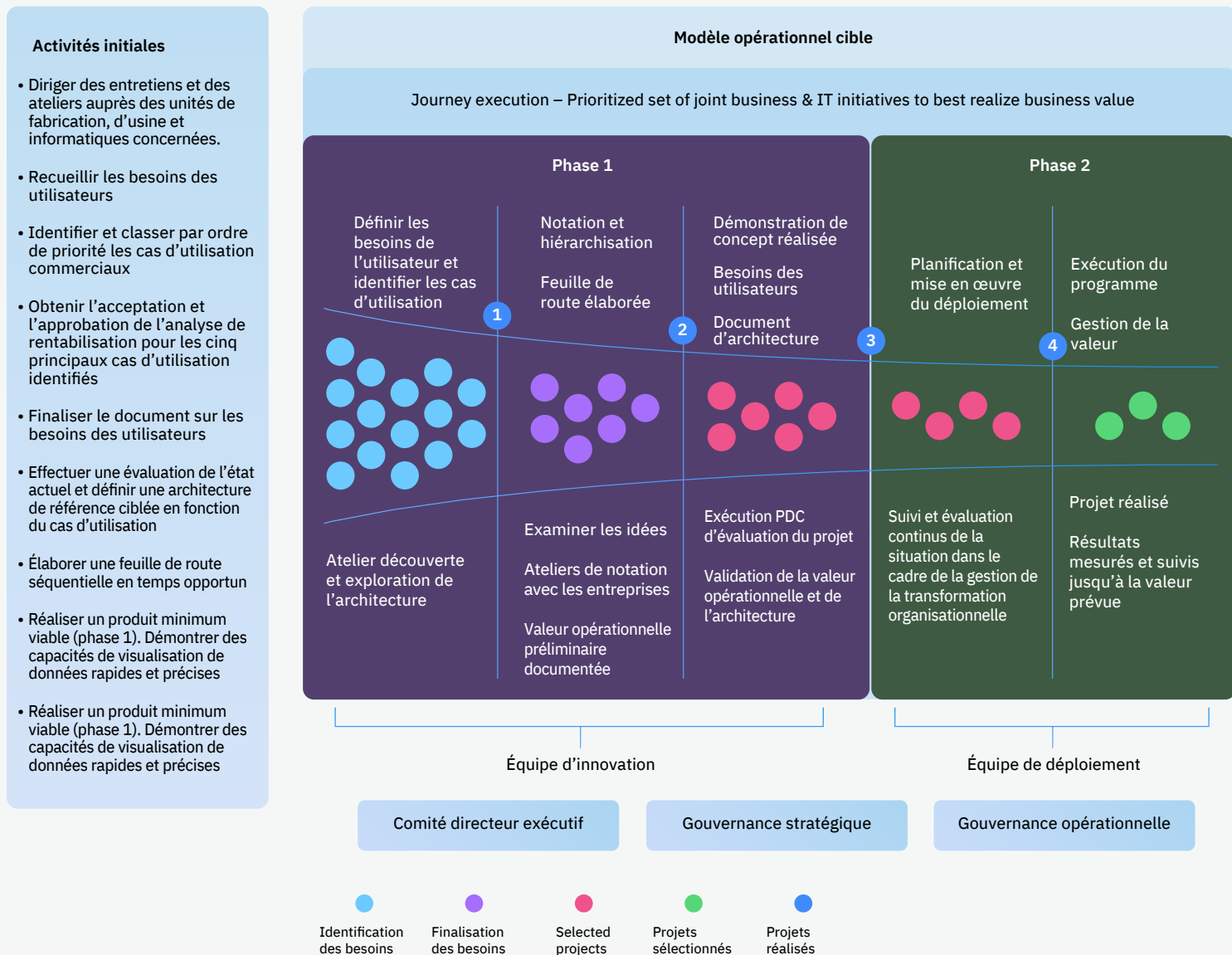


Figure 21 : Feuille de route : Exemple d'approche de projet pour le déploiement.

Exploration et innovation : Conception axée sur l'utilisateur et usine DevOps

Exploration et innovation : Conception axée sur l'utilisateur et usine DevOps

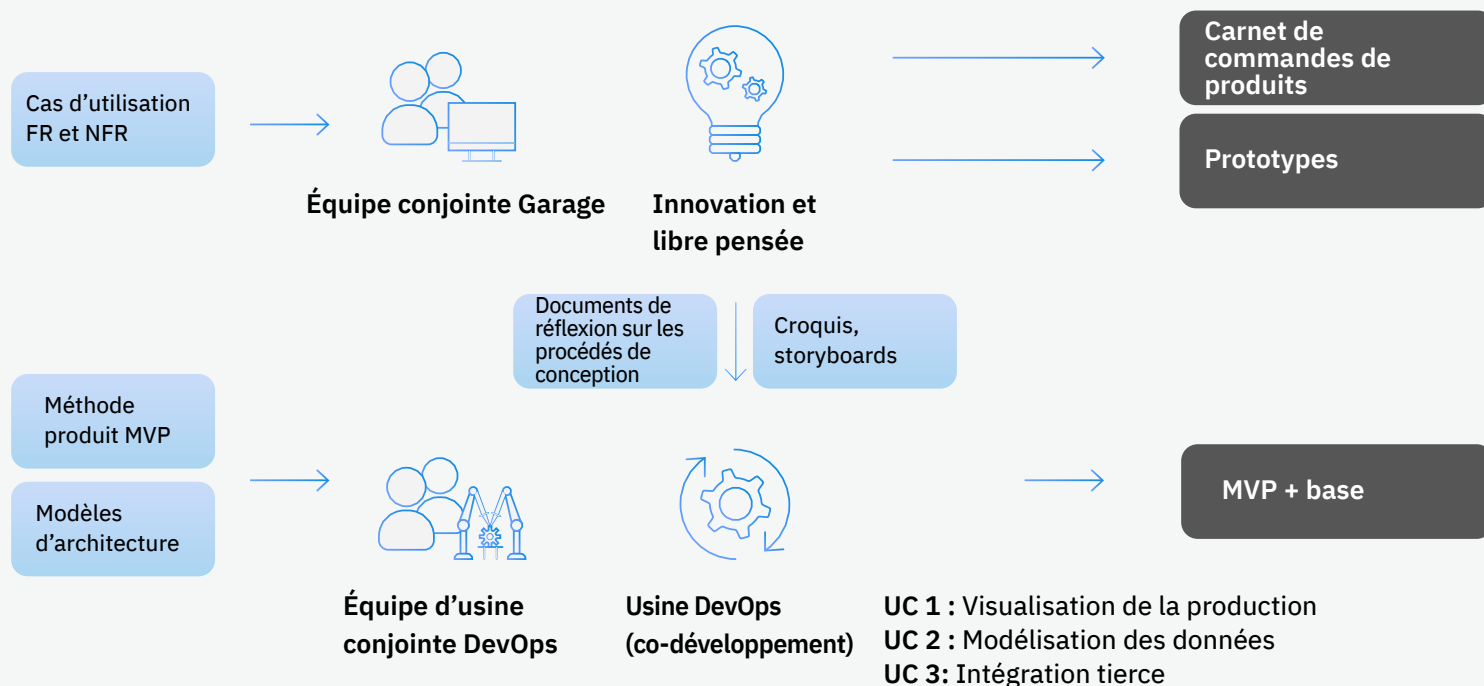


Figure 22 : Exploration et innovation : Conception axée sur l'utilisateur et usine DevOps.

Au niveau de Garage, IBM se concentre sur la définition d'histoires d'utilisateurs et de prototypes à travers trois éléments clés : la méthodologie, les concepteurs et les installations.

- Notre méthodologie de procédé de conception définit efficacement les histoires d'utilisateurs, les services aux personnes, les cas d'utilisation et les prototypes.
- Des ingénieurs expérimentés, des concepteurs et des experts en expérience utilisateur consultent des spécialistes en la matière pour élaborer les histoires d'utilisateurs et les prototypes respectifs.
- Nos zones d'installations spécifiques mettent oeuvre efficacement des ateliers de de procédés de conception et des courses à la conception de prototypes.

Le Garage sera utilisé par différentes équipes de projet et spécialistes pour combler le retard accumulé en matière de produits pour le brainstorming, la réflexion et le développement.

Centre d'architecture IBM

Pour accélérer le processus d'élaboration et de conception de l'architecture, IBM propose d'utiliser l'un de ses actifs spécifiques de propriété intellectuelle.

L'IBM Architecture Center propose des architectures de référence basées sur l'interaction de notre équipe d'experts avec nos clients. Les solutions et les exemples de chaque architecture fournissent une feuille de route pour construire, étendre et déployer une application. Pour en savoir plus sur l'IBM Architecture Center [cliquez ici](#).

Une architecture de référence est un modèle de solution qui utilise un ensemble de pratiques, de services et d'outils. Les architectures de référence s'appuient sur des cas d'utilisation client et sont basées sur des standards ouverts de l'industrie. Les implémentations montrent comment étendre, construire, déployer et gérer des échantillons de code en utilisant les services, chaînes d'outils et outils proposés.

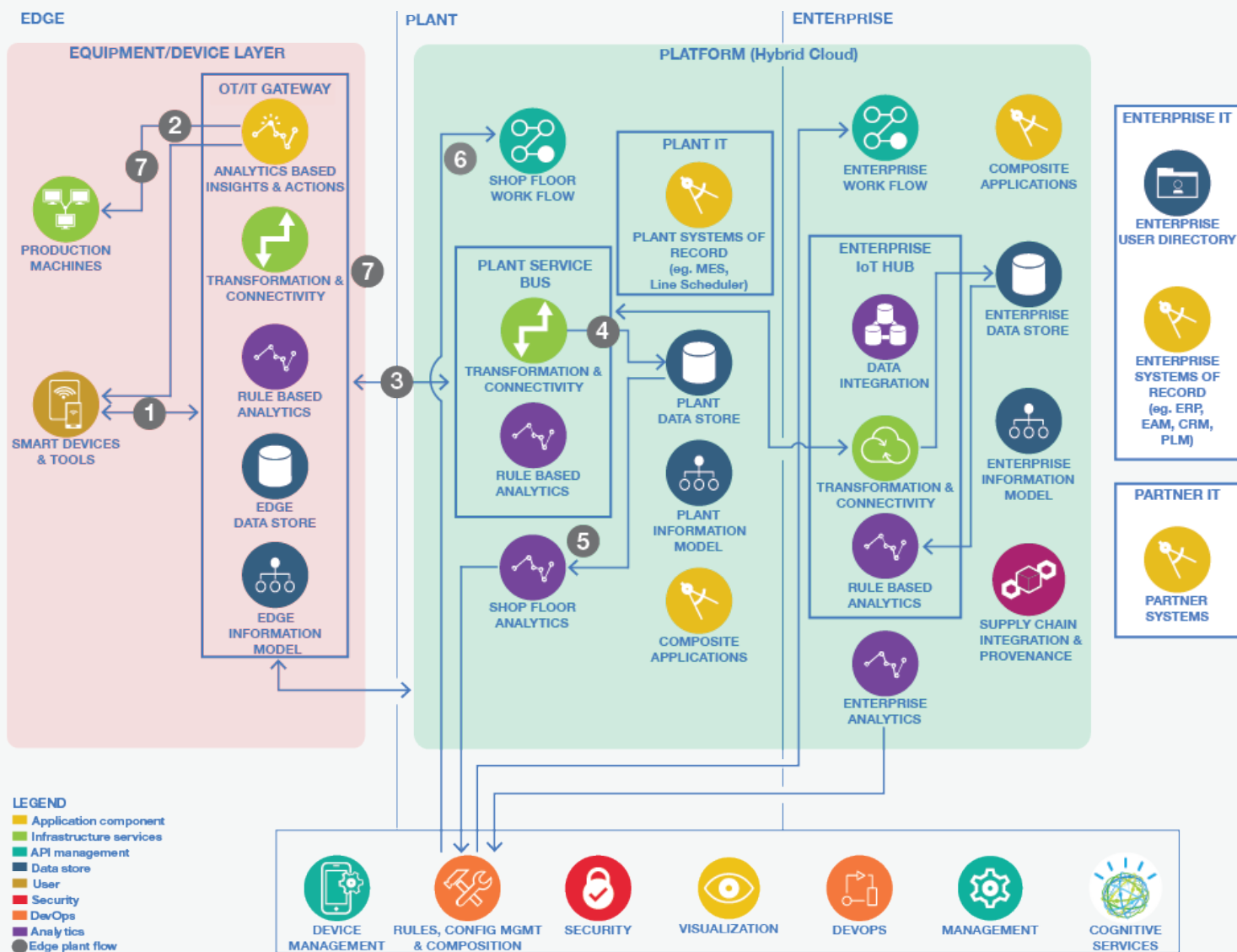


Figure 23 : Modèle d'architecture Industrie 4.0.

Conclusion

IBM dispose de toutes les capacités, références, méthodologies et expertises fonctionnelles/techniques nécessaires pour assurer aux clients industriels la meilleure mise en œuvre des technologies d'Industrie 4.0.

La meilleure pratique d'IBM consiste à proposer la création d'un partenariat stratégique à long terme dans le cadre duquel IBM et ses clients exécuteront conjointement des projets, des programmes et des opérations gérées au cours des prochaines années.

Du point de vue des solutions, IBM restera agnostique et neutre en ce qui concerne l'équipement physique et les systèmes de fabrication ; IBM a prouvé qu'il peut aider le marché à standardiser la variété des systèmes, équipements et fournisseurs déjà déployés.

Dans le contexte du marché industriel, IBM peut être un partenaire stratégique et fournir des solutions et une expertise de pointe, gérer un écosystème complexe de partenaires et soutenir chaque étape du parcours du client à l'échelle mondiale et locale.

Annexe et cas d'utilisation

Étude de cas : Transformation fictive de l'atelier

Une entreprise fictive que nous appellerons Smart ManDevFactory a fait l'acquisition d'un programme qui tirera parti des éléments de la transformation numérique pour améliorer ses performances et son efficacité de fabrication. Pour ce faire, elle s'appuiera sur un ensemble de technologies perturbatrices, telles que le big data, l'analyse et les techniques cognitives.

L'initiative globale est liée à la création d'un nouveau programme d'entreprise appelé Digital Factory Industry 4.0. L'objectif principal de la transformation numérique au niveau de la fabrication est de déterminer un fournisseur principal qui peut soutenir chaque étape de la feuille de route à l'échelle mondiale.

Smart ManDevFactory souhaite harmoniser les processus et les meilleures pratiques, sécuriser les activités commerciales et diffuser les technologies les plus innovantes dans ses installations de production mondiales.

Pour commencer le parcours avec agilité, IBM et Smart ManDevFactory ont organisé un atelier de réflexion sur les procédés de conception. Une partie de l'atelier comprenait une session d'innovation et d'idéation, qui visait à informer les membres de Smart ManDevFactory des dernières tendances du marché en termes d'analyse et de solutions cognitives, y compris les perspectives et les dernières avancées d'IBM.

Plusieurs solutions qui couvraient l'industrie de Smart ManDevFactory, ainsi que les industries secondaires qui pourraient encore inspirer les participants, ont été présentées. La séance a été suivie d'exercices interactifs axés sur la découverte des points faibles de Smart ManDevFactory en tirant parti de l'approche des personnes et d'exercices choisis dans le cadre de la réflexion sur les procédés de conception d'IBM.



Figure 24 : Des espaces de réflexion sur les procédés de conception.

Pour fournir rapidement des résultats d'affaires visibles et quantifiables, Smart ManDevFactory a décidé de lancer trois MVP (produits minimum viables) extraits d'une liste d'opportunités d'atelier numérique identifiées au niveau de l'entreprise.

Les MVP représentent des cas d'utilisation typiques que Smart ManDevFactory aimerait traiter avec une solution IIoT unifiée (IoT industriel).

Smart ManDevFactory attendait une proposition technique basée sur une plateforme unique capable de gérer les cas d'utilisation actuels et futurs et de répondre aux besoins de l'atelier avec la possibilité d'installer un intergiciel local.

Au-delà de l'ajout d'une nouvelle chaîne d'outils dans l'environnement informatique de l'atelier Smart ManDevFactory, la demande porte sur l'intégration d'une solution fluide et simple dans le paysage informatique existant de Smart ManDevFactory avec le côté automatisé des usines Smart ManDevFactory, mais aussi avec leur MES (système d'exécution de fabrication, comme Delmia Apriso) et l'ERP (système de planification des ressources d'entreprise, comme SAP).

IBM propose donc une solution basée sur trois niveaux : périphérie (atelier), usine et entreprise.

1. Niveau de la périphérie (atelier)

C'est la partie la plus physique de l'usine, où les activités liées aux produits sont effectuées par les opérateurs, les travailleurs et les techniciens. Pour les projets innovants, il est essentiel de faire ici le lien entre TO (technologie d'exploitation) et TI (technologie de l'information). Les passerelles industrielles (ou systèmes SCADA) relieront les

deux mondes des protocoles de terrain (Modbus, ProfiNet, etc.) aux standards informatiques (MQTT/JSON, REST API, etc.), en obtenant la plupart des informations en temps réel des machines de gestion PLC. Un premier niveau de transformation, de filtrage ou d'analyse peut se produire à la périphérie lorsqu'il est recommandé d'exécuter des activités le plus près possible de la source.

2. Niveau de l'usine

À l'intérieur de chaque usine, un bus de service (bus de service d'usine, ou PSB) orchestre les activités locales et la connectivité avec l'environnement physique via des passerelles IIoT ou des communications SCADA. Le PSB a donc une double visibilité (TO et TI), enrichissant l'information avec des applications locales, des MES ou toute autre application impliquée dans le processus de fabrication.

3. Niveau de l'entreprise

IBM Maximo APM Predictive Maintenance Insights est l'un des modules de la suite de solutions EAM d'IBM qui analyse toutes les informations fournies par les niveaux inférieurs. Cette partie offre un stockage d'informations à des fins de visualisation et d'analyse. Parce que la portée de ce projet n'est pas seulement orientée sur les TI « virtuelles numériques », IBM a sélectionné trois partenaires pour réaliser la solution de bout en bout : **Hilscher** (partenaire 1) fournit des protocoles de terrain via une passerelle MQTT (Modbus, EtherNet/IP, ProfiNet) ; **Arenzi** (partenaire 2) déploie une solution de localisation intérieure haute définition en temps réel ; et **Ubleam** (partenaire 3) fournit des capacités avancées de tag pour scanner les machines et afficher des informations interactives avec réalité augmentée. **Sigfox** le réseau est utilisé directement entre les capteurs et la plateforme IoT pour certains cas d'utilisation spécifiques.

ARCHITECTURE D'INDUSTRIE 4.0

3 couches

- **Atelier**
 - **Usine**
 - **Cloud computing**
- **Standards ouverts**
 - **Sécurisé et évolutif**
 - **Microservices**
 - **Extension auprès des partenaires**

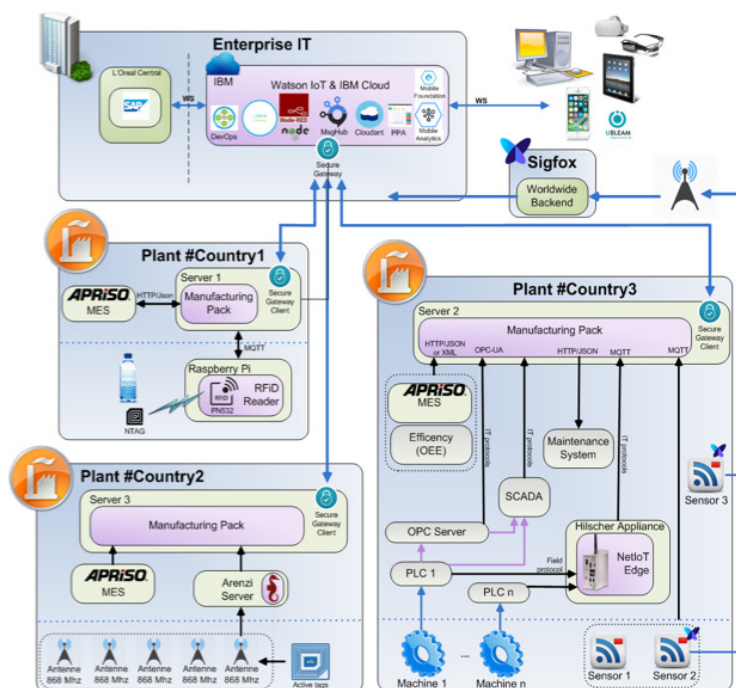


Figure 25 : Architecture typique de l'industrie 4.0.

1. Présentation des cas d'utilisation

Comme indiqué dans les sections précédentes, Industrie 4.0 n'est pas seulement une question de connexion des machines au cloud ; c'est aussi une question de connexion des « activités de l'usine ». Dans un premier temps, cette approche consiste à se concentrer sur les produits, les machines et les personnes.

La fabrication et la production de produits finis est sans aucun doute une finalité de l'usine. Cependant, pour faire son travail, les machines d'usine doivent être efficaces, c'est-à-dire qu'elles doivent avoir les bons intrants de matières premières, la bonne largeur de bande de sortie, la température appropriée, la bonne pression, etc. En plus des machines, les opérateurs, les techniciens et les responsables sont là pour effectuer leur travail et optimiser l'efficacité globale.

L'approche consiste à accroître les capacités de toutes les entités concernées afin de les rendre plus efficaces et plus productives, avec moins d'erreurs, d'arrêts et de défaillances, et une meilleure compréhension de toutes les informations.

2. Cas d'utilisation n° 1 – produit amélioré

Soucieux d'apporter plus de valeur au client final et de gagner en agilité dans ses opérations, Smart ManDevFactory est prête à accroître la traçabilité au niveau du produit, de la chaîne d'approvisionnement aux points de vente, en rationalisant les activités de détail et en améliorant l'expérience client.

Objectif : Ce cas d'utilisation est principalement à des fins de marketing. Il servira à valider les capacités techniques de la solution, de la capture de l'identification du produit, au stockage et à la présentation de l'information, en passant par le client final, comme une promotion ciblée.

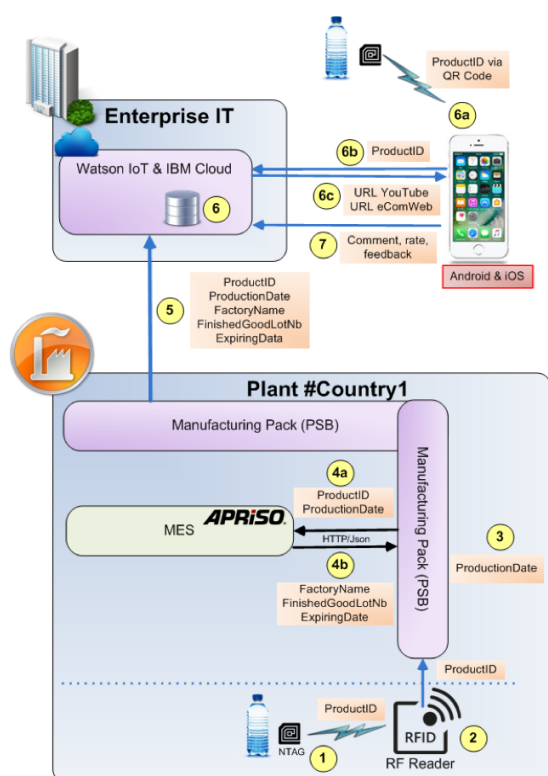


Figure 26 : Cas d'utilisation 1 : Produit amélioré.

Il est très important de garder l'ID du produit unique. Cette illustration est basée sur un tag de communication en champ proche (NFC) unique lié à un produit. IBM peut également faire la démonstration de solutions basées sur le code QR ou le code-barres.

Ces trois alternatives devraient être remises en question lors des séances de réflexion sur la conception et l'architecture. Cet ID unique peut être au niveau du produit ou du lot selon les besoins et les volumes de l'entreprise.

3. Cas d'utilisation n° 2 – équipement amélioré

L'objectif de ce cas d'utilisation est de collecter les données des machines et de les utiliser pour optimiser leur pilotage et leurs performances avec un tableau de bord et des analyses en temps réel.

Objectif : Ce cas d'utilisation présente la possibilité de se connecter à un automate programmable, de collecter des données, de les publier dans un tableau de bord en temps réel et de les traiter avec des analyses, une analyse de corrélations, la recherche des causes d'origine et une maintenance prédictive.

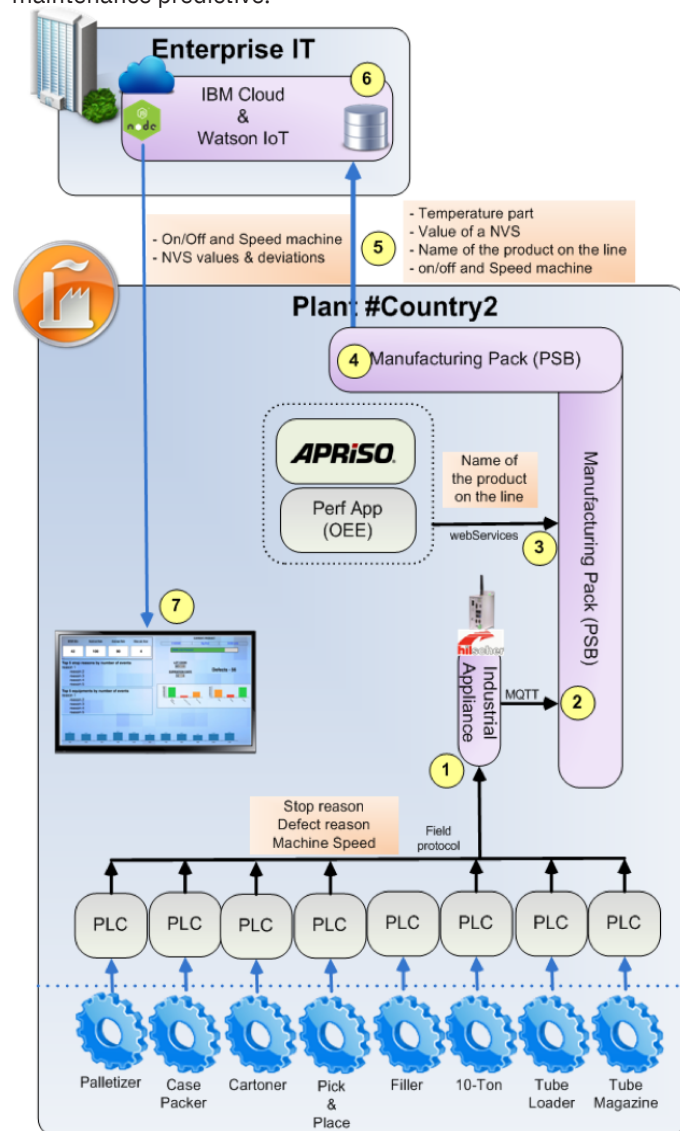


Figure 27 : Cas d'utilisation 2 : Équipement amélioré.

4. Cas d'utilisation n° 3 – opérateur amélioré

Le cas d'utilisation de la conversion aidera les opérateurs de la ligne d'emballage à réaliser les tâches de conversion conformément aux normes EHS et de performance de Smart ManDevFactory. L'accent est mis ici sur le moment où les opérateurs doivent passer d'une série A à une série B.

De nombreuses activités sont nécessaires pour exécuter la tâche « Nettoyer le produit A » puis « Nettoyer le produit B ». Mais pour atteindre l'objectif de qualité de référence, les activités des deux tâches ne peuvent être combinées.

Ces opérations peuvent être, par exemple, le bouchage/débranchement de tuyaux, le nettoyage, la désinfection et le changement d'emballage.

Tout cela dépend de ce qui a été produit auparavant et de ce qui doit être produit par la suite. Cette phase peut durer quelques heures. Si l'opérateur le moins efficace peut travailler à proximité de l'opérateur le plus rapide, cela a un impact énorme sur la productivité d'une ligne.

Objectif : Améliorer l'agilité dans la production de petites séries et dans le changement rapide des produits finis fabriqués tout en maintenant la qualité.

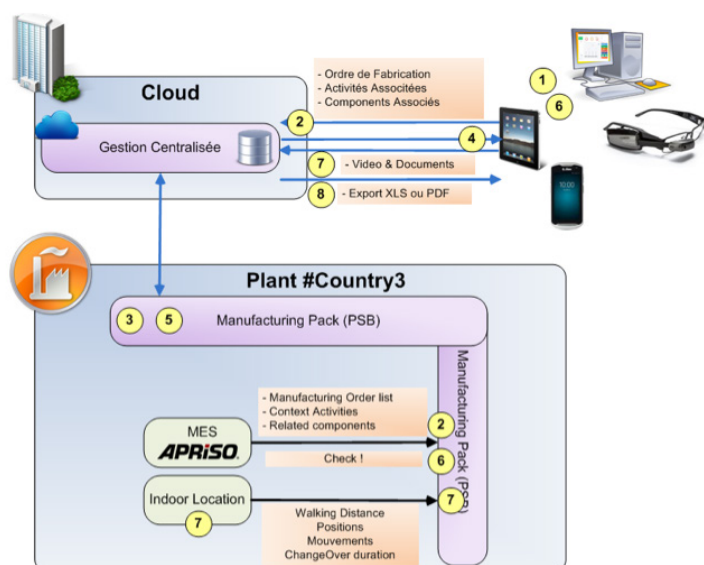


Figure 28 : Cas d'utilisation 3 : Opérateur amélioré.

Un assistant cognitif pourrait aider à rendre ce cas d'utilisation plus efficace en utilisant l'API cognitive fournie par IBM Cloud pour une conversation ou la reconnaissance d'images. Au cours de la phase de réflexion sur les procédés de conception d'IBM, il est très important de remettre en question l'appareil le plus approprié pour les opérateurs dans leurs activités quotidiennes : Il peut s'agir de téléphones mobiles, de tablettes, de grands écrans ou d'appareils de réalité augmentée.

5. Autres cas d'utilisation examinés

Les trois cas d'utilisation précédents peuvent être considérés comme de bons candidats comme MVP à utiliser pour comprendre, vérifier et valider l'approche Industrie 4.0 en seulement quelques mois.

En plus de ceux-ci, il est possible d'en choisir d'autres, à savoir :

- des drones pour contrôler les bâtiments avec reconnaissance d'images
- la gestion de la température et de l'humidité du bâtiment
- les économies d'eau
- le suivi des pièces connectées entre les sites
- des assistants cognitifs pour aider les techniciens de maintenance
- un apprentissage complet pour mieux comprendre les recettes et les défauts de fabrication
- l'intelligence artificielle pour améliorer globalement l'OEE

De nombreux cas d'utilisation d'une transformation numérique Industrie 4.0 peuvent être testés et mis en œuvre avec une forte implication des personnes qui les utiliseront au quotidien (c'est-à-dire les personnes qui travaillent dans les usines). Il est très important de penser à tout dès le départ en tenant compte des différents types d'emplois (opérateurs, techniciens, responsables, directeurs, informaticiens, manufacturiers, consultants et intervenants économiques).

Auteurs

Serge Bonnaud

**responsable technique, IBM Europe, secteur industriel
IBM**

Depuis 1998, Serge travaille dans le domaine du développement logiciel et de l'ingénierie système. Il a également pris part à l'industrie de la santé, avec le développement de systèmes d'analyse de données médicales ou l'automatisation de l'activité des pharmacies.

Il a rejoint IBM en 2004 après avoir travaillé chez Verilog, CSEE, Rational Software et Thomson Software Products. Serge a participé en tant qu'architecte à divers projets d'Internet des Objets (IoT) utilisant de grandes technologies de données et d'analyse.

Il a également participé au déploiement d'IBM Watson IoT for Automotive, la solution d'IBM pour les véhicules connectés. Depuis 2016, il occupe le poste de leader technique dans le domaine de l'industrie chez IBM Europe.

LinkedIn <https://fr.linkedin.com/in/serge-bonnaud-97b1527> ;
Twitter [@serge_bonnaud](https://twitter.com/serge_bonnaud)

Christophe Didier

**Directeur technique France de l'internet des objets
IBM**

Christophe travaille depuis 20 ans sur des projets d'intégration complexes en tant que spécialiste, chef de projet technique, architecte et expert en Integration, Mobile et Smarter Cities.

Il a passé 16 ans chez IBM Global Business Services, où il a principalement analysé les problématiques EAI, SOA, BPM et Smarter Cities, et conçu et mis en œuvre des solutions innovantes pour des clients de l'industrie et du secteur public.

Il a été nommé architecte exécutif en 2013 et est directeur technique de l'IoT (Internet des objets) chez IBM France.

Il est titulaire d'une maîtrise en intelligence artificielle (EPITA, France) et d'un MBA (Warwick Business School, Angleterre).

LinkedIn <https://www.linkedin.com/in/christophe-didier-bb9b425/> ;
Twitter [@ChristofDidier](https://twitter.com/ChristofDidier)

Arndt Kohler

**directeur de la sécurité liée à l'Internet des Objets, Europe
IBM Security**

Depuis 1995, Arndt est actif chez IBM dans le cadre de l'intégration de systèmes et le développement de solutions dans de multiples environnements, tels que la mobilité, l'identification par radiofréquence, les communications unifiées et la sécurité. Il est consultant exécutif et architecte certifié, et a été nommé associé partenaire.

Au cours des dernières années, Arndt a développé le portefeuille et la pratique d'IBM en matière de sécurité de l'Internet des objets et est directeur de la sécurité de l'IoT en Europe, en particulier pour les produits, véhicules et bâtiments industriels.

LinkedIn <https://www.linkedin.com/in/arndt-kohler-227590151/> ;
Twitter [@SecurityIoT](https://twitter.com/SecurityIoT)

Figures

- 04** Figure 1 : Chronologie des révolutions industrielles.
- 05** Figure 2 : Personnel clé de fabrication dans un écosystème IIoT.
- 07** Figure 3 : Vue simplifiée d'une usine basée sur MES, PLC et SCADA.
- 09** Figure 4 : La feuille de route en quatre étapes.
- 10** Figure 5 : Extension de l'usine grâce aux capacités d'IBM : Vue d'ensemble de l'architecture.
- 13** Figure 6 : Définition de l'OEE : contraintes de disponibilité, de qualité et de performance.
- 14** Figure 7 : Partenariat d'IBM pour l'analyse et calcul de la périphérie.
- 15** Figure 8 : À l'intérieur d'une solution d'analyse de la périphérie d'IBM.
- 17** Figure 9 : Logique des règles de fabrication déployée au niveau du PSB.
- 18** Figure 10 : Vue d'ensemble de l'architecture PSB.
- 19** Figure 11 : Suite de solutions EAM d'IBM.
- 19** Figure 12 : Suite de solutions IoT et IA d'IBM.
- 21** Figure 13 : Les yeux et les oreilles privés informatique IA de la périphérie de Watson IoT.
- 22** Figure 14 : Application de fabrication connectée Heartbeat.
- 23** Figure 15 : Avantages de la solution d'entreprise d'IBM pour le personnel clé. .
- 25** Figure 16 : Hiérarchie de contrôle de la norme ISA95.
- 26** Figure 17 : SIEM QRadar pour TI/TO.
- 26** Figure 18 : TI/TO évoluant vers l'industrie 4.0.
- 27** Figure 19 : Meilleures pratiques pour la sécurité de l'industrie 4.0
- 29** Figure 20 : Vue d'ensemble des méthodes de produit minimum viable.
- 31** Figure 21 : Feuille de route : Exemple d'approche de projet pour le déploiement.
- 32** Figure 22 : Exploration et innovation : Conception axée sur l'utilisateur et usine DevOps.
- 34** Figure 24 : Des espaces de réflexion sur les procédés de conception.
- 35** Figure 25 : Architecture typique de l'industrie 4.0.
- 36** Figure 26 : Cas d'utilisation 1 : Produit amélioré.
- 36** Figure 27 : Cas d'utilisation 2 : Équipement amélioré.
- 37** Figure 28 : Cas d'utilisation 3 : Opérateur amélioré.

© Copyright IBM Corporation 2019

IBM Corporation
New Orchard Road
Armonk, NY 10504

Produit aux États-Unis
Septembre 2019

IBM, le logo IBM, **ibm.com**, IBM Cloud Garage, Red Hat, OpenShift, IBM Cloud, IBM Cloud, IBM Watson et Watson sont des marques commerciales de International Business Machines Corp, déposées dans de nombreuses juridictions du monde. Les autres noms de produits et de services peuvent être des marques d'IBM ou d'autres sociétés. Une liste actualisée des marques déposées IBM est accessible sur le web sous la mention « Copyright and trademark information » à l'adresse ibm.com/legal/copytrade.shtml.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated aux États-Unis et/ou dans d'autres pays.

Ce document est considéré comme à jour à sa date initiale de publication et peut être modifié par IBM à tout moment. Toutes les offres ne sont pas disponibles dans tous les pays où IBM est présent.

Les clients cités ou décrits sont présentés à titre d'exemples de la manière dont certains d'entre eux ont utilisé les produits IBM et les résultats qu'ils ont éventuellement obtenus. Les coûts environnementaux réels et les caractéristiques de performance varient selon les configurations et conditions propres à chaque client. Contactez IBM pour savoir ce que nous pouvons faire pour vous aider. Il appartient à l'utilisateur d'évaluer et de vérifier le fonctionnement d'autres produits ou programmes avec les produits et programmes d'IBM. LES INFORMATIONS CONTENUES DANS CE DOCUMENT SONT FOURNIES « EN L'ÉTAT », SANS AUCUNE GARANTIE EXPRESSE OU TACITE, NOTAMMENT SANS AUCUNE GARANTIE DE QUALITÉ MARCHANDE OU D'ADAPTATION À UN EMPLOI SPÉCIFIQUE, ET SANS AUCUNE GARANTIE OU CONDITION DE NON INFRACTION VIS-À-VIS DES LOIS. Les produits IBM bénéficient de la garantie décrite dans les conditions générales des contrats dans le cadre desquels ils sont fournis.

Il appartient au client de respecter les lois et réglementations applicables. IBM ne fournit aucun avis juridique et n'assure en aucun cas que ses produits ou ses services garantissent le respect par le client des lois et réglementations en vigueur.

Déclaration de bonnes pratiques en matière de sécurité : La sécurité des systèmes informatiques consiste à protéger les systèmes et les informations par la prévention, la détection et la gestion de l'accès inapproprié au sein de l'entreprise et en dehors de celle-ci. Un accès inapproprié peut entraîner l'altération, la destruction ou le détournement d'informations, ou peut entraîner des dommages ou un usage non approprié de vos systèmes, notamment à des fins malveillantes. Aucun système ou produit informatique ne saurait être considéré comme entièrement sûr et aucun produit ou mesure de sécurité ne peut être complètement efficace en matière de prévention des accès non appropriés. Les systèmes et produits IBM doivent être intégrés à une approche complète en matière de sécurité. Celle-ci implique nécessairement des procédures opérationnelles supplémentaires et peut nécessiter d'autres systèmes, produits ou services pour en optimiser l'efficacité. IBM NE GARANTIT PAS QUE LES SYSTÈMES, PRODUITS ET SERVICES SONT ENTIÈREMENT PROTÉGÉS, OU PROTÈGERONT VOTRE ENTREPRISE DES COMPORTEMENTS MALVEILLANTS OU ILLÉGAUX DE TIERS.

M8J5BA6R

