



## Rapport Nouvelles architectures services et réseaux

---

**Industrie 4.0 : Machines autonomes et robots intelligents, solutions avancées de maintenance préventives principes, performances, architecture, l'état du développement, les promesses...**

---

Effectué par :

BOU SABA Elie

William Staël KAYO

Sous la direction de : M. Yves ETERNOT

# Table de matières

Introduction générale .....	1
I. Définition de l'industrie 4.0 .....	2
II. Différentes technologies de l'industrie 4.0 .....	2
1. La continuité numérique.....	2
2. La réalité augmentée .....	3
3. Internet des objets industriel.....	4
4. Big Data.....	5
5. Usine intelligente (Smart factory) : .....	6
6. La robotique industrielle .....	7
7. La 5G.....	8
III. Plans Gouvernementaux.....	8
IV. Avenir de l'industrie 4.0 : Notre Avis.....	9
Conclusion générale.....	10
Références bibliographiques .....	11

## Liste de figures

Figure 1 : Les différentes révolutions de l'industrie.....	1
Figure 2: Différentes technologies de l'industrie 4.0 .....	2
Figure 3 : Réalité augmenté dans l'industrie .....	3
Figure 4 : IIoT dans une industrie pétrolière et gazière .....	5
Figure 5 : Le concept du big data.....	6
Figure 6 : Les robots industrielles.....	7

## Introduction générale

L'industrie a connu une immense évolution au cours des derniers siècles. La 1ère révolution est la production mécanique. Cette révolution a eu lieu en 1765 où les usines profitaient de l'exploitation du charbon pour les machines à vapeur aboutissant à une fabrication plus rapide et efficace. En 1870, on parle de la production de masse qui est la 2ème révolution industrielle se basant sur l'énergie électrique et pétrolière. Puis en 1969, la production automatisée a eu lieu, soutenue par l'électronique et les technologies informatiques. Aujourd'hui, on parle de la 4ème révolution ou l'industrie 4.0 qui introduit des services beaucoup plus intelligents comme l'intelligence artificielle, l'internet des objets, le Cloud, les robots intelligents, etc... [1]

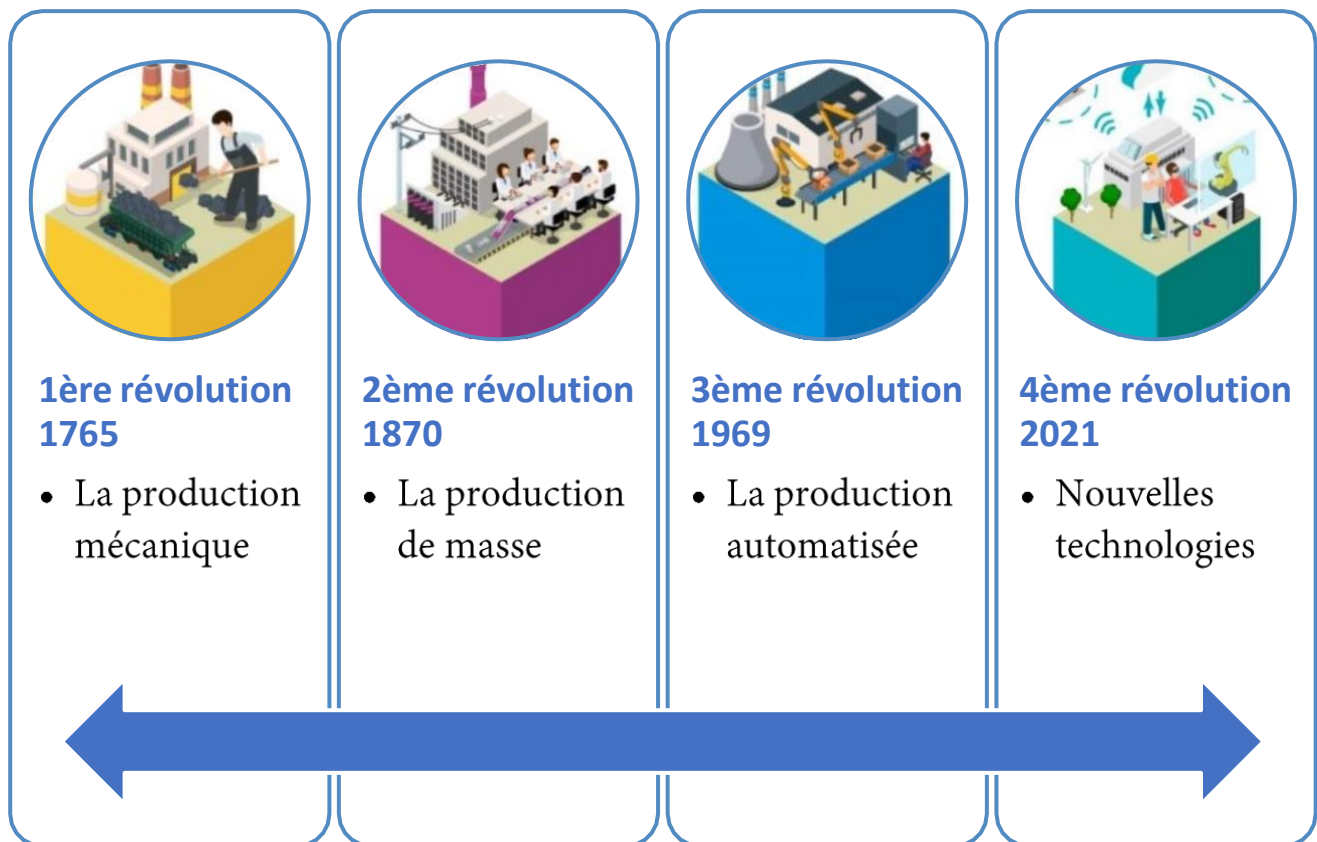


Figure 1 : Les différentes révolutions de l'industrie

## **I. Définition de l'industrie 4.0**

L'industrie 4.0 est une génération avancée d'usines automatisées et intelligentes encore plus automatisées que ceux de la troisième révolution industrielle. C'est un ensemble d'opérateurs, de machines et de produits qui interagissent et sont connectés entre eux permettant de créer de nouveaux modes de production, de l'optimisation et de la création de valeur en temps réel. Le terme « industrie 4.0 » ou « industrie du futur » a été présenté au Forum mondial de l'industrie de Hanovre en 2011 symbolisant ainsi l'avènement d'une toute nouvelle ère de révolution industrielle. Dans le cadre de l'industrie 4.0, la production deviendra plus efficace et moins coûteuse. Cela est possible grâce à l'échange facile d'informations et au contrôle intégré des produits de fabrication et des machines agissant simultanément et intelligemment en interopérabilité. L'industrie 4.0 comprend l'internet des objets, le cloud computing, les robots et machines intelligentes, la réalité augmentée, etc... [1]



Figure 2 : Différentes technologies de l'industrie 4.0

## **II. Différentes technologies de l'industrie 4.0**

### **1. La continuité numérique**

Notre mode de vie du quotidien est lié de manière directe ou indirecte à l'industrie 4.0. La continuité numérique c'est la capacité à disposer de l'ensemble des informations sur un produit tout au long de

son cycle de vie en vue d'avoir une connaissance exhaustive du produit de sa phase de concept jusqu'à sa maintenance chez le client. C'est donc la capacité à accéder et disposer de la bonne donnée, de la bonne information au bon moment, au bon endroit.

On indique plusieurs avantages de la continuité numérique :

- Avoir des produits de meilleure qualité.
- Développer des nouvelles fonctionnalités en se basant sur les demandes et besoins des clients.
- Augmenter l'efficacité des produits.
- Optimiser le cycle de vie global du produit. [1] [2]

## 2. La réalité augmentée

La réalité augmentée est l'une des technologies qui a pris de la valeur et de l'importance ces dernières années. Elle doit être considérée comme l'une des activités les plus prometteuses dans laquelle les entreprises technologiques devraient investir massivement. La réalité augmentée c'est l'exécution d'un algorithme par un logiciel informatique qui crée la superposition d'images virtuelles aux images réelles et ajoute par la suite des éléments virtuels en 3D (en temps réel) dans notre champ de vue. Cette technologie peut apporter un soutien considérable aux travaux de maintenance dans les entreprises en raison de la réduction du temps nécessaire aux travaux de maintenance et de la réduction des erreurs potentielles dans les travaux de maintenance. Par exemple, les opérateurs peuvent changer ou faire déplacer des machines ou des chaînes de productions de manière virtuelle ce qui peut être considéré comme phase de test avant de vraiment mettre en œuvre ce changement qui demande un travail coûteux.

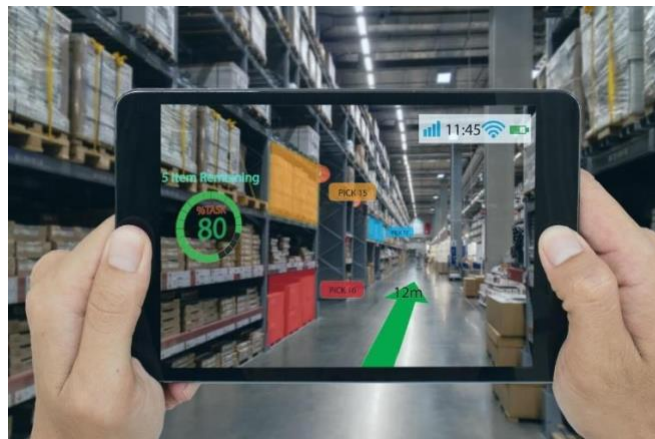


Figure 3 : Réalité augmentée dans l'industrie

### Exemple de fonctionnement de la réalité augmentée :

Prenons le cas des Google glass. En temps normal un travailleur doit produire un document formalisant la mauvaise production d'une pièce mais avec ces lunettes de réalité augmentée, le travailleur peut formaliser son constat par vidéo et audio. La vérification de la conformité d'une pièce se fait en comparant le réel observé (la pièce produite) et le virtuel enregistré (modèle numérique de la pièce à produire). Le constat visuel et les commentaires audio sont directement envoyés sur une plateforme de stockage et permet de court-circuiter l'étape "rédaction du constat".

Plusieurs aspects positifs peuvent être tirés de cette technologie à savoir : un gain en temps et en efficacité, un pilotage de la production de façon plus agile et une meilleure qualité.

## **3. Internet des objets industriel**

L'Internet des objets industriel ou IIoT correspond à l'implémentation de l'IoT (Internet des objets) dans l'industrie. Elle se concentre sur la connexion des machines et équipements entre eux et la communication avec une application industrielle pilotée par ordinateur dans le but d'avoir à disposition toutes les informations dont l'opérateur a besoin. L'IIoT consiste à prendre des décisions à partir d'informations reçues en temps réel et non à partir d'un rapport comportant des données du jour d'avant.

L'IIoT utilise plusieurs technologies avancées comme **le cloud computing** pour améliorer et optimiser le contrôle de processus facilitant par exemple l'accès et le stockage d'informations sur des serveurs Internet distants ; **l'intelligence artificielle** qui permet aux machines de réagir et de prendre des décisions comme des humains, **la cybersécurité** qui est une base importante pour l'IIoT offrant une communication bien sécurisée entre les différents équipements. L'utilisation de cette technologie dans la production permet à l'industrie de déterminer et anticiper les dysfonctionnements qui peuvent apparaître et prolonger la durée de vie des équipements en automatisant et surveillant le processus global de fabrication en temps réel ce qui va augmenter de manière rapide les profits de l'industrie.

Un exemple de l'application de l'IIoT est illustré dans la figure 4 : C'est une solution intelligente pour l'industrie pétrolière et gazière qui permet un suivi et une gestion à distance. Des capteurs vont rendre des données en temps réel, facilitant les contrôles de conformité des appareils installés, une analyse prédictive et une maintenance préventive et le maintien d'un environnement durable.

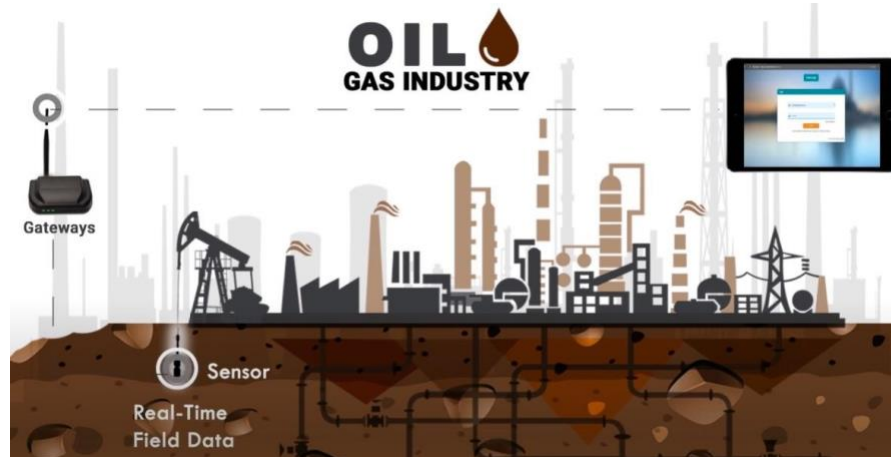


Figure 4 : IIoT dans une industrie pétrolière et gazière

#### 4. Big Data

Le terme big data signifie mégadonnées ou données massives. C'est un ensemble très volumineux de données qui proviennent d'une gamme d'applications cloud et d'entreprise, de capteurs, de caméras, etc... Par exemple, dans les usines intelligentes, on récupère les données des capteurs des machines de production qui sont analysées pour prédire quand les opérations de maintenance et de réparation seront nécessaires. Le big data peut aider les entreprises à découvrir des variables cachées provoquant des goulots d'étranglement dans la production dont ils ignoraient même l'existence.

En fait, le big data réduit les pannes et les temps d'arrêt imprévus d'environ 25%. Les ingénieurs utilisent les résultats des analyses de Big Data générés par le système pour prendre des décisions qui leur permettent d'affecter des changements nécessaires pour éviter le dysfonctionnement des équipements. Les fabricants utilisent également l'analyse des mégadonnées pour automatiser la gestion de la production qui va réduire par la suite la quantité d'interventions et d'actions humaines nécessaires dans une usine de fabrication. Tout ceci en couplant et en analysant les informations récupérées en temps réels avec les données historiques liés à un processus de production et en automatisant les modifications physiques apportées à l'équipement à l'aide de la robotique avancée. [4]



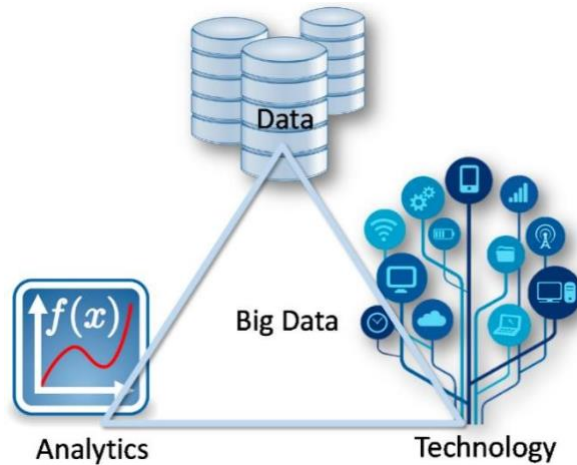


Figure 5 : Le concept du big data

## 5. Usine intelligente (Smart factory) :

Une usine intelligente est une usine de fabrication numérisée qui utilise des appareils, des machines et des systèmes de production connectés pour collecter et partager des données qui seront ensuite utilisées pour prendre les bonnes décisions visant à améliorer le processus de fabrication tout en réduisant les problèmes pouvant survenir. Quand on parle d'une usine intelligente, on cible les diverses technologies qui rendent cette usine intelligente et on parle notamment de l'intelligence artificielle (IA), de l'analyse des mégadonnées (Big data), du cloud computing et de l'Internet des objets industriel (IIoT).

L'usine intelligente est un système flexible qui peut optimiser les performances sur un réseau d'un site de production en s'adaptant sur des nouvelles conditions en temps réel ou quasi réel et exécuter de manière autonome des processus de production entiers. Les usines intelligentes connectent les mondes numérique et physique afin de surveiller l'ensemble du processus de production, de la gestion de la chaîne d'approvisionnement aux outils de fabrication et même au travail des opérateurs individuels dans l'atelier.

Il existe 5 caractéristiques principales pour l'usine intelligente :

- Connectivité : Récupération de données des équipements d'une manière continu.
- Optimisation : Diminution du coût de production et application d'une production automatisée.
- Transparence : Outils en temps réel pour soutenir la prise des décisions d'une manière rapide.
- Proactivité : Identification et résolution prédictive des anomalies.
- Agilité : Planning et changements flexibles. [5]

## 6. La robotique industrielle

La robotique industrielle répond aux demandes complexes des industries. Elle permet l'automatisation des tâches sur les chaînes de production d'une entreprise. Cette technologie a évolué très rapidement ces dernières années donnant lieu à des robots plus agiles, autonomes et intelligents capables de mettre en œuvre des innovations industrielles. Les robots apportent une flexibilité considérable et plusieurs bénéfices à l'industrie en les implémentant surtout pour achever les tâches délicates où l'homme ne peut pas les réaliser ou aussi pour réaliser des tâches répétitives.

La France est bien placée pour l'intégration des robots dans l'industrie avec 177 robots implémentés pour 10 000 employés alors que la moyenne mondiale est de 113 robots mais loin des leaders mondiaux qui implémentent à peu près 918 robots pour 10 000 employés comme Singapour. L'importance de la robotique industrielle prend plutôt son poids dans les industries comme celle de l'automobile, l'agroalimentaire et l'électronique.

Avec la robotique industrielle plusieurs avantages, à savoir :

- Temps d'exécution rapide des tâches,
- Amélioration de la qualité des produits fabriqués,
- Optimisation et maximisation de la production,
- Réduction des risques. [6] [7]



Figure 6 : Les robots industrielles

## **7. La 5G**

Avec une croissance exponentielle des technologies, il ne fait aucun doute que la 5G sera d'une grande aide, mais il sera important d'ajouter que de nouvelles technologies apparaîtront et que l'industrie 4.0 a besoin d'une technologie de réseau de communication pouvant satisfaire l'industrie dans le temps et garantir la sécurité et la protection des industries.

La 5G permettra aux fabricants d'automatiser les opérations de bout en bout et de configurer ou d'éliminer pratiquement de nouvelles lignes de produits ou des usines entières. Avec des milliards de capteurs, des robots contrôlés par des machines et une logistique autonome, tous capables de communiquer et de fonctionner à distance en temps réel grâce à la 5G, les fabricants pourront réaliser d'énormes gains de productivité. La 5G sera la plateforme qui permettra la croissance et la transformation de nombreuses industries, contribuant directement au développement social et économique.

Les technologies 5G peuvent jouer un rôle clé dans l'intégration des nouvelles technologies. La 5G peut être considérée comme un pilier qui sera chargé d'interconnecter et de faire communiquer les autres technologies de manière rapide, souple et sûre, en fournissant le support nécessaire à la croissance massive de l'IoT dans une industrie intelligente. Dans un avenir proche, la 5G sera indispensable dans toute entreprise de fabrication qui a l'intention de migrer vers une industrie intelligente.

### **III. Plans Gouvernementaux**

Cette nouvelle révolution industrielle offre une marge de manœuvre pour de nombreuses idées de base qui avaient été largement mises en œuvre dans de nombreux autres pays. À l'échelle internationale, de nombreux gouvernements ont pris conscience de cette tendance et ont pris des mesures pour réagir spécifiquement à l'impact que l'industrie 4.0 allait avoir sur l'industrie manufacturière. Certains de ces plans gouvernementaux sont présentés ci-dessus :

(a) En 2011, pour s'assurer que les États-Unis d'Amérique (USA) seront bien préparés à la prochaine génération de révolution manufacturière, le président américain Barack Obama a lancé une série d'actions, de discussions et de recommandations au niveau national, intitulée "Advanced Manufacturing Partnership (AMP)", (President's Council of Advisors on Science and Technology, 2014). L'AMP était une initiative entreprise pour que davantage d'entreprises américaines soient prêtes à investir massivement dans les technologies avancées. En 2017, le marché mondial des automates programmables était estimé à 8,491 milliards USD et devrait atteindre 10,595 milliards

USD d'ici 2023,

(b) En 2012, un plan d'action connu sous le nom de " High-Tech Strategy 2020 " a été adopté par le gouvernement allemand. Ce projet accorde des milliards d'euros chaque année pour développer les dernières technologies dans l'industrie manufacturière.

(c) En 2013, le gouvernement français a lancé " La Nouvelle France Industrielle ". Ce programme a donné la priorité à 34 voies sectorielles dans la politique industrielle de la France (Conseil national de l'industrie 2013).

(d) En 2013, un plan d'action à long terme pour l'industrie manufacturière au Royaume-Uni (RU) appelé "Future of Manufacturing" a été mis en œuvre. Ce programme a recentré et rééquilibré les politiques pour soutenir la résilience du secteur manufacturier britannique jusqu'en 2050.

(e) En Malaisie, le gouvernement a pris des mesures énergiques en entreprenant divers efforts pour aider les acteurs du secteur à adopter l'industrie 4.0 par la mise en œuvre de l'automatisation et de la fabrication intelligente. Dans le budget 2017, le gouvernement a mis en avant plusieurs nouvelles mesures incitatives pour accélérer la croissance et l'adoption de la fabrication et de l'industrie 4.0 en Malaisie.

(e) Dans le cadre du programme "Usines du futur ", la Commission européenne a adopté en 2014 un nouveau partenariat public-privé (PPP) contractuel. Un total de près de 80 milliards d'euros de financement pour les 7 années consécutives de la période de 2014 à 2020. En 2018, la Commission européenne a annoncé une nouvelle série de mesures visant à mettre l'intelligence artificielle (IA) au service des citoyens et à stimuler la compétitivité de l'Europe dans ce domaine, avec un budget de 20 milliards d'euros d'ici à la fin de 2020.

En résumé, les plans gouvernementaux susmentionnés montrent que les pays développés accordent une grande importance au progrès des technologies et au fait que l'industrie 4.0 peut avoir de nombreux effets positifs sur le développement d'une nation.

#### **IV. Avenir de l'industrie 4.0 : Notre Avis**

La quatrième révolution industrielle a déjà changé le secteur manufacturier mais beaucoup craint un revers de la médaille. De nombreuses questions surgissent à savoir : L'industrie 4.0 n'est-elle pas un investissement très lourd ? Les usines connectées sont la solution ? Une destruction massive d'emplois a envisagé ?

Pour répondre à toutes ces questions, revenons au but principal de l'industrie 4.0. Elle est là pour nous aider, nous les humains, à avoir une vie meilleure et plus simple, et non pas à nous remplacer ou à

nous rendre misérables. La mise en place des technologies dans le passé demandait beaucoup d'argent mais les solutions technologiques d'aujourd'hui deviennent de moins en moins chères, et des entreprises peuvent gagner beaucoup en investissant peu. Les usines connectées sont la solution selon nous car toute entreprise a besoin de récolter des données. Mais, le vrai défi c'est d'être capable de les analyser pour vraiment en tirer parti. Il s'agit plus de savoir lire les bonnes données que de tout connecter. Aux États-Unis dans le Michigan par exemple, une usine a réduit ses temps d'arrêts de 20 % grâce à l'utilisation de capteurs IoT pour surveiller l'usure des machines. Un autre exemple est IBM qui permet aux utilisateurs de détecter, de communiquer, et de diagnostiquer les problèmes des machines et des appareils connectés dans l'usine. D'après la société, les données recueillies à partir des processus workflow peuvent réduire de 48% les taux de d'erreur.

Concernant les emplois, certes certains vont disparaître mais d'autres vont être créés. Pas besoin de licencier les employés mais les accompagner vers de nouvelles tâches que l'automatisation exigera. De plus, s'il n'y a plus d'humains dans une usine, avec qui les entreprises célébreront leurs succès ?

Comme Cliff Justice, associé de KPMG l'a dit : « *[L'industrie 4.0] n'automatise pas les gens, elle augmente leur potentiel.* »

## **Conclusion générale**

L'industrie 4.0 c'est la révolution qui est en train de transformer le monde de la fabrication qu'on connaît aujourd'hui et ce n'est pas simple de prédire quand cette révolution finira et passera vers une autre révolution, plus intelligente, encore plus robuste et avancée. Cette révolution promet d'avoir un impact remarquable sur la façon dont nous produisons et vendons des biens. Effectivement, l'objectif de chaque révolution est la maximisation de la flexibilité, l'efficacité et la qualité des produits et l'industrie 4.0 par sa fiabilité amène les entreprises à l'implémenter de plus en plus dans leurs sites de production et l'homme est au centre de cette technologie pour la faire évoluer et l'améliorer.

## **Références bibliographiques**

- [1] <https://www.visiativ-solutions.fr/industrie-4-0/>
- [2] <https://www.aras.com/fr-fr/resources/all/executive-summary-digital-thread>
- [3] <https://www.artefacto-ar.com/realite-augmentee/>
- [4] <https://blog.rgsi.com/big-data-analytics-in-industry-4.0>
- [5] <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0/smart-factory-connected-manufacturing.html>
- [6] [https://www.bfmtv.com/economie/entreprises/industries/robotique-industrielle-ou-en-est-la-france\\_AN-202104220319.html](https://www.bfmtv.com/economie/entreprises/industries/robotique-industrielle-ou-en-est-la-france_AN-202104220319.html)
- [7] <https://www.kuka.com/fr-ca/produits-et-prestations/systemes-de-robots/articles-d-expert/article-robot-industriel>