**Utilisation des concepts d’industrie 4.0 pour** **l’identification de différents potentiels d'évolution d’un outil d’analyse au sein d’une production automobile.**

Promoteur : M. Fabrice Medol

Maître de stage en entreprise : Mme Salma El Gueddari

JUIN 2022

Travail de fin d’études présenté en vue de l’obtention du diplôme de Bachelier(ère) en Informatique de Gestion.

Table des matières

[1. Introduction 3](#_Toc102132694)

[2. Etat de l’art 3](#_Toc102132695)

[2.1. Industrie 4.0 3](#_Toc102132696)

[2.1.1. Evolution 3](#_Toc102132697)

[2.1.2. Définition 4](#_Toc102132698)

[2.1.3. Eléments clés 4](#_Toc102132699)

[2.2. Industrie 4.0 dans une production automobile 5](#_Toc102132700)

[2.2.1. Audi Brussels 5](#_Toc102132701)

[2.3. l’identification de potentiels d'évolution 7](#_Toc102132702)

[2.3.1. Point de départ 7](#_Toc102132703)

[2.3.2. Améliorations identifier 8](#_Toc102132704)

[2.4. Outils existants 10](#_Toc102132705)

[2.4.1. Algorithme Apriori 10](#_Toc102132706)

[2.4.2. Algorithme Expire-Span 11](#_Toc102132707)

[3. Bibliographie 12](#_Toc102132708)

# Introduction

# Etat de l’art

## Industrie 4.0

### Evolution

Jusqu’à ce jour différentes révolutions industrielles ont été connu dont chacune qui sont caractériser par des inventions.

La première révolution industrielle a commencé avec l'invention de la machine à vapeur et par la construction de chemins de fer. Quelques temps après la deuxième révolution industrielle a apporté l’électricité et les première chaine de montage.

Ensuite les ordinateurs on vue le jours pendant la troisième révolution grâce a l’invention des semiconducteur et **d’Internet** (Schwab, 2022, p.11-12).

Aujourd’hui on est en train d’assister à la quatrième révolution industrielle qui est souvent désigné étant une continuation de la troisième mais qui s’appuie uniquement sur cette dernière et rapporte des nombreuses avancées technologiques :

* Nanotechnology, virtual and augmented reality, the Internet of Things (IoT) (Guan et al., 2020, p.3).
* Un Internet que comparer à avant sera beaucoup plus présent et mobile, des capteurs qui seront plus petit, plus puissant et moins couteux, machine learning, artificial intelligence (Schwab, 2022, p.11-12).

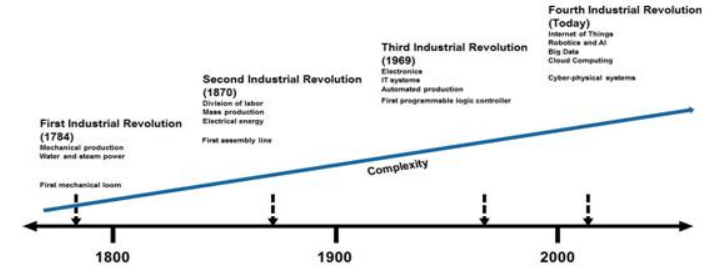


Figure 1 Time Line Chart Industrial Revolution Period (Ashwani, S., & Dr Bikram Jit, S. (2020))

### Définition

Ces nombreuses technologies ont révolutionné le fonctionnement des entreprise par la digitalisation des différents processus de production et de logistique. Cela implique une communication entre les machines et les produits afin de rendre l’organisation des différentes étapes autonome en synergie avec l’humain (Sinay & Kotianova, 2018).

### Eléments clés

**Cyber-Physical Systems**

Ces sont des systèmes intégrés dans un réseau qui ont pour but de surveiller les processus de fabrication afin de rendre les machines plus autonome. Ces machines vont pouvoir détecter et réparer les différentes dysfonctionnements qui peuvent avoir lieu. (Vermeulen & Feys, 2019)

Ces systèmes représentent le lien entre des objets réels (machines) et leur processus de traitement de l'information (Sinay & Kotianova, 2018).

**The Internet of Things**

On rend des objets physiques intelligent en les connectant à internet au moyen de capteurs.

Dans l’industrie automobile on retrouve déjà un exemple avec la voiture connecté qui a l’aide d’internet peut déclencher des appels d’urgence en cas d’accident ou recevoir des avertissement de trafic. (Werr, 2015)

**The Internet of Services**

Avec la croissance des nombre d’appareil connecte à internet on constate que leur utilité est corrompu par la diversité de ces même appareil.

L’Internet des services va simplifier le processus d’intégration de touts ces dispositif pour pouvoir les utiliser dans leur intégration. (Mukerji, 2018)

**Smart Factories**

Les Smart Factories sont un concept important dans l’industrie 4.0 , il s’agit de collecter toutes les données obtenu à la réalisation d’opérations dans tous les secteurs de l’entreprise.

Avec ces données il est possible d’adapter les opérations selon les demandes et prédire des changements. (Vermeulen & Feys, 2019)

## Industrie 4.0 dans une production automobile

Dans le cadre de ce travail on prendra exemple sur Audi Brussels qui selon Sinay J. et Kotianova Z. (2018) serai au deuxième niveau d’implémentation de l’industrie 4.0 (la **digitalisation** des processus).

### Audi Brussels

Audi Brussels s’occupe exclusivement de la production d’E-tron et dans le département assemblage on retrouve une chaîne de production comme dans la plupart des industrie automobile.

Cette chaîne de production est séparer en plusieurs « Proofhort », c’est le terme qui est utilisé pour parler des différents emplacements.

Chaque proofhort  s’occupe d’une partie du procède d’assemblage du véhicule et ils sont illustré dans la figure suivante.

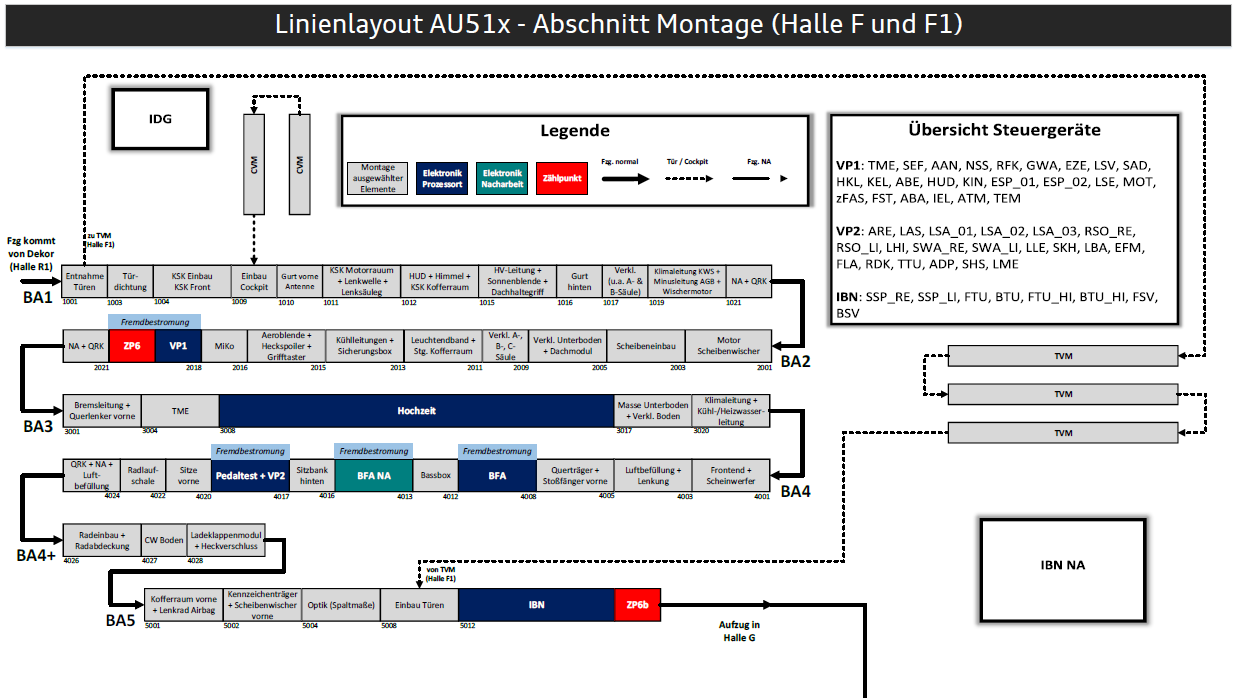


Figure 2 Abschnitt Montage (Audi Brussels.(2022))

C’est dans les rectangles blues qu’on va se concentrer, parce que c’est là où les test électronique prennent lieu. Grâce à un appareil qui se connecte avec le véhicule appelé « MFT » des tests sont effectué sur les composants, comme les boitiers électronique, les batteries et les résultats obtenu sont conserver.

On procède maintenant à l’explication des rectangles blues pour avoir une idée des type de tests qui sont réalisé.

|  |  |
| --- | --- |
| **Proofhort** | **Déroulement** |
| **VP1** | Test des premiers boitiers électronique |
| **Hochzeit(Mariage)** | Une étape très importante qui consiste à assembler le châssis de la voiture avec la batterie principale à haute voltage.  **(Il n’y a pas de test effectués)** |
| **BFA** | Remplissage des liquides : liquide de refroidissement, des freins et de climatisation. |
| **VP2** | Entre VP1 et BFA des nouveaux boitier électronique ont pris place, on procède donc à leur test. |
| **IBN** | Ici, la voiture démarre pour la premier fois. On test la communication entre tous les composants. |

Une fois que IBN prend fin, les voitures doivent continuer sur une autre chaîne où elles termineront leur procède de production.

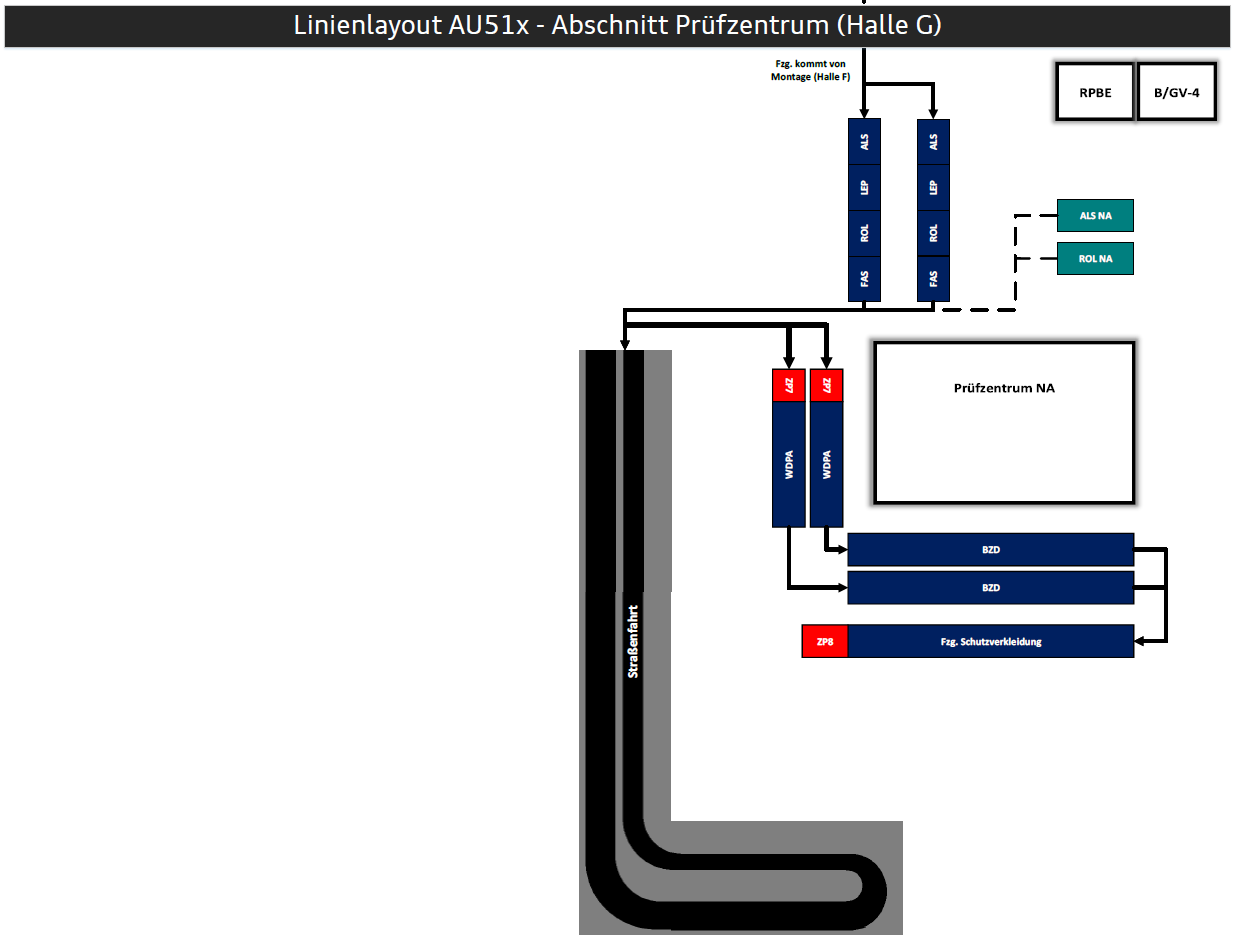


Figure 3 Abschnitt Prüfzentrum (Audi Brussels.(2022))

On retrouve sur cette chaîne d’autres poste de contrôle électronique où le MFT exécute des nouveaux tests.

|  |  |
| --- | --- |
| **Proofhort** | **Déroulement** |
| **ALS** | Calibrage des roues |
| **LEP** | Un des opérateur braque le volant tout à gauche, puis tout à droite pour définir une valeur MAX et MIN. |
| **ROL** | On passe la voiture sur des rouleau pour tester son comportement |
| **FAS** | Les voitures selon les options possèdent des camera et des capteurs. Il y a donc un procède de calibrage. |

Dans WDPA et Fzg. Schutzverkleidung(Habillage de protection du véhicule) aucun test est réalisé, on contrôle la carrosserie du véhicule, on le mets en mode transport et on le protège avec un revêtement en plastique pour la livraison au client (Audi Brussels , 2022)[[1]](#footnote-1).

## l’identification de potentiels d'évolution

### Point de départ

Dans le cas d’Audi Brussels, comme dans la plupart des industrie automobiles qui suivent le concept de Smart Factory on retrouve une interface de visualisation. Cette interface affichera toutes les données collectés pendant les processus de fabrication.

Pour le moment cette affichage permet de connaître :

* L’état du véhicule

Parmi les tests effectué on peut détecter des erreurs et donc avoir un état général sur sa santé ou un état plus spécifique en se basant uniquement sur certain test.

* L’emplacement du véhicule

On regardant dans quel secteur de la chaine de production le dernier test a été fait, on peut localiser le véhicule de façon assez précise.

* Les erreurs les plus courantes

En calculant le nombre de fois qu’une erreur apparait sur l’ensembles des erreur détecté on peut distinguer les plus courantes et les afficher par ordre décroissant.

Les fonctionnalités déjà existante constitue un bon outil d’analyse qui sert de support pour la prévention, la détection et solution de problèmes.

Mais dans le secteur automobile il est impératif d’être constamment en évolutions afin de pouvoir réduire le délai de fabrication et augmenter le rendement.

Sur base d’un nombre de données consistant, de nombreuses améliorations peuvent être implémenter.

### Améliorations identifier

La solution de ce travail se basera sur les erreurs issues des tests de véhicules qui ont eu un résultat négatif. On a constaté avec les opérateurs de la chaîne de production qu’il serai intéressant d’avoir **des causes** relier à ces défauts. Cela devrait rendre la détection et la solution du problème plus efficace.

#### Collection de données

Pour chaque test négatif solutionné l’opérateur doit documenter son procédé de réparation. Tout d’abord il doit choisir les symptômes cette a dire les erreurs qui sont apparu dans le test. Cette étape est importante parce que la solution que le fonctionnaire va introduire peut résoudre plusieurs symptômes ou un seul.

Exemple :

L’opérateur reçoit un test négatif :

- Numéro de voiture

- Symptômes :

* Lampe pour feu arrière gauche
* Lampe pour feu arrière droit
* Airbag latéral arrière côté passager

Dans ce cas si les deux lampe sont réparer en une seul fois alors il doit choisir les deux premiers symptômes.

Ensuite il établira une description qui résumera le(s) moyen(s) utilisé.

Comme dans l’exemple il peut y avoir différents problèmes pour un même test (Airbag et les feux), dans ce cas plusieurs procédés vont être documenter.

Les données collecter grâce à ce système vont suivre le schéma suivant :

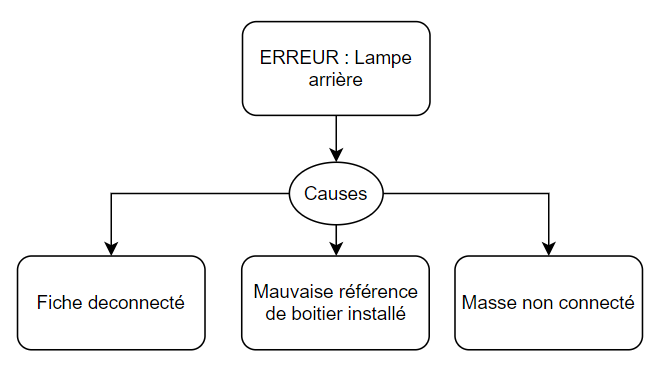


Figure 4 Schéma des causes relier à une erreur

On doit pouvoir proposer des causes différentes pour chaque erreur ayant déjà été présente au paravent pendant les tests effectués sur la chaîne de production. Comme sur la figure 4 où l’erreur « Lampe arrière » est relier a trois causes, cela veut dire que cette même erreur peut être causé par trois différentes choses.

#### Traitement de données

Dans un deuxième temps les taux de possibilité vont aider le fonctionnaire à choisir la cause la plus probable. Cela sera possible grâce des algorithmes spécialiser dans le traitement de données qui vont être aborder dans un prochain chapitre.

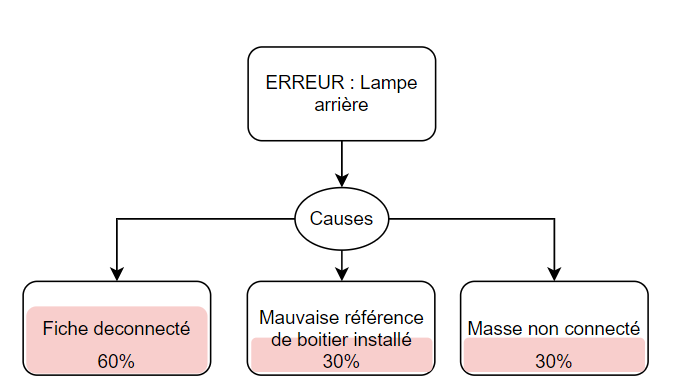
****

Figure 5 Schéma des causes relier à une erreur avec des fréquences

On constate sur la figure 5 qu’une des causes a un taux plus élevé que les autres cela veut dire qu’il y a plus de chance de résoudre l’erreur en se basant sur cette dernière.

## Outils existants

Concernant la partie traitement de données des algorithmes seront utilisé, il est donc nécessaire de choisir les plus approprié pour notre cas. Durant ce chapitre une explication de plusieurs procédé ainsi que leurs avantages et inconvénients seront présenté.

Pour finir une comparaison sera faite afin de conclure un choix final qui sera implémenter dans la solution de ce travail.

### Algorithme Apriori

**Définition**

C’est un algorithme qui générer des règles d’associations booléennes en se basant sur un ensemble d’éléments fréquents. (Chee et al., 2018)

**Explication**

Dans un premier temps il faut définir un nombre de support minimal qui va éliminer pour chaque étape les ensemble dont leur nombre d’apparition est inférieur à ce support.

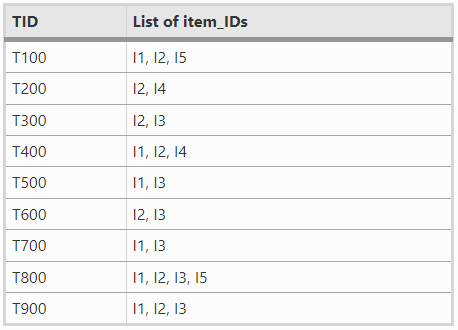


Figure 6 Echantillon de données (Chee,C. et al., (2018))

Ensuite en parcourant la base de données comme celle de la figure 6, il faut repérer tous les ensembles de taille un et compter leur nombre d’apparition pour former une première table (k). On filtre cette table à l’aide du support minimal et avec les lignes qui reste on doit être capable de crée des ensemble de taille deux (k+1).

Les prochaines étapes vont être une répétition de la première jusqu’à ce que ca ne soit plus possible à cause du support minimal.

**Avantages**

C’est un algorithme simple à comprendre et facile à utiliser.

Les résultat obtenu sont également facile à interpréter.

L’algorithme fonctionne sur base de données non classé, ainsi il peut être utiliser dans de nombreux cas puisque la plupart des donnes sont non classé. (Sosnovshchenko, 2018)

**Inconvénients**

Il est nécessaire de parcourir constamment la base de données et vérifier la fréquence d’apparition des ensembles pour passer aux étapes suivantes.

Selon le contenu de la base de données on risque d’avoir un trop grand nombre d’ensembles d'éléments fréquents. (Chee et al., 2018)

### Algorithme Expire-Span

# Bibliographie

Audi Brussels. (2022). Au51x Linienlayout Montage & Prüfzentrum

Chee, C., Jaafar, J., Aziz, I., Hasan, M., & Yeoh, W. (2018, 24 mars). *Algorithms for frequent itemset mining : a literature review*. SpringerLink. https://link.springer.com/article/10.1007/s10462-018-9629-z?error=cookies\_not\_supported&code=22d68a2a-36e1-4063-852c-72b951946782

Dr Bikram Jit, S., & Ashwani, S. (2020, 1 septembre). *Evolution of industrial revolutions : A review*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/344366036\_Evolution\_of\_Industrial\_Revolutions\_A\_Review

Guan, C., Jiang, Z., & Ding, D. (2020). *Emerging Business Models, The (Singapore University of Social Sciences - World Scientific F)*. WSPC.

Kotianova,Z., & Sinay,J. (2018, septembre). *Automotive industry in the context of industry 4.0 strategy*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/331507570\_Automotive\_Industry\_in\_the\_Context\_of\_Industry\_40\_Strategy

Mukerji, D. (2018, 27 mars). *Industry 4.0 Defined : 4 Core Components*. Automate. https://www.automate.org/editorials/industry-4-0-defined-4-core-components

Schwab, K. (2022). *Fourth Industrial Revolution*. PENGUIN GROUP.

Sosnovshchenko, A. (2018). Machine Learning with Swift : Artificial Intelligence for iOS. Packt Publishing.

Vermeulen, T., & Feys, J. (2019, décembre). *Industry 4.0 in the automotive sector of spain*. Flanders Investment & Trade – MADRID. https://www.flandersinvestmentandtrade.com/export/sites/trade/files/market\_studies/2019-Spanje-Industry%204.o%20in%20the%20automotive%20sector%20of%20Spain%20website.pdf

Werr,P. (2015, 9 avril). *How Industry 4.0 and the Internet of Things are connected*. Iotevolutionworld. https://www.iotevolutionworld.com/m2m/articles/401292-how-industry-40-the-internet-things-connected.htm

1. Source de l’intranet d’Audi Brussels (non accessible au public). [↑](#footnote-ref-1)