



01/09/2021

Mémoire de stage de fin d'étude  
**« Ingénieur Chargé d'Affaires – Automatisation des  
contrôles qualité par vision au bâtiment de  
montage »**

SIMON CAICOYA Mercedes

Maître de stage : Nicolas VASSEUR

Tuteur de stage : Claude Gazo

## NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

**ANNEE :** 2021

**N° du SFE :** PA-21010

**CAMPUS DE RATTACHEMENT SFE :** Campus de Paris

**AUTEURS :** SIMON CAICOYA, Mercedes

**TITRE :** Ingénieur Chargé d’Affaires – Automatisation des contrôles qualité par vision au bâtiment de montage

**ENCADREMENT DU SFE :** GAZO, Claude ; Tuteur de Stage ; VASSEUR, Nicolas, Maître de stage.

**PARTENAIRE DU SFE :** Renault Douai

**NOMBRE DE PAGES :** 38

**NOMBRE DE REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :** 7

**RESUME :** Dans ce rapport figure un résumé de mes mois de stage dans l'entreprise, et la façon dont mon travail a été mené. La première partie correspond à la description du groupe, de ses grands projets avec l’Alliance et du fonctionnement du service de montage. De plus, vous trouverez quelques informations techniques relatives à mes travaux.

La deuxième partie détaille mes missions, les problèmes rencontrés et la façon dont ils ont été abordés. Cette partie va permettre de bien comprendre les moyens utilisés et les personnes rencontrées qui ont permis de mener à bien mes missions.

**MOTS-CLES :** usine, automobile, contrôle, qualité, vision, intelligence artificielle.



## Remerciements

Il m'est offert ici, par ces quelques lignes, la possibilité de remercier les personnes qui ont contribué à faire de ce stage une « très bonne période ». Je tiens à remercier dans un premier temps, toutes les personnes qui m'ont permis d'avoir cette expérience de double diplôme qui m'ouvrira à de belles opportunités. J'ai eu la chance de réaliser ce stage au sein d'une entreprise comme Renault. Je tiens également à remercier l'équipe pédagogique de l'École Supérieure d'Ingénieurs de l'Université de Valladolid et l'École Nationale Supérieure des Arts et Métiers, pour m'avoir transmis toutes les connaissances et capacités m'ayant permis ce bon déroulement.

Je tiens à remercier mon maître de stage Monsieur Nicolas VASSEUR pour avoir fait tout son possible au bon déroulement de mon stage mais aussi d'avoir accordé intérêt et confiance en mes projets. Je lui suis également reconnaissant pour le partage de son réseau professionnel au cours d'évènements et visites réalisés. Ces rencontres ont affiné ma vision de la profession, je tiens à conserver ce réseau pour bénéficier d'opportunités futures.

Je tiens à remercier toute l'équipe du Process Montage qui m'a accompagné tout au long de cette période surtout pour l'esprit détendu, humain et le goût du travail sérieux et bien fait, auxquels ils contribuent grandement au sein du service.

Je remercie également mon tuteur ENSAM, Monsieur Claude GAZO de me suivre durant ces six mois.

Je souhaite à tout l'équipe une belle réussite pour tous les projets en cours. Je garderai un super souvenir de la sympathie, du dynamisme et du professionnalisme de chacun.

## Table de matières

Remerciements .....	2
Table des figures et tableaux .....	4
Principales abréviations.....	5
1. Introduction .....	6
2. Lieux de travail.....	7
2.1. Présentation de l’entreprise .....	7
2.2. Sa vision.....	7
2.3. L’usine Georges Besse .....	8
2.4. DTPNE - Direction Technique Pôle Nord .....	9
2.5. CAP vers le haut de gamme .....	9
2.6. La plateforme électrique commune de l’Alliance .....	10
2.7. Projet ASL.....	10
2.8. La ligne de production.....	11
2.9. Le département de montage .....	12
3. Le contexte des missions réalisées .....	15
3.1. La qualité .....	15
3.2. Le contrôle qualité .....	15
3.3. L’intelligence artificielle.....	16
3.4. La vision par ordinateur.....	16
3.5. GRET .....	17
4. Mes missions.....	17
4.1. POK.AI.OK .....	17
4.2. Tunnel Contrôle Vision .....	32
5. Conclusion.....	35
Bibliographie .....	36
Annexe I : Planning du stage .....	37

## Table des figures et tableaux

Figure 1 : Extension de l'usine Georges Besse .....	8
Figure 2 : Modèles fabriqués à Douai : Scénic, Grand Scénic, Espace V, Talisman et Talisman State ....	9
Figure 3 : Schéma du processus de fabrication à l'usine de Douai .....	11
Figure 4 : Schéma de la distribution d'ateliers au montage.....	12
Figure 5 : Schéma hiérarchisé de l'organisation du département de montage .....	13
Figure 6 : Schéma de la distribution d'ateliers au département de montage.....	14
Figure 7 : Applications complémentaires de la vision traditionnelle et la vision IA .....	18
Figure 8 : L'ensemble du produit POKAI.OK.....	19
Figure 9 : Exemple de trigger .....	20
Figure 10 : Création du point de control.....	21
Figure 11 : Classes du test étiquettes carburant .....	21
Figure 12 : Schéma fonctionnement de l'alerte .....	22
Figure 13 : Evaluation de performance du système .....	23
Figure 14 : Graphique contrôle câblage.....	24
Figure 15 : Point de contrôle chariots CT1.....	25
Figure 16 : Bilan de gain POKAI.OK chariot kitting sur CT1.....	26
Figure 17 : NOK qui provoque une chute .....	26
Figure 18 : NOK qui seulement abime la pièce .....	27
Figure 19 : A gauche, vue latérale du point de contrôle tablette ; à droite, vue du chariot avec le tableau de bord.....	28
Figure 20 : OK pour CMF1 et pour BCB en ordre .....	29
Figure 21 : NOK pour CMF1 et pour BCB en ordre .....	30
Figure 22 : Arche sur UFS.....	31
Figure 23 : Interface du dataset OK pour chaque zone de contrôle de la tablette d'une des caméras contrôle platine BCB.....	32
Figure 24 : Schéma fonctionnement du tunnel de contrôle par vision .....	32
Figure 25 : Prototypage du tunnel.....	33
Figure 26 : Ecran résultats contrôle à l'usine de Flins .....	34
Tableau 1 : Exemple test couleur véhicule.....	22
Tableau 2 : Matrice de confusion .....	23
Tableau 3 : Avantages et inconvénients de l'automatisation .....	32

## Principales abréviations

ASL	Alliance Standard Line
ATFE	Accord Technique de Fin d'Études
ATFMR	Accord Technique Fin de Mise en Route
ATMP	Accord Technique pour Mise en Production
ATPL	Accord Technique Pour Livraison
COP	Constat d'Obtention des Performances
AVP	Avant-projet
CA	Chef d'atelier
CAMI	Chargé d'Affaire Moyens Industriels
CUET	Chef d'unité élémentaire de travail
DTPNE	Direction Technique du Pôle Nord-Est
EURO NCAP	European New Car Assessment Program
FOP	Feuille d'Opération Process
FOS	Feuille d'Opération Standard
GATM	Assistance Technique de Maintenance
GMP	Groupe Moto Propulseur
OPS	Opérateurs sénior
UET	Unités Élémentaires de Travail
AQM	Assurance Qualité des Moyens
IA	Intelligence Artificielle
AGV	Véhicule à Guidage Automatique
KPI	Key Performance Indicator
PSF	Pilotage et Suivi de Flux
GRET	Système d'Information de Gestion des Retouches
OSS	One Single Standard
LUP	Liste Unique des Problèmes
AOP	Alerte Opérateur
CDC	Cahier Des Charges

## 1. Introduction

Ce rapport présente la façon dont le travail effectué a été mené durant mes six premiers mois au sein de l'entreprise Renault de Douai, ainsi que ce que j'ai découvert durant celui-ci. Dans un premier temps, il vous sera présenté l'entreprise, l'Usine George Besse, et le département dont je fais partie. Ensuite, les projets et les missions développés ces six mois seront développés.

Passionnée depuis ma plus tendre enfance par l'automobile et ayant la volonté de devenir ingénieur en mécanique dans l'automobile, je suis très reconnaissant de l'opportunité qu'il m'a été donné de découvrir ce métier chez Renault Douai, dans le cadre de mon stage en tant que stagiaire ingénieur ENSAM.

L'industrie automobile est en pleine transformation vers l'usine du futur. Ce qu'on appelle l'industrie 4.0 aujourd'hui devient une réalité de plus en plus tangible grâce à l'intelligence artificielle, le big data, l'internet des objets ou encore l'automatisation des postes. Cela permettra aux entreprises de gagner en efficacité de production tout en assurant une qualité indéniable dans le produit final manufacturé.

Dans ce contexte de révolution industrielle, l'automatisation des postes de contrôle qualité reste nécessaire pour assurer une performance optimale et un produit fini qui respecte les réglementations techniques et satisfasse le client par rapport à la concurrence.

La production automobile est un des domaines les plus délicats en termes de fabrication. Un arrêt d'une heure peut provoquer environ 10 000 € de pertes ; en revanche, une réduction de 10 min en optimisant la production permet de gagner 0.2088 € par véhicule (soit 24 980 € d'économies sur une production annuelle de 119 639 véhicules).

Dans l'industrie automobile, les solutions pour améliorer la performance en assurant la qualité et sécurité de l'usine sont très nombreuses. Parmi elles on y trouve entre autres un système de vision ou des systèmes de contrôle qualité.

On tend à privilégier des solutions simples, peu chères surtout en ces temps de crise pour le secteur, permettant de gagner en performance et en ergonomie sans jamais oublier la sécurité. Ces dispositifs doivent pouvoir être reproduits dans les différents postes ou dans les autres usines. De plus ils doivent être en phase avec l'environnement de l'usine et les différents opérateurs.



## 2. Lieux de travail

### 2.1. Présentation de l'entreprise

Renault, en plus de 120 ans d'histoire en fabricant des voitures, s'est forgé son identité sur l'innovation utile et accessible au plus grand nombre. La politique de Renault est la création de véhicules au design simple et pratique, qui doivent susciter l'émotion chez le client et rendre la vie plus facile au quotidien.

Le groupe Renault a vendu en 2019 plus de 3,8 millions de véhicules dans 134 pays et a eu un chiffre d'affaires de 55 537 millions d'euros, malgré la crise qui traverse le secteur de l'automobile<sup>1</sup>. Il réunit plus de 181 000 collaborateurs et fabrique des véhicules et organes mécaniques. Depuis sa création, Renault est le constructeur dont le flux d'innovation est le plus constant de toute l'histoire automobile. En ce moment, après avoir présenté les résultats financiers de 2019, le Groupe vise pour 2020 un chiffre d'affaires du même ordre qu'en 2019 et une marge opérationnelle de 3-4% sans tenir en compte les impacts liés à la crise sanitaire du Coronavirus.

Renault a réussi à conserver sa notoriété au fil des ans. C'est une marque française qui a une histoire forte en France par sa contribution aux deux guerres mondiales. Il est impressionnant qu'une marque telle que Renault créé en 1898 soit encore présente et au goût du jour 122 ans plus tard.

Renault fait également partie depuis 1999 de l'Alliance Renault-Nissan-Mitsubishi, où les différentes marques liées par des participations croisées pour élaborer une stratégie commune et développer des synergies.

### 2.2. Sa vision

Renault a imaginé l'usine connectée, plus agile, et plus rapide dans les ateliers pour faciliter la prise de décision au plus près de la production, au bénéfice de la performance et de la satisfaction des clients.

Selon Renault, l'usine de demain est pilotée en temps réel et en un lieu unique, via un ensemble de mesures en continu et de bases de données qui permettent à chaque atelier, chaque usine, d'optimiser les solutions adaptées à leurs environnements et de se comparer entre eux pour rechercher la meilleure performance<sup>2</sup>.

Pour ces raisons, le Groupe a un projet appelé ASL – Alliance Standard Line qui est régi par le concept de la production basée par standards communs à tout le Groupe.

La Supply Chain assure le lien entre le monde industriel et le commerce, à partir de la commande client, en programmant et s'assurant des capacités disponibles dans les usines Renault et chez les fournisseurs jusqu'à la livraison des véhicules dans le réseau commercial. Cette coordination nécessite

---

<sup>1</sup> Information récupérée sur <https://intranet.renault.com/>

<sup>2</sup> Information récupérée sur <https://grouperenault.sharepoint.com/>

une agilité permanente facilitée par les outils et processus digitaux en temps réel. Ceci afin de toujours mieux anticiper et réagir aux évolutions des clients et assurer la performance du système industriel.

Contrôler la conformité des produits, vérifier l'état des moyens de production ou assurer la traçabilité tout au long du processus de fabrication, sont autant d'actions clé qui permettent de maîtriser la qualité produite. Le management de la qualité repose désormais sur la fiabilité des données mesurées et la capacité de Renault à savoir les exploiter et les croiser pour une traçabilité totale, au service de la prédiction de la maintenance et de la satisfaction des clients.

De la conception des flux à la validation des moyens d'assemblage en passant par l'optimisation des lignes d'emboutissage et des cabines de peinture, l'Ingénierie de Production est capable de simuler intégralement les process de fabrication de l'usine de demain. L'usine virtuelle permet de définir et valider les meilleures solutions techniques très en amont et faciliter ainsi l'entrée en production des nouveaux véhicules.

### 2.3. L'usine Georges Besse

Lors de ces mois en entreprise, l'usine Renault Douai Georges Besse a été découverte. Dès l'arrivée sur le parking, une infrastructure colossale datant de 1970 et qui s'étend sur 350 hectares, montrée sur la Figure 1, surprend.



Figure 1 : Extension de l'usine Georges Besse

Les Hauts-de-France sont la première région productrice d'automobiles de France et l'usine Renault de Douai bénéficie de la proximité géographique des principaux marchés européens et de la présence de nombreux et importants équipementiers. Avec environ 3500 employés, son effectif et ses capacités de production en font l'un des plus importants sites de Renault<sup>3</sup>.

L'usine Georges Besse, impressionnante par sa taille et par son activité, est décomposée en six départements : emboutissage, tôlerie, peinture logistique, montage et qualité. A la suite d'une visite dans le département montage, on constate que les mécanismes, l'organisation, la logistique,

<sup>3</sup> Information récupérée sur <https://group.renault.com/>

l'approvisionnement ainsi que tout ce qui touche à la chaîne de montage sont organisés et pensés pour que les opérateurs effectuent leurs tâches le plus facilement et le plus rapidement possible.

Le point fort de cette usine est sa rapidité à produire des véhicules différents, à la cadence théorique de 435 voitures par jour dont cinq modèles (Talisman berline, Talisman estate, Espace, Scenic court, Scenic long) à moteur thermique et un (Mégane-e, dit BCB) à moteur électrique. Les cinq + un sont produits dans la même ligne de production.

Le point faible de l'usine est l'approvisionnement. Le flux tendu est un point faible, mais celui-ci évite des stocks, frayeux pour l'entreprise mais parfois indispensables.

#### 2.4. DTPNE - Direction Technique Pôle Nord

Le service dans lequel je suis, se situe dans le département montage (un des six départements de l'usine Renault Georges Besse de Douai) au deuxième étage d'un bâtiment colossal d'un kilomètre de long, dans lequel l'assemblage du véhicule est réalisé. Mon service se situe en façade de l'usine, en début de chaîne. Il est appelé le DTPNE, soit Direction Technique Pôle Nord Est. Ce service est destiné à modifier et à améliorer les procédés sur chaîne, et il travaille en étroite collaboration avec les différentes usines et le techno centre de Guyancourt.

En plus de travailler en externe avec les autres usines du groupe, ce service travaille également en interne et permet par conséquent la collaboration des différents services avec les différents acteurs comme les fournisseurs, la maintenance, ou les opérateurs. Le DTPNE est un élément clé et un maillon important dû à la liaison qu'il effectue car il est le lien direct entre l'usine et le techno centre. C'est un réel point fort pour un service de communiquer avec autant d'acteurs et d'être en même temps le maillon d'une longue chaîne.

#### 2.5. CAP vers le haut de gamme

En 2012, Renault a placé l'usine de Douai comme référence du haut de gamme de la marque Renault. Cela se traduit par des investissements à hauteur de 420 millions d'euros et plus de trois années de travaux sur le site pour repenser toute la production. Ainsi, l'usine s'est configurée avec des exigences de qualité accrues pour accueillir le haut de gamme de Renault.

Les nouveaux modèles fabriqués à Douai illustrés sur la Figure 2 bénéficient de la nouvelle plateforme commune de l'Alliance Renault/Nissan.



Figure 2 : Modèles fabriqués à Douai : Scénic, Grand Scénic, Espace V, Talisman et Talisman State

## 2.6. La plateforme électrique commune de l'Alliance

Le groupe Renault a investi un milliard d'euros dans l'industrialisation de ses véhicules électriques en France, en choisissant Douai comme la future plateforme électrique commune de l'Alliance.

Le projet appelé ASL va permettre à Renault de réaliser d'importantes économies d'échelles. De plus, de renforcer des sites existants :

- A Flins, les capacités de production de la Renault Zoé seront doublées et le site accueillera le lancement de nouvelle Zoé.
- A Cléon, les capacités de production des moteurs électriques seront multipliées par trois. Le site accueillera également l'introduction d'un moteur électrique nouvelle génération à partir de 2021.
- A Maubeuge, de nouveaux investissements pour la production de la prochaine génération du Kangoo ZE.

Dans le cadre du plan stratégique Drive The Future, et avec l'Alliance, le Groupe Renault se donne les moyens de maintenir son leadership sur le marché du véhicule électrique et de continuer à développer de nouvelles solutions de mobilité durable pour tous. Le patron de l'Alliance a estimé que le basculement vers l'électrique s'opérerait entre 2019-2021 grâce à la baisse des coûts. D'où l'importance de cette plateforme réalisée en commun par les différentes marques de l'Alliance.

## 2.7. Projet ASL

L'abréviation ASL vient dire Alliance Standard Line et il est le concept commun de production pour l'Alliance<sup>4</sup>.

Les objectifs de ce projet sont :

- Améliorer la compétitivité de l'Alliance
- Améliorer les synergies de l'Alliance
- Industrialiser l'innovations des produits

Trois grands axes pour la production peuvent être aussi trouvés :

- Qualité : 0 défauts
- Coût : 0 *breakdowns* et 0 *waste*
- Temps : Production un par un

Pour chaque axe principal, il existe un OSS (One Single Standard) qui explique des solutions techniques et des KPI (Key Performance Indicator).

---

<sup>4</sup> Information récupérée sur <https://grouperenault.sharepoint.com/>

## 2.8. La ligne de production

Elle est décomposée en six départements de production illustrés sur la Figure 3 : emboutissage, tôlerie, peinture, montage, logistique et qualité. On y réalise cinq modèles en « mono flux », cela implique que les véhicules sont réalisés sur la même ligne. Par exemple, on peut produire une berline juste derrière un monospace.

La tôle d'acier est livrée à l'usine sous forme de bobines qui font plus de 15 tonnes de poids chacune. Des presses énormes, qui font autour de 2000 kN de force de presse, déroulent, puis découpent la tôle. Les pièces brutes juste découpées, passent ensuite sur la ligne de presse où, tour à tour, elles seront embouties, détournées, poinçonnées. Au bout de la ligne, les tôles ressemblent déjà quelque chose : on peut reconnaître les côtés de caisse, les capots, les portières...

En tôlerie, un des départements les plus automatisés de l'usine - avec plus du 99% d'opérations de soudure réalisées par des robots - on assemble les pièces embouties afin d'obtenir les carrosseries des voitures. 4000 points de soudure sont exigés pour permettre aux véhicules Renault de prétendre à la norme « 5 étoiles EURO NCAP<sup>5</sup> » (Valentot, 2016). On travaille avec un nombre de 350 robots, et avec une charge unitaire de 3,25 heures et une charge annuelle de 1138 heures.

Après l'assemblage en tôlerie, les caisses traversent le bâtiment de peinture de peinture. Ici, elles sont plongées dans des bains de cataphorèse destinés à préserver de la corrosion. Suivi du passage des couches d'apprêt, de base colorée hydrodiluable, puis du vernis. Chaque carrosserie nécessite environ 8 kg de peinture, assurant au minimum 12 années de résistance à la corrosion.

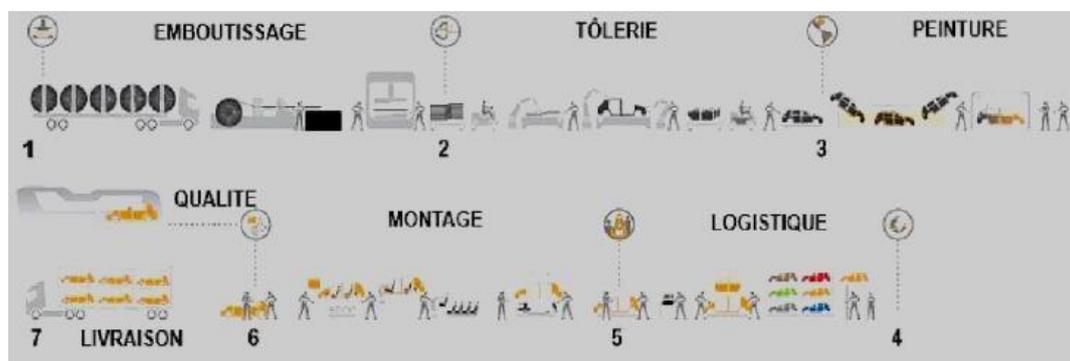


Figure 3 : Schéma du processus de fabrication à l'usine de Douai

Ensuite, les caisses passent au bâtiment de montage. Le caractère de flux tendu et de mono-flux qui caractérisent la production à Douai font de la logistique un département essentiel sur tout le long de la ligne de production. Au montage, la logistique s'assure que chaque composant du véhicule arrive au bon moment, au bon endroit de l'usine, afin que la production ne s'arrête pas, ce qu'on connaît comme le « Just In Time ». Une synchronisation parfaite entre les composants issus des fournisseurs et le parcours interne de chaque véhicule est nécessaire. La première étape au montage consiste à séparer les portes des caisses afin que les opérateurs travaillent plus aisément sur l'intérieur de l'habitacle.

<sup>5</sup> European New Car Assessment Program (Euro NCAP) est un protocole qui permet d'évaluer la protection fournie par un véhicule vis-à-vis des passagers ainsi que des piétons.

De même que la part de la logistique, le Contrôle Qualité, la Gestion de l'Assistance Technique de



Maintenance (GATM) et la Direction Technique du Pôle Nord-Est (DTPNE) assistent la production tout au long de la ligne de fabrication.

Au bout de la ligne de montage, on obtient le produit déjà fini et les voitures sont testées sur une piste extérieure avant d'être délivrées au client.

## 2.9. Le département de montage

Dans la mesure où ma mission est principalement orientée sur le bâtiment de montage, dans cette section on verra plus en détail l'organisation de ce département de production.

Le département de montage est organisé en 5 ateliers de fabrication (en violet sur le schéma de la Figure 4) qui tournent en 2/8. Chaque atelier de fabrication a son propre chef d'atelier comme montré sur la Figure 5. En parallèle, une ou plusieurs Unités Élémentaires de Travail (UET) composent chaque atelier. Toutes les UET ont un chef d'UET rattaché à un chef d'atelier et gérant un groupe d'environ 15 personnes dont un ou plusieurs opérateurs sénior (OPS) et plusieurs opérateurs de montage.

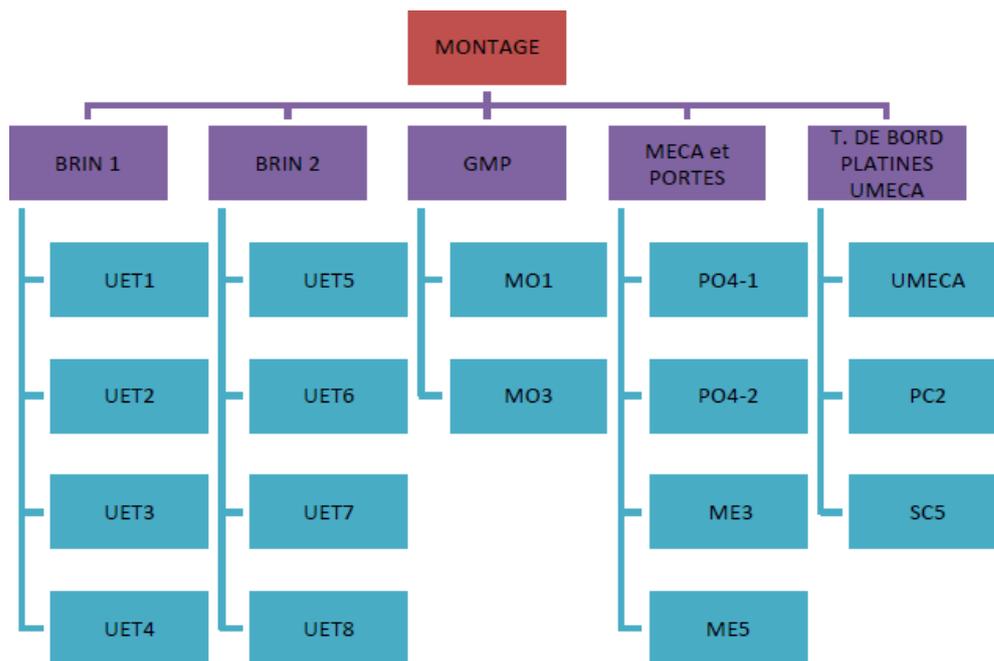


Figure 4 : Schéma de la distribution d'ateliers au montage

Dans l'atelier de montage, on met l'habillage intérieur – sièges, tapis, ébénisterie- la miroiterie, le poste de conduite avec le tableau de bord et le pédalier, l'habillage de portes, toutes les pièces de mécanique... Environ 330 opérations de serrage ont lieu pour faire d'une caisse une voiture. Des détails sur chaque atelier sont développés dans la suite de mon rapport.



Figure 5 : Schéma hiérarchisé de l'organisation du département de montage

Deux ateliers dédiés au montage de sellerie :

- **TRIM A** : Il est le premier atelier du bâtiment de montage. C'est ici que l'on reçoit les caisses nues arrivant du bâtiment de peinture. Au début du TRIM A on démonte les portes afin de faciliter le travail des opérateurs à l'intérieur de l'habitacle. Les portes passent directement par l'atelier de portes pour être équipées. Comme montré sur la Figure 6, le TRIM A compte quatre UET, plus une zone de réparation de composants que l'on appelle le « Kitting ».
- **TRIM B** : Le TRIM B est aussi un atelier dédié aux opérations de sellerie qui compte aussi quatre UET.
- **UF** : Il s'agit d'un tronçon de ligne appartenant à l'atelier de PLATINES, où on fait l'assemblage du groupe motopropulseur – la platine – au plancher du véhicule.

Un atelier dédié à la préparation et assemblage du groupe motopropulseur :

- **GMP (Groupe Motopropulseur)** : le bloc moteur, la chaîne motrice de la voiture, puis les suspensions, le radiateur et les systèmes de frein (disques et étriers de frein) sont assemblés au sein de cet atelier. Ensuite, l'ensemble du GMP passe à l'atelier de PLATINES pour la mise en place sur la platine. L'atelier du GMP compte deux UET.

Un atelier dédié à la préparation de portes, de roues et d'autres parties mécaniques de la voiture :

- **MECANIQUE** : d'un côté, on monte l'intérieur des portes et les vitres, qui ensuite sont renvoyées au TRIM B pour être réinstallées sur la voiture une fois l'habillage de l'habitacle terminé. Les portes se montent au long de deux UETs : PO4-1 et PO4-2. De l'autre côté, on visse les roues, des pièces mécaniques ainsi que certains liquides de remplissage comme ceux de refroidissement ou ceux des freins. Cette partie mécanique est réalisée au long de deux UETs : UF1 et UFS2 comme illustré sur la Figure 6.



Un atelier dédié au montage des planches de bord, platines et écrans thermiques de la sous-caisse :

– **PLANCHES DE BORD ET PLATINES** : Du côté des planches de bord, on monte l'ensemble du tableau de bord, y compris le système de climatisation, les airbags frontaux, l'équipe de son, l'écran tactile, etc. Ce tronçon de ligne est appelé aussi « PC2 ». De l'autre côté, le tronçon dédié aux platines est, comme on a déjà expliqué précédemment, l'endroit où on installe le bloc moteur provenant du GMP sur la structure de la sous-caisse. L'opération d'assemblage de la platine au plancher de la voiture est assez complexe d'un point de vue d'ingénierie, puisqu'il entraîne un alignement au millimètre près des deux parties ainsi que plus de 30 serrages à couples forts réalisés en une seule opération pour assurer une liaison robuste des parties.

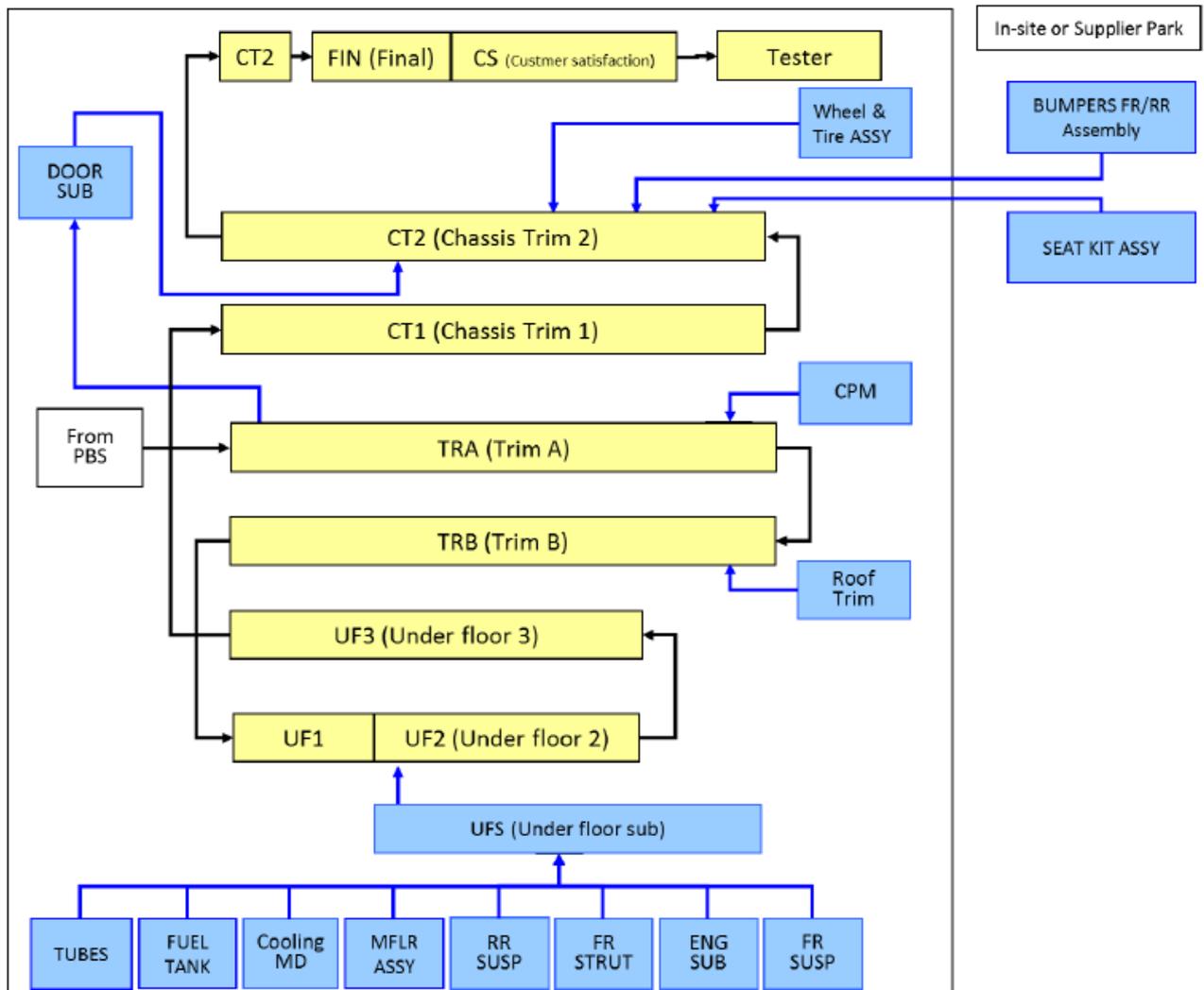


Figure 6 : Schéma de la distribution d'ateliers au département de montage

### 3. Le contexte des missions réalisées

#### 3.1. La qualité

Depuis quelques années, la qualité est devenue une fonction essentielle au sein de nombreuses entreprises. Face à une concurrence de plus en plus importante dans le secteur automobile, la qualité permet dès lors à chacune de se différencier, et de garantir au client une fiabilité et une crédibilité mesurée de ses produits ou services.

Les entreprises ont pris conscience que les clients devenaient de plus en plus exigeants et changeaient de comportement : désormais un client insatisfait devient infidèle à une marque. Il existe donc des consommateurs zappeurs. La qualité a été jugée comme un levier de développement.

Pour ces raisons et dans le cadre de la montée en gamme suivie par l'usine depuis 2014, Renault s'est positionné dans une démarche d'amélioration continue et des contrôles qualité tout au long du processus de fabrication.

#### 3.2. Le contrôle qualité

Le but du contrôle qualité est d'assurer un produit fini satisfaisant les réglementations techniques et les standards de qualité établis en interne. Un bon plan de surveillance doit mettre en place des actions permettant d'empêcher les « non-conformités », et prévoir une réactivité immédiate dans le cas où elles se produisent, afin de pallier les défauts avant de livrer le véhicule aux clients. Il doit toujours y avoir une remontée GRET (Système d'Information de Gestion des Retouches) des défauts afin d'avoir une bonne traçabilité, ce qui permet de réaliser des analyses statistiques de notre production et arriver à une amélioration continue.

Ces contrôles arrivent à vérifier la conformité du produit sans changer la ligne de production et sans altérer la cadence.

Dans notre cas, les contrôles que nous avons installés sont des contrôles par vision, c'est-à-dire que grâce à différents types de dispositifs d'acquisition comme des caméras ou des profilomètres, nous sommes capables de contrôler la production.

Ces nouveaux systèmes de vision industrielle sont le résultat de la grande innovation des dernières années, et ils sont basés sur l'intelligence artificielle.

### 3.3. L'intelligence artificielle

Le développement de l'intelligence artificielle est l'un des enjeux les plus importants de notre époque, qui fait suite à l'augmentation des volumes de données, à la complexification des algorithmes et aux progrès en matière de puissance de traitement et de stockage. Elle correspond à un ensemble de techniques capables de simuler l'intelligence humaine et elle permet à des machines d'apprendre par l'expérience, de s'adapter à de nouvelles données et à de nouvelles situations, et de réaliser des tâches complexes<sup>6</sup>.

Son fonctionnement se base sur le traitement itératif des grandes quantités de données grâce à des algorithmes intelligents qui permettent au logiciel d'apprendre de façon automatique.

L'IA a tant d'intérêt en raison de l'automatisation des processus répétitifs d'apprentissage et de découverte par biais des données, et en raison du fait qu'elle est aussi capable de s'adapter grâce à des algorithmes d'apprentissage progressif.

Aujourd'hui, les fonctionnalités de l'IA sont présentes dans tous les secteurs et elle va transformer le monde industriel en tendant vers l'industrie 4.0 ; avec une nouvelle façon d'organiser les moyens de production, en ayant tout connecté par l'internet des objets et les nouvelles technologies. Elle devient la convergence entre le monde virtuel et les usines.

Dans notre cas, nous allons nous centrer sur une branche de l'IA, la vision par ordinateur, qui tente d'imiter la vision des humains.

### 3.4. La vision par ordinateur

Les systèmes de contrôle qualité de nos jours reposent sur la vision par ordinateur. Ils permettent de réaliser une analyse et un traitement des images et vidéos prises par un système d'acquisition, comme les caméras. Pourtant, il existe un traitement des données visuelles qui permet d'atteindre un niveau supérieur en automatisation pour interpréter un élément visuel.

Plus concrètement, la vision par ordinateur permet de relever des informations à des endroits, à des fréquences ou sur des durées telles que l'œil humain ne pourrait tout simplement pas effectuer ces relevés sans commettre des erreurs.

Cette technologie innovante avec ses algorithmes va nous permettre de traiter les images des différents points de contrôle pour pouvoir contrôler la conformité ou non-conformité des produits étudiés et remplacer le contrôle par l'œil humain, qui est fatigant et peu précis.

---

<sup>6</sup> Information récupérée sur <https://www.inria.fr/fr>

### 3.5. GRET

GRET est le Système d'Information de Gestion des Retouches, système qui permet de recueillir l'ensemble des défauts trouvés de tous les contrôles qualité réalisés dans l'usine, afin d'avoir une traçabilité de ces défauts, de pouvoir réaliser sa réparation et de garantir une qualité finale optimale.

Il permet essentiellement :

- D'enregistrer les défauts constatés en ligne ou en plateau
- D'orienter les véhicules (ou les organes mécaniques) vers les zones de retouches appropriées
- De saisir les retouches effectuées en ligne ou en plateau
- De calculer les indicateurs de résultats
- D'alimenter l'animation des actions de réduction des retouches

La remontée des défauts sur GRET peut être faite soit manuellement par le « Checkman », soit automatiquement en programmant l'exportation systématique de défauts.

Quelques avantages de son utilisation sont l'assurance de qualité finale, l'origine du défaut connue à 100% et la réactivité, entre autres.

## 4. Mes missions

L'objectif principal de M. Nicolas VASSEUR (maître de stage et CUET Moyens Montage) pour les stagiaires pendant les années précédentes a été de livrer un sujet de stage qui permette de parcourir tous les recoins de l'usine. En même temps, il veut confier de nombreuses tâches permettant au stagiaire d'avoir une vision globale de l'entreprise.

L'automobile est un des secteurs les plus concernés par l'automatisation de ses sites de production. Face à une demande toujours plus forte et des technologies de plus en plus avancées, le recours aux contrôles qualité automatisés est devenu indispensable pour gagner en fiabilité et traçabilité. Même si les chaînes de montage se sont progressivement automatisées, l'homme est toujours responsable d'une majorité du travail, donc, les défauts vont toujours apparaître. Pour les diminuer au maximum et qu'ils n'arrivent pas aux clients, les contrôles de qualité sont un élément clé dans la production.

Pour ces raisons il va m'être donné de travailler sur ces deux grands sujets liés à l'automatisation des contrôles qualité :

### 4.1. POK.AI.OK

Ce projet de contrôle qualité appelé POK.AI.OK est développé avec une start-up française, BUAWEI. C'est un projet de codéveloppement entre BUAWEI et Renault afin d'élaborer un système mobile de contrôle qualité. L'équipe métier du Technocentre de Guyancourt est le responsable de ce projet. Ce projet a été commencé il y a trois ans, donc le choix de cette solution avait déjà été pris avant mon arrivée. Ils ont choisi ce fournisseur car cette société était la plus flexible et la plus à même de s'adapter aux besoins de Renault, en réalisant un codéveloppement stratégique afin de travailler ensemble et arriver à une solution optimale adaptée aux usines du Groupe.

Une autre raison de ce choix était le type de business model des fournisseurs. BUAWEI proposait un modèle où il n’y a pas besoin de payer une licence régulièrement, et par conséquent un prix acceptable.

Le système a été développé avec l’objectif de remplacer les systèmes de contrôle traditionnels. Puisque le déploiement massif des systèmes traditionnels est ralenti par :

- Les compétences pour le cadrage, paramétrage, l’exploitation et la maintenance trop pointues.
- Le manque de flexibilité (implantation et paramétrage).
- L’environnement industriel : Montage contraignant : variation lumière, vibrations, poussières, salissures, défilé...

L’analyse d’images basée sur l’intelligence artificielle et la vision industrielle traditionnelle sont des technologies complémentaires comme développé sur la Figure 18.



Figure 7 : Applications complémentaires de la vision traditionnelle et la vision IA

Parallèlement à la mise à disposition et l’optimisation des briques technologiques de contrôle par vision traditionnelle, la stratégie Métier du département est de développer un ensemble des solutions de contrôle par vision IA :

- Avec une Interface Homme Machine très intuitive pour le paramétrage et l’exploitation du système.
- Flexible et utilisable sur plusieurs applications industrielles successivement.
- Capable d’évoluer : acceptation de nouveaux modèles.

L’objectif de cet outil est de trouver les défauts avant la livraison des voitures aux clients et de répondre aux réglementations de plus en plus exigeantes sur le niveau de qualité dans les usines. C’est un système qui travaille en permanence, qui est mobile pour pouvoir l’installer chaque semaine au niveau de l’apparition des défauts les plus récurrents, et avec un apprentissage rapide et intuitif pour l’utilisateur. La Figure 8 montre l’ensemble du produit.

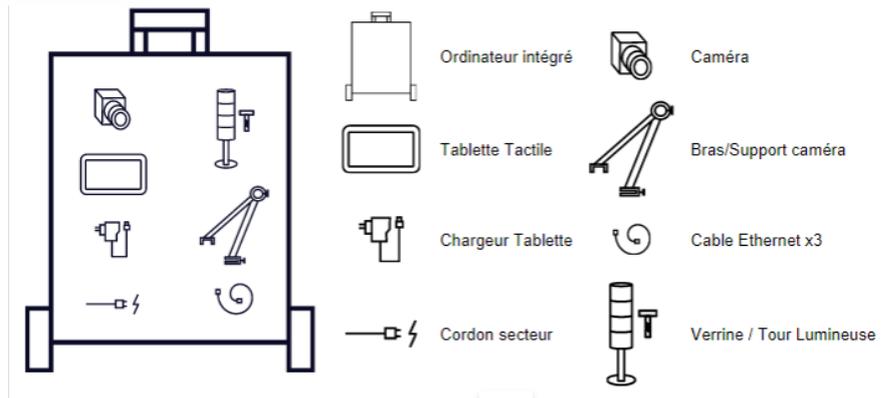


Figure 8 : L'ensemble du produit POKAI.OK

L'équipe POKAIOK a les objectifs suivants :

- Concevoir et construire un système flexible et intuitif pour l'utilisateur.
- Trouver un système capable de piéger les défauts et prévenir en cas de non-conformité.

Notre méthode de travail est basée sur la méthode agile, c'est-à-dire dans un cycle d'amélioration continue itératif du système :

1. Réalisation des tests dans le milieu industriel
2. Présentation des résultats
3. Remontée des points
4. Corrections (En priorisant les défauts plus importants) -> Mise à jour du système

En appliquant cette stratégie, un développement rapide du système est possible en profitant de la bonne implication de tous les acteurs du projet. Afin de réaliser un suivi des avancements, des points ont été réalisés toutes les deux semaines avec tous les acteurs pour que tout le monde soit au courant des avancements et des améliorations du système, et pour tracer le planning/objectifs des semaines suivantes.

Cependant, des difficultés techniques ont été trouvées au cours de la réalisation des tests, comme les problèmes bloquants qui font perdre beaucoup de temps. Par exemple, lors des premiers tests et après la première prise d'images d'un point de contrôle, il faut classifier ces images dans les différentes classes. Lors de cette classification, une image a été mal classée. En voulant finir l'apprentissage et retourner au dataset pour déplacer cette image à l'autre classe, nous nous sommes rendu compte que le système, au lieu de déplacer l'image sélectionnée, il déplaçait la première image de cette classe. Donc, ce point de contrôle, il ne pouvait pas être approprié et par conséquent, il fallait recréer le même point de contrôle.

Pour la réalisation des tests, la démarche à suivre a été la suivante :

- Choix d'un point à contrôler
- Trouver un emplacement qui soit effectif et pas gênant pour les opérateurs
- Installation de la valise
- Création du point de contrôle
- Choix du type de contrôle (OK/NOK ou A/B/C...)
- Réglages de netteté et de luminosité de la caméra
- Création du trigger (déclencheur de la prise d'images)

- Apprentissage du système → Prise des images et classification selon la classe
- Début des tests
- Reclassification des images si trompé
- Obtention des résultats
- Conclusions

Par rapport à la création d'un point de contrôle, il y a trois termes à expliquer pour pouvoir bien connaître le fonctionnement du système.

- Zone du trigger : c'est la zone sélectionnée dans notre image où le système va détecter l'objet déclencheur. Elle doit être constante en forme et emplacement car sinon la photo ne va pas être déclenchée.
- Zone d'intérêt : c'est la zone sélectionnée dans notre image où l'objet à contrôler doit être présent au moment du déclenchement.



Figure 9 : exemple de trigger

- Seuil de confiance ou score de similarité : à chaque fois qu'une photo est analysée, le système donne la réponse en l'associant à une classe avec un pourcentage de similarité par rapport aux photos qui sont déjà classées dans cette classe. Donc, plus le système est entraîné avec différentes photos, plus le score de similarité va se rapprocher à 100%.

La figure 10 montre les étapes les plus importantes pour créer un point de contrôle.



IHM / PARCOURS UTILISATEUR: GRANDES ÉTAPES CRÉATION



Figure 10 : Création d'un point de control

Il existe deux types de contrôles en ce moment, le contrôle de conformité OK/NOK et le contrôle de diversité par classes. Par exemple, un test réalisé est le tri des véhicules selon le type de carburant en lisant l'étiquette carburant. Dans ce test illustré sur la Figure 11, puisqu'il y avait deux possibles emplacements pour l'étiquette, trois classes ont été créées afin d'avoir : « essence », « diesel » et « autre emplacement » pour pouvoir regrouper dans la troisième classe toutes les étiquettes correspondant à un autre emplacement. Sinon, le tri serait impossible puisqu'on devrait avoir plusieurs zones d'intérêt.



Figure 11 : Classes du test étiquettes carburant



L'une des plus grandes difficultés techniques qui existe en ce moment, c'est le problème au niveau du trigger dans le cas où un opérateur est devant la caméra et qu'il ne déclenche pas. Ce phénomène laisse non seulement passer un véhicule sans le contrôler, mais il génère aussi un décalage sur la prise des données.

Voici un exemple sur le Tableau XX pour pouvoir mieux comprendre cette problématique. Supposons qu'un contrôle sur la couleur des véhicules est réalisé, la valise 1 réalise un contrôle réel des couleurs. Pour la valise 2, lors du passage du véhicule numéro 2, le trigger est caché par un opérateur et ainsi il n'a pas déclenché. Donc, au niveau des résultats enregistrés, la valise 2 va enregistrer les résultats avec un décalage d'un véhicule (Résultat du véhicule 3 enregistré pour le véhicule 2).

Test contrôle couleur véhicules		
	Valise 1	Valise 2
Véhicule 1 : rouge	Rouge	Rouge
Véhicule 2 : vert	Vert	Jaune
Véhicule 3 : jaune	Jaune	Gris
Véhicule 4 : gris	Gris	

Non déclenchement

Tableau 1 : Exemple test couleur véhicule

Le dispositif mis en place pour alerter d'un défaut fonctionne pour l'alerte des opérateurs (AOP), il est développé sur la Figure 12.

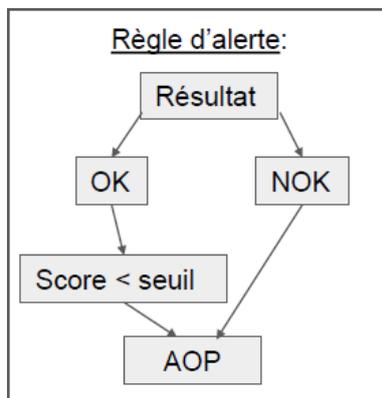


Figure 12 : Schéma fonctionnement de l'alerte

Donc, quand le système détecte un défaut ou calcule un indice de confiance inférieur au seuil, il y aura :

- Alerte par verrine
- Alerte opérateur par téléphone
- Alerte sur l'écran en affichant l'image prise et le numéro de référence du véhicule

Il faut signaler que le seuil de confiance peut être modifié pour trouver un seuil optimal, qui donne la marge de sécurité permettant au système de ne pas laisser passer de défauts et pour que l'alerte ne soit pas activée trop souvent.

Pour regrouper les résultats, une matrice de confusion illustré sur le Tableau 2 a été utilisée afin de résumer les résultats :



Matrice de confusion		Réel	
		OK	NOK
Système	OK	A	B
	NOK	C	D

Tableau 2 : Matrice de confusion

À partir de cette matrice, une évaluation de la performance du système est possible d'une façon fiable et identique pour tous les tests. Dans la matrice de confusion, il existe quatre différentes possibilités :

- A : vrais positifs, c'est un OK que le système a aussi marqué comme OK
- B : Faux positifs, c'est un NOK mais le système l'a marqué comme OK
- C : Faux négatifs, c'est un OK mais le système l'a marqué comme NOK
- D : vrais négatifs, c'est un NOK que le système a aussi marqué comme NOK

La cellule la plus gênante est la « B », c'est-à-dire les faux positifs. Il faut essayer de toujours la conserver à zéro, car ils représentent de vrais défauts qui ne sont pas détectés par le système, et qui peuvent par conséquent arriver au client.

Un paramètre qui est aussi intéressant, c'est le nombre d'images nécessaires dans le dataset (mémoire du système) pour avoir une bonne fiabilité. Afin d'évaluer ce paramètre et l'efficacité du système, des graphiques ont été tracés pour connaître la relation entre la performance du système et le nombre des images dans le dataset.

Donc, pour l'évaluation du système, les paramètres indiqués sur la Figure 13 ont été calculés.

## EVALUATION

		Actual Value (as confirmed by experiment)	
		positives	negatives
Predicted Value (predicted by the test)	positives	<b>TP</b> True Positive	<b>FP</b> False Positive
	negatives	<b>FN</b> False Negative	<b>TN</b> True Negative

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$F1score = 2 * \frac{recall * precision}{recall + precision}$$

Figure 13 : Evaluation de performance du système

Comme représenté sur la Figure 14, ces paramètres ont été tracés par rapport au nombre d'images dans le dataset.

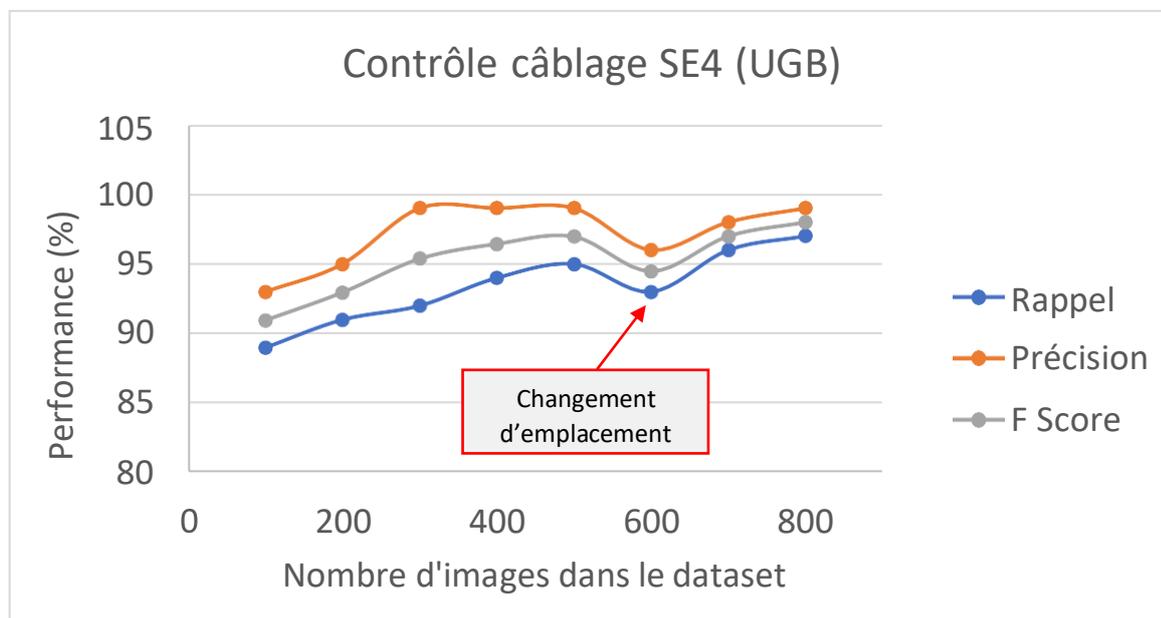


Figure 14 : Graphique contrôle câblage

Comme illustré, les différents paramètres augmentent leurs valeurs avec l'enrichissement des différentes classes (OK et NOK dans ce cas) et donc du dataset, et il peut être assuré qu'avec un dataset d'environ 300 images, le système est fiable. Il faut porter attention sur la courbe bleue qui correspond au paramètre « Rappel », c'est-à-dire la relation entre les vrais positifs et les faux positifs qui augmente lors de l'entraînement du système, donc les défauts ne passeront pas sans être détectés. Il est aussi intéressant de remarquer la chute de performance vers les 600 images, elle est due à un changement de l'emplacement de la caméra. Donc, quand on revient vers un point de contrôle déjà créé il faut essayer de replacer la caméra précisément au même endroit que la dernière fois, et si cette action n'est pas réalisée parfaitement, il y aura une petite chute de la performance jusqu'à ce que le système apprenne ce nouvel emplacement.

Le projet POKAI.OK une fois terminé sera composé d'un système de quatre caméras liées à une seule valise, dont chaque valise peut avoir quatre zones de contrôle. Pour ce faire, ce projet s'est déroulé en plusieurs étapes dites 'steps' :

- Step 1 : une caméra liée à une valise avec une seule zone de contrôle.
- Step 2 : quatre caméras liées à une valise avec une zone de contrôle chacune.
- Step 3 : une caméra liée à une valise avec quatre zones de contrôle possibles.
- Step 4 : quatre caméras liées à une valise et quatre zones de contrôle possibles pour chaque caméra.

L'usine de Renault de Douai vise à commercialiser bientôt une voiture électrique. Pour ce faire, plusieurs contrôles doivent être faits lors de la fabrication. En ce qui concerne le service de montage, des nombreux contrôles doivent être faits avant le vissage du bas de caisse avec la carrosserie de la voiture. C'est pour ceci que POKAI.OK joue un rôle important.

Notre rôle dans le projet comme Chargés d'Affaires a été la prise en main du système pour pouvoir réaliser des tests sur le terrain industriel, et ainsi faire les remontées et conclusions pour l'équipe POKAI.OK afin de promouvoir les différents axes d'amélioration du système. Pour ce faire, différentes

missions m'ont été confiées.

- **Chariots CT1 et CT2 :**

A mon arrivée, le step 1 était déjà validé donc la première mission était d'installer quatre caméras, deux à la fin de CT2 et deux au début de CT1, chacune liée à une seule valise. L'objectif était d'éviter la chute du chariot due aux pièces qui dépassent du chariot, ce fait occasionne un arrêt de la production d'environ vingt minutes. Après avoir installé les quatre caméras, on s'est rendu compte qu'en CT1, on pouvait contrôler les deux chariots avec seulement une caméra (soit une valise). La figure 15 représente la vue de la caméra en question. Les deux chariots se trouvent en ligne dans la partie gauche de la photo et le carré rouge représente la zone de contrôle.

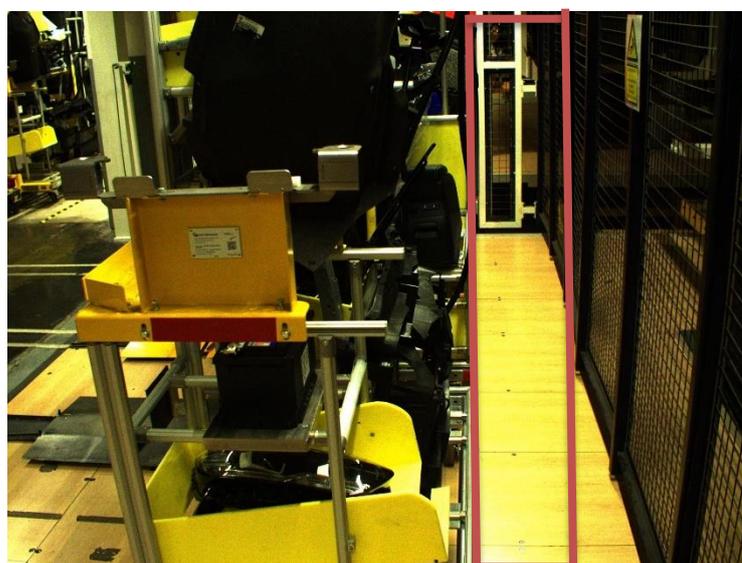


Figure 15 : Point de contrôle chariots CT1

Initialement, en ce qui concerne le trigger (élément déclencheur de la photo), l'idée était d'utiliser le rectangle rouge situé au niveau de la plaque jaune du chariot. Cependant, puisque le système ne reconnaît pas les couleurs, il prenait une photo à chaque fois qu'il y avait un rectangle. La solution à ce problème s'est trouvée en faisant un déclenchement manuel. Cette action est réalisée par les opérateurs. Donc, une fois qu'ils placent les chariots sur les skillets (plateaux mobiles), avant de valider son départ, ils déclenchent une photo pour vérifier le bon positionnement des pièces dans les chariots. Si OK, ils valident le départ ; autrement, ils remettent la pièce qui dépasse et ils déclenchent une autre photo. Etant donné que cette action réalisée par les opérateurs est un supplément à leur travail, dès le début, il a fallu les accompagner en leur expliquant et démontrant l'utilité du projet.

Une fois que le point de contrôle a été lancé, chaque semaine j'ai dû présenter des résultats comparant le nombre d'arrêts évités avec ceux réels pour prouver son efficacité. Ces résultats sont montrés dans la figure 16 entre fin février et mi-juillet (dates de fonctionnement du point de contrôle pendant mon stage). La courbe bleue représente le temps réel d'arrêt en minutes. Les cinq chutes sont dues à exceptions où la valise était étendue ou la caméra mal positionnée. La courbe violette représente le temps d'arrêt évité. Il est calculé en analysant les photos NOK du dataset ; chaque NOK qui occasionne un arrêt est multiplié par 20 (temps moyen d'arrêt). Finalement, la courbe verte représente le nombre total de NOK de chaque journée.

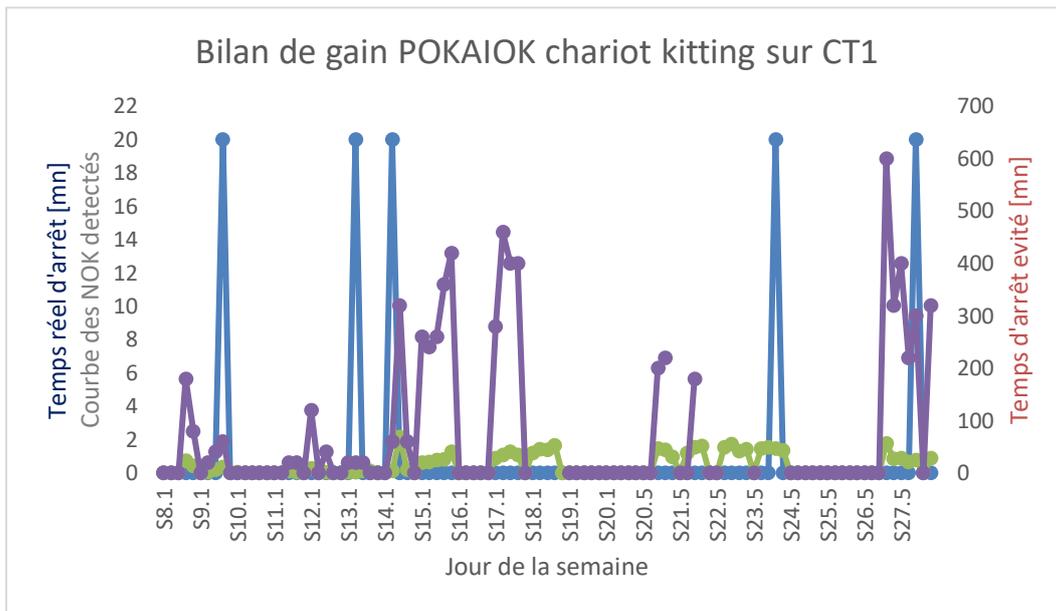


Figure 16 : bilan de gain POKAIOK chariot kitting sur CT1

Dans les figures 17 et 18 on peut voir la différence entre un NOK qui n'occasionne un arrêt, mais la pièce est abimée, et un NOK qui fait tomber le chariot.

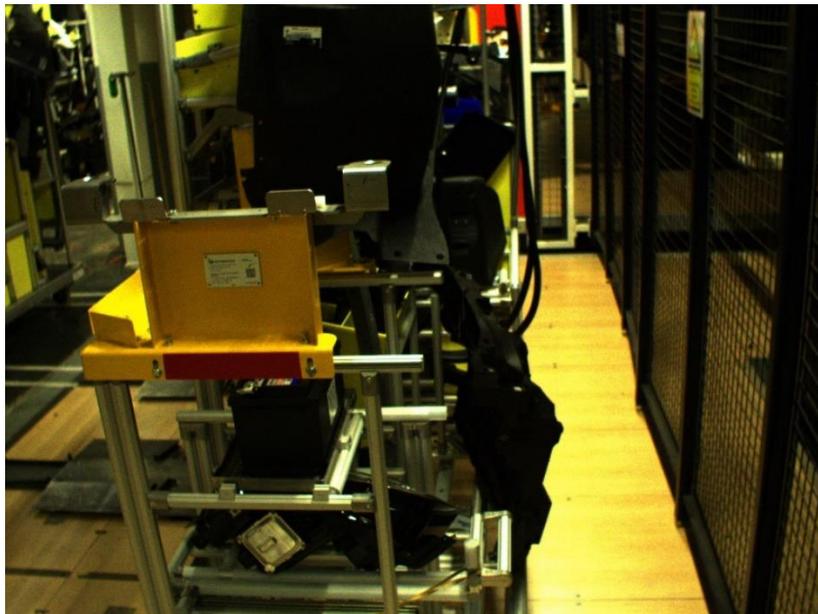


Figure 17 : NOK qui provoque une chute



Figure 18 : NOK qui seulement abime la pièce

De l'autre côté, en CT2, la façon dont les chariots sont placés, ne permettait pas d'utiliser seulement une caméra. Un des problèmes rencontrés avec ce point de contrôle était de trouver une pièce capable de servir comme trigger. C'est-à-dire, une pièce qui ne change pas ni de forme ni d'endroit.

Donc la solution trouvée a été de concevoir une pièce pour la placer dans chaque chariot. Cependant, lors que je fabriquais la pièce et j'entraînais le système, je me suis rendue compte que, en fait, aucune chute s'était produite ni aucune pièce fut abimée. Grâce à ceci, ma proposition d'enlever les deux caméras pour pouvoir les utiliser dans un autre cas d'usage a été validé. Cette action a été appuyée sur un graphique comparatif que j'ai réalisée entre les chutes évitées et celles produites qui a démontré qu'en CT2, le contrôle de la zone était inutile.

- **Tableau de bord en PC2 :**

En PC2, où on monte les tableaux de bord, la chaîne est faite de sorte qu'il y ait des chariots qui vont de poste en poste en portant le tableau de bord. Les opérateurs, au fur à mesure, ajoutent les différents composants sur un squelette métallique qui est la base du tableau de bord jusqu'à la sortie de la chaîne. Pendant les étapes du montage, il faut basculer cette pièce en appuyant sur une pédale placée sur le chariot au niveau du pied de l'opérateur pour faciliter la mise en place des connecteurs par exemple. Elle est appuyée sur un arbre qui appartient au chariot qui le permet d'effectuer la rotation. De même, un verrou à gauche permet à la pièce de ne pas tourner sur elle-même en raison des effets de la gravité. Néanmoins, ce verrou est activé par un opérateur et sa position change en fonction du model de véhicule auquel le tableau de bord va appartenir. Il y a une configuration pour BCB et une autre pour CMF1. En conséquence, quand il n'a pas la bonne position, la partie métallique bascule et l'opérateur se blesse. Alors le système POKAI.OK joue un rôle important en vue d'empêcher cette rotation non voulue en alertant l'opérateur de la mauvaise position du verrouillage.

Dans les images ci-dessous, on peut voir, à gauche, une vue du point de contrôle. La caméra filme vers le haut ; à droite en bas on trouve la valise avec la vérine et la tablette à côté. Le sens de la chaîne est tel qui va vers le fond de l'image. A droite on voit le chariot avec en portant le squelette du tableau de bord avec quelques composants qui ont été déjà ajoutés.

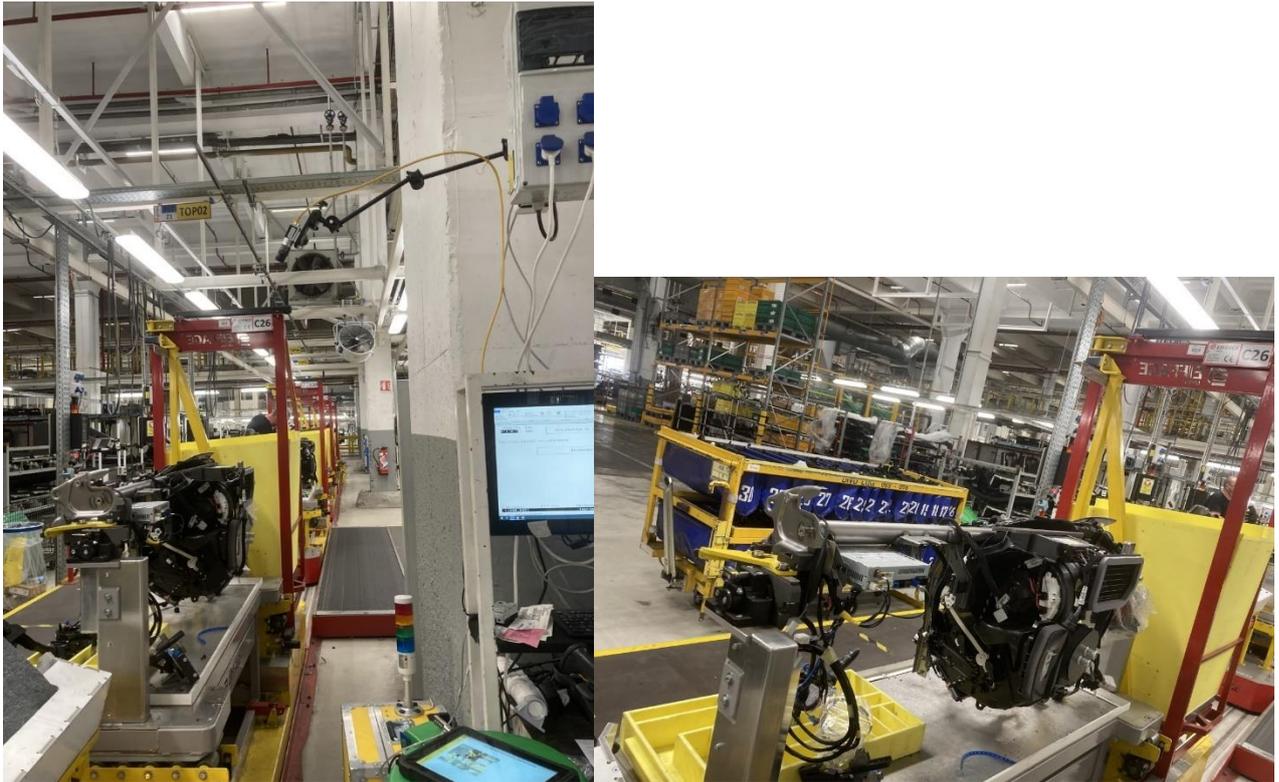
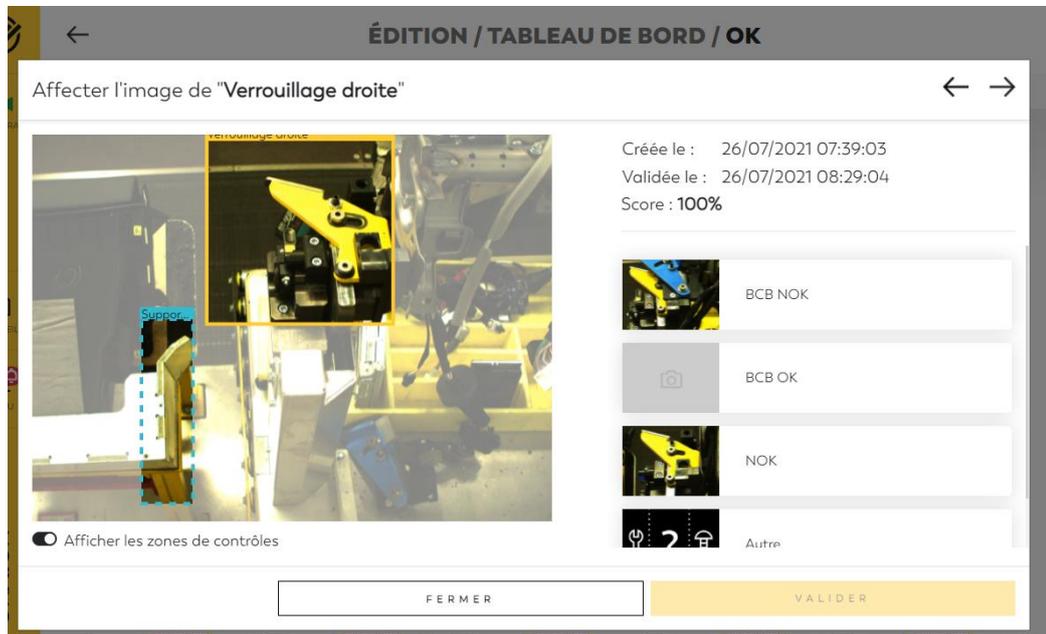


Figure 19 : à gauche, vue latérale du point de contrôle tablette ; à droite, vue du chariot avec le tableau de bord.

La différence entre le verrou d'un tableau de bord CMF1 et BCB s'agit d'une pièce bleue de plus pour le BCB et le verrou vers le côté bleu, comme c'est montré dans les photos ci-dessous.



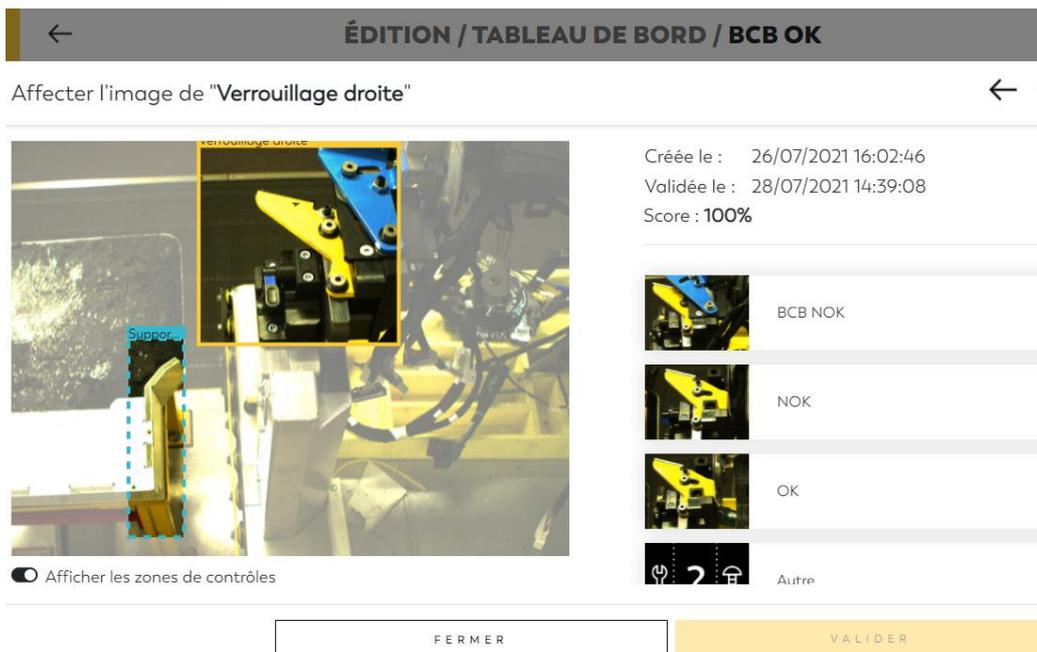
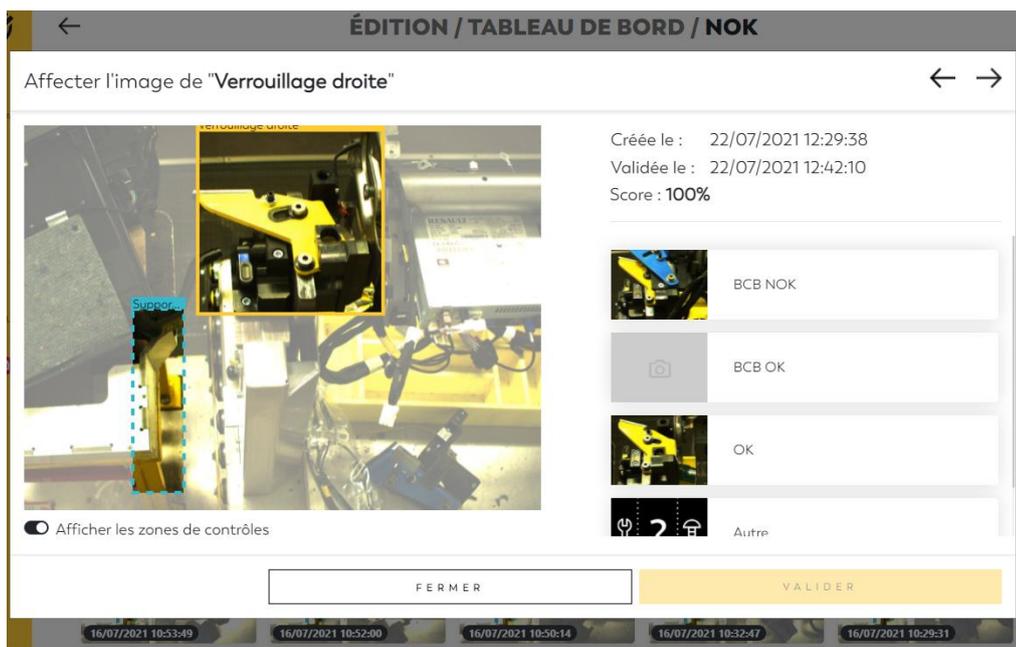


Figure 20 : OK pour CMF1 et pour BCB en ordre



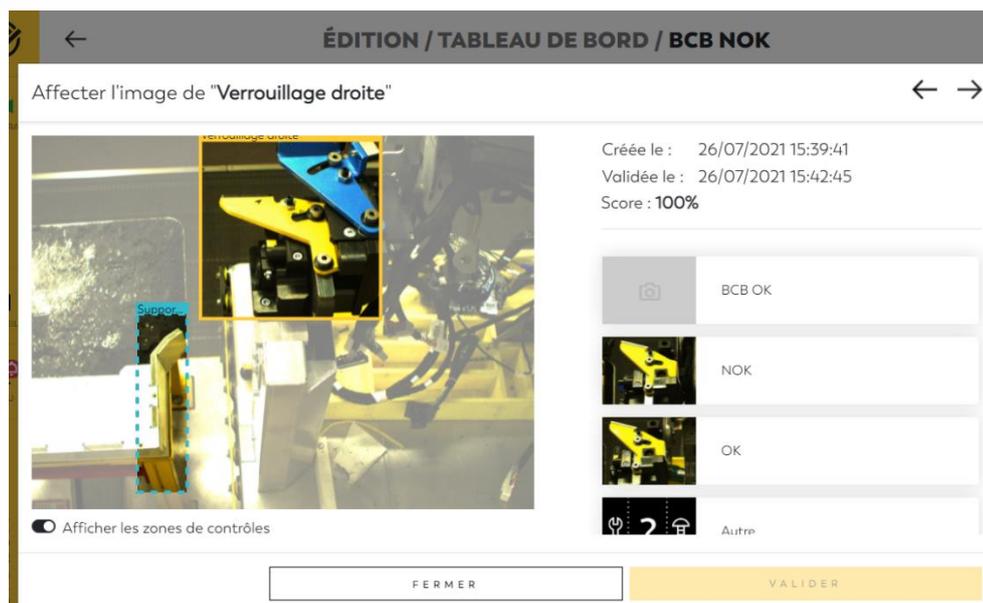


Figure 21 : NOK pour CMF1 et pour BCB en ordre

- **BCB :**

Quand les platines arrivent à la fin de UFS, avant le poste « Checkman », plusieurs contrôles doivent être faits pour l'aider car juste après, la platine entre en UF2 pour faire l'accostage entre la platine et la sous caisse. Donc, il s'agit d'un moment très critique puisque s'il y a un défaut (une visse qui manque, par exemple), elle ne sera détectée qu'au moment des essais de la voiture, moment où il est trop complexe de réparer le défaut. De même, entre temps, ce défaut peut aussi provoquer des dégâts dans les machines qui aident au montage du véhicule.

En raison de la haute qualité exigée, il a fallu que nous commencions la création des contrôles BCB avec POKAI.OK, même si le système n'était pas complètement développé, en vue de les avoir opérationnels pour fin septembre.

Pour cette partie du projet, nous avons une valise à disposition avec une mise à jour qui permettait de connecter quatre caméras et faire des enregistrements. Néanmoins, on ne pouvait pas encore créer des points de contrôle car nous étions en train de développer le step 4 (multicaméra).

En premier lieu, l'idée était de se servir d'une structure en forme d'arche déjà existante sur la ligne (voir Figure 22) pour placer ces caméras et enregistrer les platines BCB qui passaient. Cependant, une des problématiques était que sa fréquence de production était faible (une moyenne de 3-4 par jour) et pas constante. Une contrainte supplémentaire : il fallait démarrer et arrêter l'enregistrement à la main car la tablette ne peut pas prendre de longues vidéos. Néanmoins, grâce à la Checkman, qui s'est montrée très intéressée et prête à nous aider, la tâche est devenue plus facile à réaliser.



Figure 22 : Arche sur UFS



Nous avons installé deux caméras à gauche et deux à droite en les paramétrant pour filmer l'avant droit et gauche ainsi que l'arrière droit et gauche. L'objectif était de reprendre les vidéos, les assembler pour en faire une seule rassemblant une prise d'image en continu par la caméra. Une fois que nous avons ces quatre vidéos (une par caméra), nous allons créer les points de contrôle avec un logiciel spécial chez le fournisseur. Parallèlement, nous avons placé une platine BCB dans une salle et nous avons fait construire une arche identique à celle de UFS pour faire des essais en statique. Nous avons utilisé une caméra pour essayer de l'installer avec la même prise d'image que celles de UFS pour créer des défauts et avoir un dataset des NOK sans subir les aléas de la ligne de production.

Il a fallu de nombreux essais pour y arriver. Cependant, nous n'avons pas réussi à créer ces points de contrôle car le type de photo prise par la caméra des essais était différente à celle des quatre caméras.

L'alternative à ce problème a été de remplacer la valise multicaméra par quatre + deux (six au total) valises différentes avec la mise à jour du step 3 (une caméra multizone) et de créer des points de contrôle. Cette solution n'a pas été adoptée auparavant car il y avait la contrainte de réaliser des défauts directement sur la ligne.

La figure 23 représente l'interface du point de contrôle d'une des tablettes. Les images correspondent au dataset OK de chaque zone de contrôle créé.

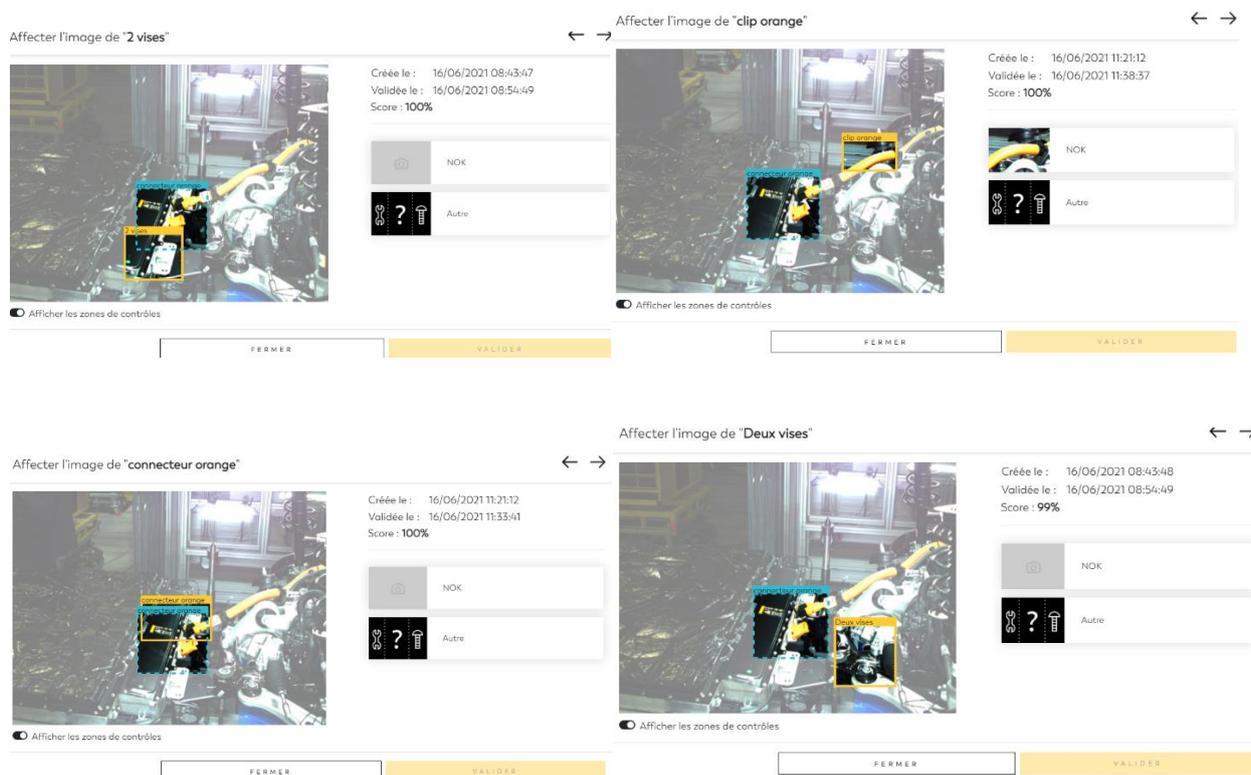


Figure 23 : Interface du dataset OK pour chaque zone de contrôle de la tablette d'une des caméras contrôle platine BCB

On a créé 4x6 zones de contrôle. Sur cette partie, plusieurs difficultés techniques ont été soulevées puisqu'il y avait de lourdes contraintes dues au fait qu'il faut plus d'un NOK pour que le système apprenne (dont plusieurs sont assez compliqués de les créer sur ligne) ; ainsi que le fait d'avoir six valises fonctionnant en continu provoquent des interférences pour la connexion valise-tablette (établie grâce au réseau wifi de chaque valise).

## 4.2. Tunnel Contrôle Vision

Ma mission consiste en le pilotage du projet de conception, sur la fabrication et l'installation d'un contrôle conformité par vision en bout de tronçon « SC5 ». Ce tronçon correspond à l'endroit où on assemble la platine sous-casse des voitures. Le contrôle agit pour vérifier qu'un ensemble de composants du groupe moto propulseur (GMP), vis, connecteurs, passages de tuyaux sont installés de manière conforme sur les platines. Le contrôle est réalisé en dynamique et le fonctionnement du système est détaillé dans la Figure 24. Il y aura un arrêt de chaîne en fonction de la criticité du défaut.



Figure 24 : Schéma fonctionnement du tunnel contrôle par vision

En ce moment, il existe un opérateur qui réalise ce travail de contrôle appelé « Checkman », et son poste pourrait évoluer vers « Retoucheur », personne responsable des possibles retouches de la platine sur le tronçon. Avec ce nouveau système de contrôle de qualité déjà installé dans une autre usine du Groupe, des contrôles de connexion, présence/absence, conformité et traçabilité vont pouvoir être réalisés de manière automatique.

L'automatisation des postes devient de plus en plus fréquente dans les usines. Le remplacement d'un opérateur par une machine, et dans notre cas par un système de contrôle automatisé, a plusieurs avantages illustrés sur le Tableau 2 qui justifient cette culture vers l'automatisation.

Avantages	Inconvénients
Réduction des coûts	Investissement
Augmentation de la productivité	Suppression d'emplois
Disponibilité	Maintenance
Fiabilité	Consommation énergétique élevée
Performance	

Tableau 2 : Avantages et inconvénients de l'automatisation

Toutes les entreprises sont confrontées à une pression mondiale qui les pousse à renforcer leur rentabilité, et cette automatisation permet d'améliorer le chiffre d'affaires d'une société en augmentant considérablement le rythme de production. Les opérations automatisées permettent aussi de résoudre divers problèmes, comme les problèmes de cadence sur un poste. De plus, toute indisponibilité d'un opérateur a des répercussions négatives sur l'activité. La productivité est un

avantage évident de l'automatisation, mais le gain de fiabilité est encore plus important. Lorsque le facteur humain est retiré, la plupart des erreurs sont éliminées. Par exemple, l'automatisation des opérations permet de ne pas en oublier et de les exécuter dans le bon ordre, mais aussi que les toutes tâches requises et tout traitement spécial soient bien réalisés et que les données entrées soient correctes. Tout cela permet donc d'améliorer la performance de l'entreprise surtout sur des postes qui réalisent des opérations pénibles. Le passage à des opérations automatisées offre un bon retour sur investissement.

Au niveau des inconvénients, réaliser une automatisation de la chaîne de production exige un gros investissement et une maintenance régulière. Cette ère de la robotisation annonce une grande vague de chômage technologique. La révolution technologique est un phénomène qui entraîne la perte de nombreux emplois. De plus, la multiplication des machines implique une augmentation de la consommation d'énergie. L'augmentation de la production entraîne la mise en place de systèmes en rapport avec les enjeux environnementaux. La croissance de l'électricité présente un impact direct sur le coût de production.

L'objectif est de réaliser le plus grand nombre des contrôles possibles même s'il y a des contrôles « tirer-pousser » que l'on ne peut pas réaliser, sur des connexions de tuyaux par exemple.

Une cartographie des opérations que le Checkman suit a été réalisée avec l'aide l'ensemble des Chefs d'Atelier et Chefs d'Unités de la ligne. De cette façon et en discutant avec eux et avec les Responsables de qualité, les défauts les plus graves et ceux qui arrivent le plus souvent ont été ciblés pour les aborder en priorité par le tunnel.

Être en contact avec le Tooling de Cléon a été un élément clé car ils sont responsables de l'installation du tunnel et ils ont déjà réalisé un dispositif similaire dans une autre usine du Groupe. Dans le même temps, le CDC et un planning ont été rédigés pour pouvoir s'organiser de manière efficace.

Plusieurs réunions hebdomadaires ont eu lieu avec le Tooling afin d'arriver à la conception idéale dont le prototypage est illustré sur la Figure 25.

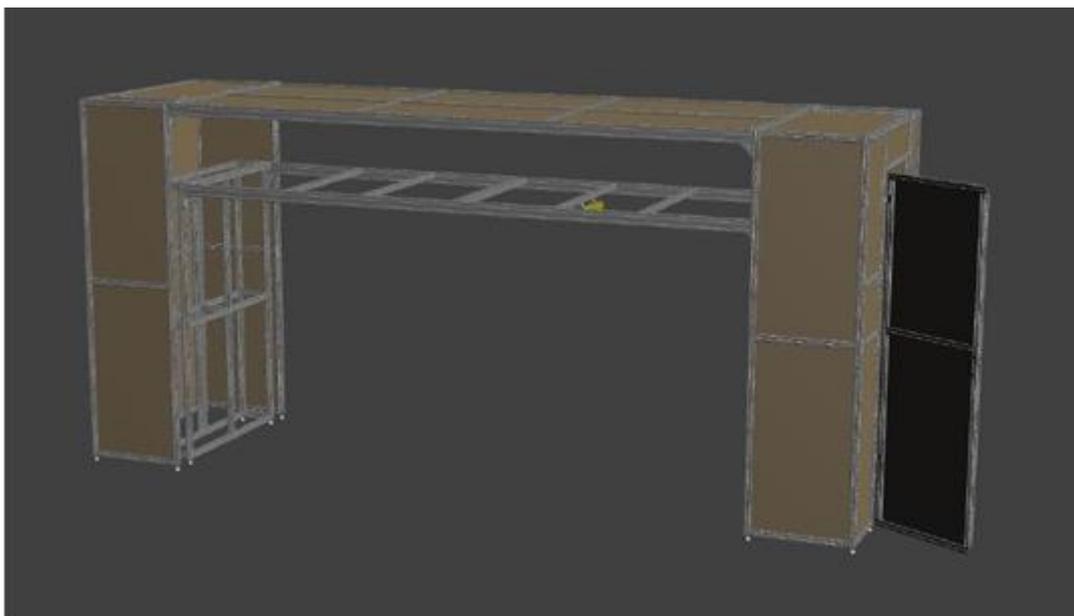


Figure 25 : Prototypage du tunnel

Ma tâche principale allait être le réglage des 80 caméras installées sur le tunnel afin de contrôler tous les points de la cartographie.

C'était un très bon défi car comme la chaîne de production est en mono-flux avec différents modèles, il fallait faire un bon travail afin de que le système soit fiable en tenant en compte toutes les diversités des voitures.

L'implantation de ce tunnel de contrôle qualité par vision va permettre d'automatiser le poste « Checkman » afin de libérer du temps à l'opérateur et va ajouter la valeur d'avoir une rigoureuse traçabilité et une remontée GRET automatisée des défauts.

Ce système doit impérativement être flexible et évolutif avec la possibilité d'ajouter et de supprimer des points de contrôle pour s'adapter aux futures productions.

Il y aura un écran sur le tronçon SC5 qui indique les contrôles réalisés à chaque platine et les non-conformités afin que le « Retoucheur » puisse réaliser les retouches entre le tunnel et la fin du tronçon.

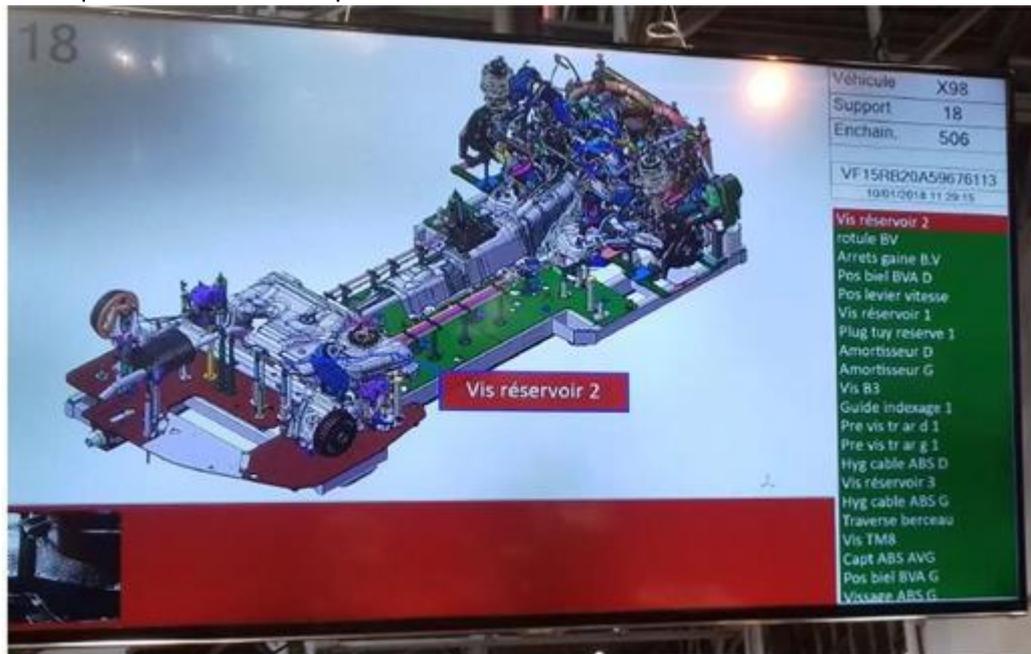


Figure 26 : Écran résultats contrôle à l'usine de Flins

La Figure 26 s'agit de l'affichage d'un écran avec les résultats des contrôles réalisés sur une platine à l'usine de Flins. Ici, tous les contrôles sont conformes sauf la « Vis réservoir 2 », laquelle devra être soit mise soit bien positionnée par le « Retoucheur ».



## 5. Conclusion

Ce stage a été très enrichissant. En effet, il a été effectué pendant une période idéale grâce au grand projet de l'ASL. Cependant, l'arrêt causé par l'apparition du COVID-19 a été problématique et inconfortant car le rythme de travail dans l'usine n'a pas été l'habituel.

Ce stage de fin d'études m'a permis de me mettre en situation d'ingénieur pour être un professionnel aguerri à la fabrication-production automobile. A ce jour, je suis capable de répondre aux préoccupations majeures des usines automobiles : performance, qualité, sécurité et ergonomie.

Durant cette période, des compétences de contrôle qualité, des caméras de vision et de l'intelligence artificielle ont été acquises. La mise en œuvre des acquis de ma formation comme ingénieur généraliste, spécialisé en mécanique a été très agréable. Également, des missions d'ingénieur m'ont été confiés comme chargé d'affaires. Une de mes compétences qui m'a aidé au bon déroulement de mon stage est mon adaptabilité, qui m'a amené à travailler sur deux projets différents ainsi qu'à m'accommoder aux différentes situations vécues.

En tant qu'ingénieur, mes qualités de travail en équipe ont été démontrées, pour la réalisation des tests et des discussions sur les problématiques et leurs possibles solutions, en même temps que ma capacité d'autonomie pour répondre aux missions qui m'ont été accordées. Mon travail a été toujours communiqué à mon chef lors de mes nombreuses visites dans son bureau.

Travailler dans un département flexible et réactif, qui m'a par ailleurs transmis son dynamisme pour répondre à plusieurs sujets en même temps, a pour moi été un privilège. Il m'a aussi inculqué le sens de l'initiative, de la responsabilité et l'importance de mes tâches. Tout au long de mes missions j'avais à cœur d'être le plus efficace possible afin d'obtenir des résultats performants.

Pour la suite, une personne va reprendre la tâche et va poursuivre sur le projet POKAIOK avec la réalisation des tests et des retours pour l'équipe BUAWEI afin d'obtenir en septembre une version plus performante et fiable du système pour la reconnaissance des défauts de qualité. De même, il va finir la création des contrôles pour POKAI.OK et pour le tunnel de vision .

## Bibliographie

- Informations UGB : <https://group.renault.com/groupe/implantations/nos-implantations-industrielles/usine-douai/>
- Information financière : <https://intranet.renault.com/declic-com/post/171673/2020/02/resultats-financiers-2019-le-groupe-renault-atteint-ses-objectifs-revises/>
- Information général Renault : <https://grouperenault.sharepoint.com/sites/Declic/>
- Définitions aspects techniques Renault : <https://grouperenault.sharepoint.com/sites/Engipedia/fr>
- Information intelligence artificielle : <https://www.inria.fr/fr>
- Information profilomètres : <https://www.keyence.com/products/measure/>
- Information profilomètres : <https://www.cognex.com/products/machine-vision/3d-laser-profilers>

