

# Automatisation du contrôle de serrage au couple sur un bloc de traction TGV



Mathieu GAUCHER & Florent CHABOT

Génie Electrique 4<sup>ème</sup> année

Client : Romain MITHRIDATE

Tuteur industriel : Pascal FICKINGER

Tuteur technique : Alexis LANDRAULT

2017/2018



## RESUME

---

Le projet « Automatisation du contrôle de serrage au couple sur un bloc de traction TGV » est un projet proposé par l'entreprise ALSTOM, plus précisément par ALSTOM Tarbes. Le site de Tarbes compte sur ce projet pour améliorer et accélérer la vérification de leur bloc de traction TGV. Il souhaite donc un système de vérification rapide, simple et efficace. Il a donc été proposé au client de développer une application pour appareil mobile (smartphone, tablette) qui serait utilisée par le contrôleur. Cette application permettra aussi d'archiver toutes les vérifications effectuées sur un poste, ceci afin d'améliorer le suivi des contrôles des blocs de traction.

*Mots clefs: application mobile, traitement d'image, vérification, traçabilité, réduction d'erreurs, gain de temps.*

## ABSTRACT

---

The project " Automatisation du contrôle de serrage au couple sur un bloc de traction TGV " is a project proposed by ALSTOM, more specifically by ALSTOM Tarbes. The Tarbes' site wishes, with this this project, to improve and accelerate the verification of their TGV traction unit. The client hopes for a quick, simple and effective verification system. We have proposed to Alstom to develop an application for mobile device (smartphone, tablet) that would be used by the controller. This application will also archive all the verifications on a cloud in order to improve the monitoring of the traction block controls.

Key words: removable application, image processing, checkout, traceability, reducing errors, time saving.

## REMERCIEMENTS

---

Nous tenons tout d'abord à remercier notre client, Monsieur Romain MITHRIDATE de l'entreprise Alstom pour nous avoir proposé ce projet et nous avoir fait confiance.

Nous remercions notre tuteur industriel Monsieur Pascal FICKINGER pour nous avoir suivis et conseillés tout au long du projet.

Nous remercions également les tuteurs techniques pour leurs conseils avisés durant notre projet.

## Table des matières

RESUME .....	3
ABSTRACT .....	3
REMERCIEMENTS .....	4
INTRODUCTION.....	6
1- Présentation .....	7
1.1 L'entreprise .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.2 Le projet .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.3 Cahier des charges .....	10
2- Démarches.....	12
2.1 Analyse du projet de l'an dernier .....	12
2.2 Découpage organisationnel .....	13
2.3 Eléments technologiques .....	14
Qt Creator .....	14
Open CV .....	15
QR Code .....	15
Outils matériel .....	15
3- Résultats obtenus .....	16
3.1 Choix de l'environnement de développement.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
3.2 Prises de photographies.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
3.3 Application multipages .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Conclusion .....	18
Bilan personnel .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

## INTRODUCTION

---

Durant la 4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> année de cursus d'ingénieur génie électrique, un projet industriel est réalisé par les étudiants afin de les confronter aux problématiques industrielles.

Le projet industriel présenté est un projet proposé par le groupe Alstom France, plus précisément par le site d'Alstom Tarbes qui possède une unité de production de bloc de traction TGV.

Des vérifications sont effectuées sur ces blocs de traction car ce sont des modules très importants au bon fonctionnement des trains. Ces blocs de traction font le lien entre la caténaire et les motrices du train. Un défaut sur ces blocs de traction pourrait causer des accidents et ce n'est pas envisageable pour Alstom.

Avec ce projet, Alstom souhaite améliorer la vérification qui est effectuée par un contrôleur et ainsi réduire le nombre d'erreurs possibles.

La vérification consiste à contrôler tous les points de serrage (jonction entre deux câbles électriques de puissance) à l'intérieur de chaque bloc de traction. L'enjeu pour l'entreprise est de permettre un gain de temps au contrôleur et une réduction d'erreur. L'enjeu indirect c'est d'éviter les accidents qui pourraient impacter financièrement l'entreprise par des répercussions sur sa notoriété et ses contrats

La démarche globale de notre projet a commencé par l'analyse du projet de l'année dernière qui n'a pas abouti, ce qui a permis de démarrer avec certaines bases notamment le cahier des charges déjà établis. Puis il s'agissait pour nous de trouver l'outil adapté et de décomposer le travail en tâches élémentaires nécessaires pour satisfaire l'ensemble des étapes de vérification.

Dans un premier temps le projet va être présenté en détail afin de situer au mieux le contexte, avec au début une présentation de l'entreprise suivie du cahier des charges.

Ensuite nous exposerons nos recherches, nos démarches et notre travail en vue de la réalisation de ce projet.

Et nous terminerons par les solutions retenues et réalisées jusqu'à maintenant.

## 1- Présentation

### 1.1 Alstom : une entreprise innovante

Le groupe ALSTOM est un leader mondial de l'industrie ferroviaire avec un marché en forte croissance.



Le groupe Alstom réalise la conception de train (TER et TGV) et de tramway. Il s'occupe aussi de toutes les infrastructures liées à ces conceptions comme les gares mais aussi les arrêts de tram. Alstom est responsable de la signalisation sur les voies ferrées qui permet aux trains de circuler en toute sécurité. Le groupe Alstom gère la maintenance de tous les équipements présentés juste avant comme le Tramway d'Orléans, de Valenciennes et de Reims, et s'occupe aussi de la rénovation des trains suburbains et des centres de formation.

Le groupe ALSTOM en France est réparti en 12 sites sur tout le territoire français avec près de 9 200 employés.



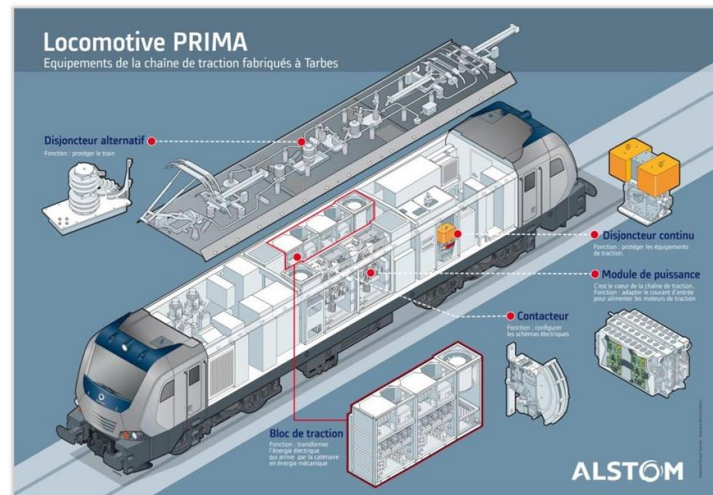
Notre client, Romain MITHRIDATE, travaille sur le site de Tarbes qui compte trois spécialités:

- Modules de puissance,
- Appareillage,
- Chaîne de traction.

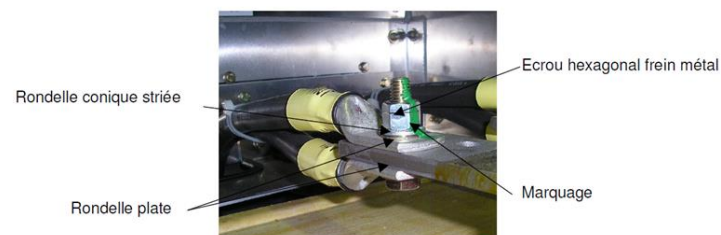
Le projet proposé par notre client est directement lié à la spécialité de la chaîne de traction.

## 1.2 Amélioration de la vérification des blocs de traction

Dans la spécialité de la chaîne de traction, Alstom travaille sur des solutions qui permettent de faire avancer tous les types de trains. Sur la figure suivante, on peut voir les principaux éléments de traction pour un train que fabrique Alstom.



Le projet proposé par le groupe Alstom concerne le bloc de traction. Cet élément peut être assimilé à une grosse armoire électrique qui permet de transférer l'énergie électrique provenant de la caténaire jusqu'aux moteurs dans la locomotive. Dans cette armoire, il y a ce que l'on appelle des jonctions ou connexions de puissance qui font le lien entre deux éléments dans lesquels circulent un fort courant. Un exemple de jonction est donné dans la figure suivante.



Dans un bloc de traction, il y a plus de 3 000 jonctions mais seulement une centaine est critique pour Alstom. En effet, ces jonctions sont très importantes pour le client, un défaut de serrage peut entraîner des accidents d'une certaine gravité.

L'importance de ces connections est liée à la résistance qui peut résider entre les différentes pièces à connecter. Cette résistance peut être caractérisée par la formule suivante :  $R = \rho \cdot L / S$  avec  $R$  : résistance,  $\rho$  : résistivité du matériau,  $L$  : longueur et  $S$  : surface de contact entre les deux parties sous tension. Avec cette formule on remarque que la surface de contact,  $S$ , doit être la plus grande possible si l'on veut diminuer la résistance.

La diminution de la résistance permet également la diminution de la puissance dissipée qui réside



dans cette jonction, caractérisée par la formule  $P = R \cdot I^2$ . Avec un exemple concret, on peut percevoir plus facilement les enjeux, prenons  $I = 200 \text{ A}$  et  $R = 1 \text{ ohm}$ .

On se retrouve donc avec une puissance dissipée  $P = R \cdot I^2 = 40\,000 \text{ W}$ .

Au-delà des pertes pures que cela représente, car ceci est de l'énergie perdue, une puissance de 40 kW sur une surface aussi petite qu'une jonction peut entraîner, avec la chaleur dissipée, la fonte des matériaux et donc un risque d'incendie de la locomotive.

Un mauvais serrage des connexions peut également, avec les vibrations du train, créer des arcs électriques d'une grande intensité, avec des projections de métaux en fusion pouvant là aussi créer des incendies.

Ces incidents, pouvant donc détruire des blocs de traction, représentent des risques de pertes matérielles, mais également un risque humain si ces incidents arrivent lors du fonctionnement de la locomotive.

Il n'y pas que le risque humain, bien que le plus important, il y a aussi un risque financier pour Alstom. Si les blocs sont endommagés, tous les coûts de réparation sont à la charge de l'entreprise, sachant qu'un bloc de traction TGV vaut dans les 200 000 €. De plus, si ces incidents se produisent trop souvent, le groupe risque beaucoup plus gros avec une perte de contrats et de notoriété liée à des incidents à répétition.

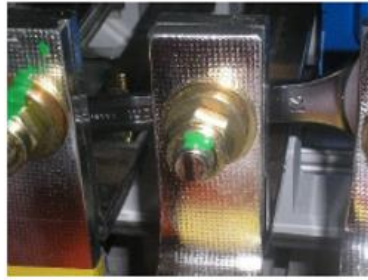
Prenons l'exemple de la SNCF en France, quand un incident se produit sur un bloc de traction, le train est immobilisé pour une certaine durée. Cette immobilité de la locomotive va donc générer des pertes financières et de notoriété pour elle, car des trains seront potentiellement supprimés. Ceci implique un mécontentement de la SNCF envers Alstom.

Pour réduire le nombre d'incidents, une vérification est mise en place. Une fois le boulon serré correctement au couple, un trait de couleur (vert, bleu ou rouge) est déposé de la tête du boulon jusque sur le châssis. Ce trait de couleur permet de vérifier que le boulon n'a pas effectué de rotation.

Voici un exemple de marquage correctement réalisé :



Un mauvais marquage peut être l'absence totale de marquage sur un boulon ou alors, un trait incomplet comme nous pouvons le voir sur l'image suivante :



Avant que les blocs ne soient livrés, une dernière vérification est effectuée pour limiter le nombre de blocs défectueux. Cette vérification est faite par un technicien, qui connaît le bloc et donc l'emplacement des tous les boulons critiques. Le succès de cette vérification est donc entièrement lié à la connaissance, à l'expérience et au coup d'œil du technicien.

L'entreprise Alstom souhaite donc automatiser cette vérification pour réduire le nombre d'erreurs, augmenter la traçabilité et enfin réaliser un gain de temps de vérification pour le technicien.

### 1.3 Cahier des charges

La fonction principale de notre cahier des charges est donc de réduire considérablement le nombre d'erreurs qui peuvent être faites par le technicien. Ces erreurs peuvent être un oubli ou même une erreur de jugement sur un boulon.

Si l'on considère qu'il y a 100 boulons critiques par bloc, et qu'un technicien sans assistance réalise une erreur tous les 1 000 boulons, Alstom Tarbes peut donc sortir 5 blocs mauvais par an. Ces chiffres sont le cas critique, et donc il y a moins d'erreur en réalité cependant l'entreprise veut absolument réduire ces erreurs. Ceci permet donc de faire perdurer l'image de qualité que représente Alstom.

Pour ce faire, le client souhaite que le technicien qui réalise la vérification soit assisté pour la réalisation de cette tâche. Cette assistance par un outil technologique doit permet d'automatiser au maximum cette vérification, ceci pour réduire les nombres d'erreurs et le temps de contrôle.

L'automatisation du contrôle doit également supprimer totalement les oublis de boulons ou de zones. Chaque bloc de la locomotive doit être connu par l'application à l'avance pour savoir le nombre et la localisation des boulons facilitant ainsi le contrôle.

L'outil doit également gérer la sauvegarde et l'archivage des photos. Ceci consiste à ranger les photos prises dans le bloc en indiquant le numéro de la locomotive, celui du bloc et la date de l'opération. Ces photos archivées dans un dossier devront ensuite être transférées vers un ordinateur qui permettra un archivage correct des données pour une future requête d'un client. Cette automatisation de la sauvegarde sera un vrai gain de temps pour le technicien.

Cet archivage est indispensable pour la traçabilité des produits et pour prouver aux clients que le bloc était correct lors de la sortie de l'usine. A l'heure actuelle, si un client fait une demande sur un bloc sorti il y a quelques années, il faut faire de fastidieuses recherches pour retrouver les clichés de la vérification.

En résumé, le cahier des charges définis avec le client est le suivant :

- Réduction des erreurs, passer à une erreur maximale de 1 / 10 000,
- Vérification automatique du trait de couleur,
- Traçabilité,
- Gain de temps, par la réduction du temps de vérification.

Pour satisfaire ces exigences le projet s'est orienté vers une application mobile sur tablette.

## 2- Démarches

---

### 2.1 Analyse du projet de l'an dernier

Le projet d'application pour automatiser le contrôle de serrage au couple des boulons sur un bloc de traction TGV a été proposé au département Génie Electrique pour la première fois en 2015 pour l'année 2016. Les deux étudiants ayant travaillé sur cette application ont, pendant un an, élaboré un cahier des charges détaillé et mis au point une application satisfaisant la plupart des points techniques demandés par le client. Cependant le projet n'a pas abouti au terme de cette année mais le bilan final réalisé nous a permis de mettre en évidence les différentes caractéristiques qui posent problème. Nous avons donc commencé notre projet par une analyse du projet de l'an passé.

Comme énoncé dans le cahier des charges, le cœur de l'application est de repérer les marqueurs vert (ou d'une autre couleur) sur les boulons afin de valider le serrage au couple de ces derniers. Pour cela l'application doit être capable de faire du traitement d'image à partir des photographies prises par le contrôleur. La partie concernant le traitement d'image de l'application des étudiants de l'année dernière était assurée par la bibliothèque graphique Open Cv, cette partie était fonctionnelle et sa portabilité sur tablette n'avait pas été vérifiée. Le client demande aussi que l'archivage et la traçabilité des vérifications soient automatiques c'est pourquoi, l'an dernier, des transferts, sans fil, de photographies ont été réalisés avec succès, cependant le transfert automatique n'a pas été implémenté, mais la solution s'est portée sur un système de cloud sécurisé qui permettrait au contrôleur de transférer l'ensemble des photographies de vérification en toute simplicité. Pour ce qui est de la lecture des QR Code cette dernière n'était pas totalement fonctionnelle et nécessitait d'être approfondie. Le point critique de l'application de l'année dernière est l'ergonomie de l'application qui n'a pas pu être optimisée de façon à satisfaire au mieux les contrôleurs qui vont l'utiliser. Les modifications ergonomiques étant importantes pour le client afin de mieux faire accepter aux contrôleurs l'application. Ce manque d'ergonomie se traduit notamment par la faible netteté de l'image affichée sur l'écran de la tablette. En effet la fluidité des images à l'écran n'était pas optimale et demandait d'être améliorée.

Après cette analyse du projet de l'an dernier, les recherches de nouvelles solutions d'application avaient comme objectifs principaux, la fluidité et la qualité des images. Tout d'abord il fallait prendre en compte les outils disponibles et ceux dont dispose le client. Ayant à disposition des tablettes avec comme système d'exploitation Android le développement avec Android studio, en java, fut une première solution. Sur point les recherches ont démontré que tout était possible et faisable en java pour réaliser l'application souhaitée.

Cependant le client travaillant surtout avec des outils sous iOS, il fallait trouver une solution déployable sur les deux systèmes d'exploitation. Le choix judicieux fut d'utiliser l'environnement de développement utilisé l'année passée, Qt Creator. Cet environnement de développement permet de développer des applications pour Android et aussi d'exporter les applications vers les systèmes sous iOS. L'année dernière l'application a été développée en langage C++ avec QT Creator, ce qui a probablement été la source du problème de fluidité d'image. Il faut savoir que Qt Creator a son propre langage informatique, le QML, et c'est grâce à ce langage que les applications mobiles avec caméra sont créées à partir de Qt Creator, et permettent de garantir une fluidité d'images.

L'ensemble de l'actuelle application a donc été réalisé grâce à l'environnement de développement Qt Creator et son langage informatique le QML.

## 2.2 Découpage organisationnel

Pour réaliser l'application mobile d'aide à la vérification, un découpage fonctionnel a été effectué. Ce découpage fonctionnel a permis de séparer le projet en différentes tâches du projet afin de planifier et d'organiser son développement.

Le travail s'est décomposé en quatre grandes parties. La première concerne la caméra, le flux d'image qui en provient et la capture d'image ; La seconde partie est le développement d'une interface utilisateur intuitive ; La troisième est relative au traitement d'images notamment pour le repérage des boulons ; La quatrième et dernière partie concerne le transfert d'image à améliorer et automatiser pour l'archivage.

Comme pour nos recherches précédentes nous nous sommes partagé le travail à réaliser. Chacun de nous s'est occupé d'une partie, nous avons pu ainsi avancer simultanément sur deux parties à la fois. De ce fait les parties sur la caméra et sur l'interface utilisateur ont été réalisées parallèlement, et les parties sur le traitement d'images et sur l'archivage automatique seront réalisées en même temps.

Aucune des parties n'est prioritaire sur les autres à part la partie au sujet de la caméra et du flux d'images. En effet celle-ci est essentielle et nous permettra d'avancer sur le reste notamment le traitement d'image et la sauvegarde qui ne peuvent être réalisés que si une photographie a été prise avant. Cette partie s'est découpée en trois tâches élémentaires que nous avons réalisées les unes après les autres.

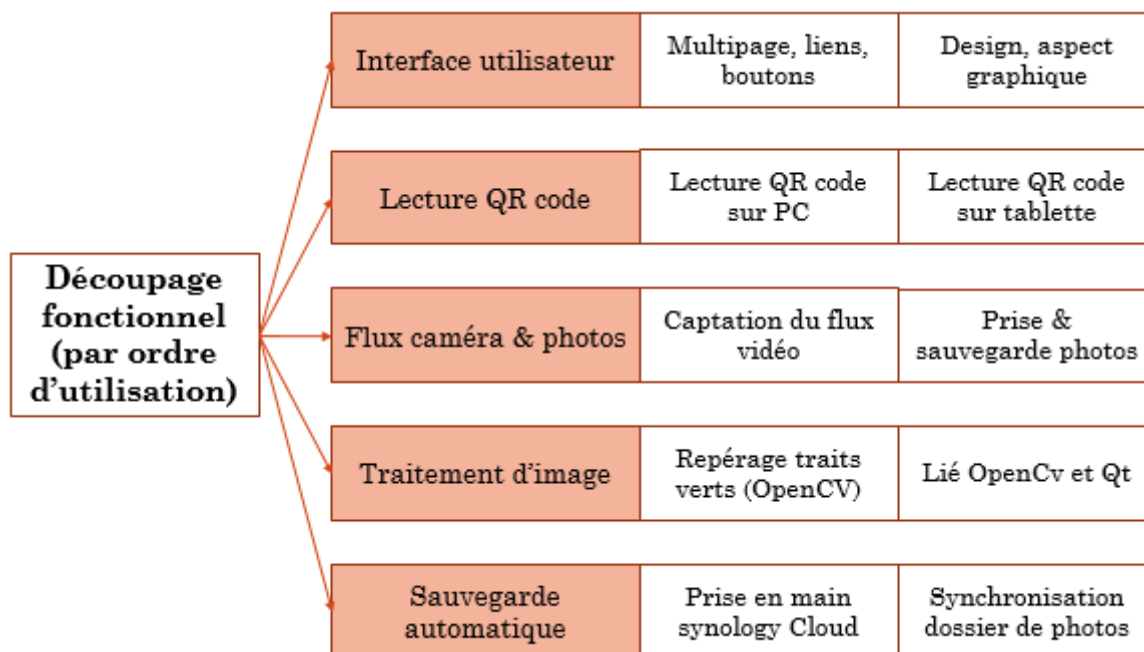
La première consistait à récupérer le flux de la caméra et à l'afficher sur l'écran de la tablette. Le but de la seconde était de réussir à prendre une photographie, et la conserver était la troisième tâche. Ici la conservation de l'image n'a pas la même signification que la sauvegarde automatique que nous détaillerons plus tard. Effectivement le but, ici, est de conserver l'image afin plus tard d'effectuer du traitement d'image pour la vérification et ensuite lancer le processus de sauvegarde automatique.

La partie sur le développement d'une interface utilisateur intuitive consiste essentiellement à réaliser une application mobile avec différentes pages et des boutons logiques qui permettent d'accéder aux étapes successives de la vérification.

La partie relative au traitement d'images qui est le cœur de la vérification sera découpée en deux tâches. Dans un premier temps afficher sur l'écran de la tablette l'emplacement des boulons à vérifier puis une fois les boulons repérés, il s'agira de déterminer si ces derniers sont bien serrés grâce à la présence de trait de peinture verte.

La dernière partie concerne la sauvegarde automatique qui est essentielle pour permettre un gain de temps et une simplification de la vérification. Après avoir récupéré la photographie avec les boulons vérifiés, l'application sera chargée de l'envoyer sur un Cloud par wifi et automatiquement. Ceci se fera notamment grâce au protocole de transfert de fichier FTP.

Une fois toutes ces parties réalisées indépendamment des autres, nous assemblerons l'ensemble et nous testerons sur des cas concrets.



## 2.3 Eléments technologiques

Pour réaliser cette application il nous a fallu quelques outils et éléments technologiques. Tout d'abord nous avons utilisé l'environnement de développement Qt Creator, qui a fait l'objet de questionnements au début de notre projet mais c'est avéré être le meilleur choix pour notre projet.

### Qt Creator

Qt Creator est un environnement de développement faisant partie du framework Qt. Il permet de créer une application en utilisant la programmation en C++. Qt Creator intègre directement dans l'interface un débogueur et un outil de création d'interface graphique qui permet de visualiser plus facilement le rendu réel de l'application. Il possède sa propre documentation qui est très riche et des projets exemples pour comprendre certaines fonctions du logiciel. L'équipe de Qt a développé un langage informatique, le QML, dédié aux interfaces utilisateurs. De ce fait le QML est principalement utilisé pour des applications mobiles où les interactions avec l'utilisateur sont nombreuses. Les éléments QML livrés avec Qt sont un ensemble sophistiqué de blocs de construction, graphiques (par exemple, rectangle, image) et comportementaux (par exemple, état, transition, animation). Ces

éléments peuvent être combinés pour créer des composants en complexité à partir de simples boutons et curseurs, pour compléter des programmes plus complexes. Ainsi tout l'aspect visible et interface utilisateur sera programmé en QML.

Une des grandes forces de Qt c'est l'exportation des applications sur plusieurs système d'exploitation notamment Windows et Mac OS X, et Android et iOS pour les tablettes. C'est pourquoi Qt correspond à nos besoins car il permet de créer des applications aux écrans fluides et intuitifs mais surtout, il permet de faire le lien avec la bibliothèque Open Cv qui est le corps même de l'application.

## Open CV

Open CV (pour Open Computer Vision) est une bibliothèque graphique libre, initialement développée par Intel, spécialisée dans le traitement d'images en temps réel. Cette bibliothèque propose la plupart des opérations classiques en traitement bas niveau des images comme la lecture, l'écriture et l'affichage d'une image mais aussi le seuillage d'image qui nous est très utile pour le repérage des traits verts sur les boulons. C'est grâce à ce seuillage que nous pouvons déterminer le bon serrage des boulons.

## QR Code

Un QR Code (Quick Repose Code) est un code barre à deux dimensions, il permet de stocker plus d'informations qu'un code barre classique. De nos jours les QR Codes sont très implantés dans la vie quotidienne par exemple sur les panneaux publicitaires, sur les magazines ou encore sur les composant électroniques et il existe des applications gratuites pour smartphone ou tablette spécialisées dans la lecture ces QR Codes. Le QR Code est donc un moyen simple et efficace pour stocker de l'information.

Pour le projet il y aurait un QR Code qui contiendrait le numéro de série du bloc de traction à vérifier et des QR Codes implantés dans le différentes zones (groupement de boulons) du bloc de traction afin de contenir le numéro de la zone ainsi que le nombre et la place des boulons à vérifier dans la zone. L'implantation de ces QR Codes permettrait donc de stocker diverses informations dans l'environnement, informations qui seraient retournées au contrôleur lors de la vérification du bloc.

## Outils matériel

Pour travailler et tester notre application au fur et à mesure, nous travaillons avec deux tablettes Samsung sous Android. Ce qui nous permet, grâce à Qt Creator, de vérifier le bon fonctionnement des parties de notre application mobile.

## 3- Résultats obtenus

---

A la fin de notre 4ème année d'école d'ingénieurs, nous avons principalement travaillé sur les outils de développement que nous allons utiliser ainsi que sur l'apprentissage de nouveaux langages de programmation.

### 3.1 Eléments finaux de l'application

#### Interface graphique

L'interface graphique joue un rôle important dans le rendu final de l'application. En effet pour faciliter la prise en main par l'opérateur, l'interface est simple et dynamique. Des indications sont présentes lorsqu'il s'agit de rentrer des informations et ces dernières ne sont prises en compte que si elles sont valides. De même lors de la prise de photos et de la validation des boulons, des cercles de couleur verte suggèrent intuitivement la présence de marquages sur les boulons à vérifier. Cette application est aussi multipage ce qui permet de fiabiliser la vérification en chronologiquement les différentes étapes nécessaires établis pour une bonne vérification.

#### Flux caméra et photos

En optant pour une solution différente du projet de l'année dernière, l'application récupère facilement le flux de la caméra et permet prendre des photos de qualité suffisante pour permettre de détecter les boulons marqués. En effet c'est grâce au langage QML que la fluidité du flux de la caméra est assurée. Concernant les photos prises, elles sont automatiquement enregistrées dans un dossier de la tablette (ou de l'outil utilisé pour la vérification).

#### Sauvegarde automatique

Pour archiver sur un ordinateur externe les photos prises par l'application, la solution retenue est l'utilisation d'une application tierce, Cloud Station Synology. Cette application permet de synchroniser automatiquement avec un cloud, les photos présentes dans le dossier de la tablette. Une fois synchroniser avec le cloud, il est possible, avec un ordinateur de récupérer automatiquement les photos dans un dossier et ainsi archiver l'ensemble des vérifications.

#### Base données

Dans le livrable souhaité par le client la source d'informations sur les blocs devait être un QR code. Cependant, difficilement utilisable avec Qt, la solution des QR code a été remplacée par l'utilisation d'une base de données. Cette dernière contient les informations (nombre de zones, nombre de boulons, couleur de marquage...) nécessaires à la vérification. Obligeant à rentrer au minimum le numéro d'identification et de série du bloc, la base de données est moins pratique que le QR code. Néanmoins, elle reste tout aussi fiable car l'opérateur devra vérifier le nombre exact de boulons et aucune étape ne peut être omise.



Pour que les changements dans la base de données soient pris en compte, elle est synchronisée par l'intermédiaire de Cloud Station Synology, ainsi toute modification sur l'ordinateur fixe sera visible et interprétable par l'application sur tablette.

### Traitement d'image

Dans un premier temps l'utilisation des bibliothèques OpenCv était l'option envisagée pour le traitement d'image. Cependant après des tests, il s'est avéré que les bibliothèques sont difficilement compatibles avec le logiciel Qt. La solution choisie fût l'utilisation de Qt et des fonctions en C++, ces dernières permettent de détecter la couleur recherchée et ainsi valider la présence de marquage sur les boulons.

## 3.2 Réponse aux enjeux

Ce projet d'automatisation du contrôle de serrage au couple de boulons sur bloc de traction TGV portait trois enjeux, auxquels notre application a répondu.

### Réduction d'erreurs

L'application actuelle ne demande à l'opérateur que très peu d'informations à saisir, cela dans le but de réduire les erreurs humaines pouvant être commises. La base de données devant être correcte, la majeure partie des informations utilisées durant la vérification, sont donc sans erreurs. Pour aussi assurer une vérification complète, celle-ci est validée seulement si toutes les zones et tous les boulons ont été vérifiés. Ainsi, l'oubli d'une étape de la vérification est impossible.

### Réduction du temps de vérification

L'automatisation de la vérification permet de réduire considérablement le temps de vérification et le temps d'archivage des photos. En effet le séquençage par l'application des étapes de vérification permet d'effectuer un contrôle dynamique et efficace. Concernant le temps d'archivage, vu qu'il est automatique l'opérateur ne consacrera pas du temps à sauvegarder sur un ordinateur les photos prises. L'utilisation permettrait de réduire, presque de moitié le temps d'une vérification.

### Réduction des coûts

La réduction du temps passer à la vérification et à l'archivage, permet à l'entreprise réduire le temps de travail et ainsi les heures payées. La réduction d'erreurs humaines possibles évite aussi le risque d'accidents et donc de réparation. Cela peut s'avérer être un gage de fiabilité et de sûreté vis-à-vis des clients de l'entreprise.

### 3.3 Perspectives

Au terme de ce projet, l'application finale permet de réaliser ce pourquoi elle a été conçue. Cependant certaines pistes permettraient d'améliorer son fonctionnement.

#### Amélioration du repérage des couleurs

L'algorithme actuel de traitement d'image pour repérer les couleurs n'est pas optimal. En effet lors d'une recherche d'une couleur de marquage l'algorithme repère un certain nombre de point de cette couleur et ne se focalise pas uniquement sur les marquages. En améliorant le traitement d'image il serait possible de rendre automatique la détection des marquages et ainsi réduire le temps nécessaire à l'opérateur pour repérer tous les boulons. Un meilleur traitement d'image gagnerait en efficacité et en temps. Pour cela l'utilisation de bibliothèques, comme OpenCv, plus fournies que celle de Qt, pourraient être idéales, en s'assurant d'abord de la compatibilité avec Qt.

#### Lecture de QR codes

L'utilisation de QR codes est une manière plus fiable et plus rapide d'obtenir les informations nécessaires à la vérification. Actuellement la lecture de QR codes avec Qt nécessite certaines bibliothèques complexes qui présentent quelques bugs au niveau du flux caméra en QML et avec Android. Si ces problèmes pouvaient être fixés ou contournés l'opérateur n'aurait plus aucunes données à saisir et donc aucune erreur possible serait possible.

#### Sauvegarde automatique interne à l'application

La solution actuelle d'une tierce application évite un développement trop complexe pour l'application. Cependant pour être indépendant de toute application la sauvegarde automatique pourrait être interne à l'application, ce qui permettrait d'avoir une solution adaptée au besoin réel. En revanche ceci demanderait beaucoup de temps de développement.

## Conclusion

---

Ce projet proposé et soutenu par Alstom Tarbes a abouti à la réalisation d'une application pour tablette. Cette application viendra automatiser et moderniser le contrôle de serrage au couple des boulons dans les blocs de traction TGV. C'est avec ce projet qu'Alstom Tarbes a fini 3ème d'un concours d'innovation lancé par le groupe national et a reçu, ainsi, un écho prometteur pour les années à venir dans le domaine des vérifications industrielles.

Ce projet, déjà lancé en 2016 avec une première équipe, a su faire apparaître des solutions et des contraintes concernant cette application. En 2017, l'actuelle équipe s'est d'abord attardée sur l'étude des réalisations de l'année passée et a ainsi pu déterminer les points vitaux à améliorer. C'est notamment la fluidité des images qui parut comme un point important pour le bon fonctionnement de l'application. Le développement du programme qui se faisait exclusivement en C++ l'année dernière, se fit cette année, essentiellement, en QML, langage propre à Qt, l'environnement de développement choisi pour ce projet.

Le client souhaitait, dans son cahier des charges, que l'ensemble des informations nécessaires à la vérification soient données par des QR codes lisibles par l'application. Cependant la portabilité des bibliothèques Open Cv utilisées pour la lecture des Qr codes avec Qt, a posé certains problèmes de compatibilité. Pour y remédier une base de données a été créée ce qui permet de limiter les informations saisies par l'opérateur, limitant ainsi les erreurs humaines. De plus cette base de données à la particularité d'être synchronisée sur un cloud ce qui permet de la modifier aisément. Toujours à cause de la portabilité d'Open CV sur Android, le traitement d'image s'est donc fait à partir de code en C++ directement avec Qt. Ce dernier permet de reconnaître différentes teintes de couleur en fonction de la vérification voulue, mais n'est pas optimal car il peut repérer aussi d'autres éléments du décor qui sont de la couleur recherchée.

Pour la traçabilité de la vérification, l'utilisation d'une solution déjà existante fut choisie. C'est par l'intermédiaire de l'application Cloud Station de Synology que le transfert synchronisé de la vérification s'effectue. Ce système à la particularité de rendre automatique la synchronisation sans que l'opérateur s'en occupe.

Cette application bien que fonctionnelle peut, néanmoins, être améliorée en rendant le traitement d'image plus performant et en rendant possible la lecture de QR codes. Cependant, après plus de 300 heures de travail pour concevoir cette application, cette dernière apporte une preuve de concept pour le projet d'Alstom qui souhaite moderniser les vérifications de ses blocs de traction TGV. Au terme de ce projet une application répondant aux critères du client est disponible. Cette application est fiable et limite les erreurs humaines. Avec son interface simple d'utilisation et la sauvegarde automatique simplifiant l'archivage, l'application permet un gain de temps et assure la traçabilité.