



Université Sidi Mohamed Ben Abdellah
Faculté des Sciences et Techniques de Fès
Département de Génie Industriel



Mémoire de Projet de fin d'études

Préparé par :

ESSABBANI Youssra

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat

Spécialité : Ingénierie en Mécatronique

Intitulé

**Amélioration et réalisation d'un système de
reprogrammation de la carte PL7 de la marque BMW**

Lieu : Lear Corporation

Réf : 28 /IMT18



Soutenu le 23 Juin 2018 devant le jury :

- Pr. N. El Ouazzani (Encadrant FST)
- Mr. M. THAIFA FATHI (Encadrant Société)
- Pr. F. Belmajdoub (Examineur)
- Pr. D. Tahri (Examineur)



Université Sidi Mohamed Ben Abdellah
Faculté des Sciences et Techniques de Fès
Département de Génie Industriel





Avant-propos

Le présent travail s'inscrit dans le cadre du projet de fin d'études réalisé par Youssra ESSABBANI lauréate du cycle Ingénieur en Mécatronique à la faculté des Sciences et Technique de Fès (FSTF).

Ce projet s'est déroulé au sein de Lear Corporation Rabat, une multinationale Américaine spécialisée dans la fabrication des cartes Electroniques, le câblage ainsi que les sièges d'automobiles.

Ce stage est une occasion pour appliquer mes connaissances académiques et me faire une idée précise sur mon éventuelle orientation professionnelle.



Remerciements

« Si j'ai pu voir plus loin, c'est en montant sur les épaules des géants »

« SIRISAAC NEWTON »

Je tiens à adresser mes sincères remerciements :

A Monsieur le professeur **ELOUAZZANI Nabih**, d'avoir accepté de m'encadrer durant la période de mon stage, pour tout le temps qu'il m'a octroyée et pour tous les conseils qu'il m'a prodigués, qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.

A Monsieur **Mohammed THAIFA FATHI**, responsable du département Test Engineering d'avoir bien voulu m'encadrer et pour tous les conseils qu'il m'a répandus.

A Messieurs **les membres de jury**, qu'ils trouvent ici l'expression de mes reconnaissances d'avoir accepté de juger mon travail.

A tous ceux qui ont, **directement ou indirectement**, aidé à la finalisation de ce travail.

Spécialement à tous les enseignants du département Génie INDUSTRIEL après toutes ces années d'études.



Dédicaces

Au Dieu Tout Puissant, qui nous a accordé santé, force et courage pendant ces années d'études.

A Mes Très chers parents, Je ne vous remercierai jamais assez pour votre amour. Votre affection et votre attention. Votre accompagnement et votre présence à mes côtés à toutes les étapes de ma vie, ont permis de guider mes pas dans les chemins de la vie.

Vous avez sacrifié tant de choses pour mon propre épanouissement. Ce travail est le vôtre, sans vous, il n'aurait jamais vu le jour.

A mes précieux frères *Yassine et Adil* qui me sont tellement chers et qui grâce à leurs aides et leurs amours j'ai pu surmonter tant de difficultés et obstacles,

A mes chères sœurs *Sanae, Btissam, Loubna*, j'espère atteindre le seuil de vos espérances, que ce travail soit l'expression de ma profonde affection, je vous remercie pour le soutien moral et l'encouragement que vous m'avez accordé.

Je vous souhaite un brillant avenir et tout le bonheur que vous méritez.

A mon petit ange ma nièce *Rania*, **A ma petite fille *Fatima Zahra Karbal*** que j'aime

A toute la famille *ESSABBANI* et toute la famille ***EBBANA***

A tous mes ami(e)s fidèles, *Bouthaina, Omar, Manal, Yakoub, Mohammed, Adnane, Nizar, Amine, Saad, Ayman*, qui ont su être là quand j'en avais besoin,

A tous mes *Professeurs* qui ont contribué à mon éducation et formation,

Bref, à tous ceux qui m'ont aimé,

Ce modeste travail est dédié.

ESSABBANI

YOUSSRA



Table des matières

INTRODUCTION GENERALE	1
Chapitre I : L'organisme d'Accueil	2
I. Présentation de l'organisme d'accueil :	2
1. Historique	2
2. Les activités principales de LEAR :	3
II. Lear Rabat :.....	3
1. Présentation :.....	3
2. Fiche d'identification de Lear Corporation Rabat :	4
3. Organigramme de la société :	4
4. Clients de LEAR Corporation Rabat :	6
5. Les principaux produits de LEAR Corporation Rabat :.....	6
III. Problématique et cahier des charges	8
1. Problématique.....	8
2. But de projet :.....	8
3. Cahier des Charges :	9
4. Planification du projet.....	9
5. Les acteurs du projet.....	10
Chapitre 2 : Etude fonctionnelle du projet	11
I. Contexte général du projet	11
1. Etude de la carte PL7	11
2. Les drivers.....	16
3. Les protocoles de communication	17
4. Processus de production de la carte électronique PL7	19
4.1. Processus de fabrication de la carte PL7	20
4.2. Schéma de production de la carte PL7 :	22
5. L'emplacement de la carte dans la voiture	23
6. Les connecteurs.....	24
7. La connexion de la carte PL7	25
8. Fonctionnalité de la carte PL7 (Platform 7 Front electronic Module).....	26
II. Etat de l'Art et problématique	27
1. Procédures de reprogrammation manuelle.....	27
2. Problématique.....	30



III.	Analyse fonctionnelle	30
1.	Introduction.....	30
2.	Analyse externe.....	31
2.1.	Identifier le besoin.....	31
2.2.	Validation du besoin.....	31
2.3.	Principe.....	32
3.	Solution proposée	33
CHAPITRE 3 : Réalisation et mise en œuvre.....		36
I.	Outils utilisés :	36
1.	RS232.....	36
2.	Carte STM32	36
II.	Présentation de l'Application.....	36
1.	Driver CancaseXL.....	36
2.	L'interface graphique	38
III.	Résultats	44
1.	Validation	44
2.	Valeurs ajoutées.....	45
CONCLUSION		46
Bibliographies		Erreur ! Signet non défini.
Annexes		49

Terminologie

- **PCB** : Printed circuit board
- **VB** : Visual Basic
- **PL7** : Platform 7
- **BDC** : Body Domain Controller
- **AOI** : Automatic Optical Inspection.
- **CAN** : Controller Area Network.
- **DUT** : Device Under Test.
- **EOL** : End Of Line.
- **FEM** : Front Electronic Module
- **GPIO** : General Purpose Input/Output
- **FKT** : Functional Test.
- **ICT** : In Circuit Test.
- **JTAG** : Joint Test Action Group.
- **SMT** : Surface Mount Technology.
- **SN** : Serial Number.
- **SPI** : Serial Peripheral Interface.
- **Reflash** : reprogrammation
- **Scraps** : rejets

Liste des figures

FIGURE 1: LEAR CORPORATION MONDIALE	2
FIGURE 2: LEAR CORPORATION RABAT	3
FIGURE 3: ORGANIGRAMME DE LA SOCIETE	4
FIGURE 4: LES ZONES DU SERVICE REWORK	5
FIGURE 5: CLIENTS DE LEAR CORPORATION DANS LE SECTEUR AUTOMOBILE	6
FIGURE 6: GANT DU PROJET	9
FIGURE 7: ARCHITECTURE DU MICROCONTROLEUR MPC5646C	13
FIGURE 8: L'ARCHITECTURE DU MICROCONTROLEUR MPC5668G	15
FIGURE 9: L'ARCHITECTURE DU MICROCONTROLEUR MC9S08SG32	16
FIGURE 10: LES PROTOCOLES DE COMMUNICATION	17
FIGURE 11: ARCHITECTURE DU BUS CAN	18
FIGURE 12: PROTOCOLE DE COMMUNICATION CANCASE	19
FIGURE 13: PROTOCOLE DE COMMUNICATION SPI	19
FIGURE 14: SCHEMA DE PRODUCTION DE LA CARTE PL7	23
FIGURE 15: L'EMPLACEMENT DE LA CARTE DANS LA VOITURE	24
FIGURE 16: LES CONNECTEURS DE LA CARTE PL7	25
FIGURE 17: CONNEXION DE LA CARTE PL7	26
FIGURE 18: LES SYMBOLES DU MODULE FEM	27
FIGURE 19: PROCEDURE ACTUELLE DE L'ENVOI DE LA TRAME	28
FIGURE 20: DIAGRAMME DU SYSTEME DE REFLASH	29
FIGURE 21: BETE A CORNES	31
FIGURE 22: VALIDATION DU BESOIN	32
FIGURE 23: DIAGRAMME DE NOTRE INTERVENTION	33
FIGURE 24: RS232 (MALE/FEMELLE)	36
FIGURE 25: LA CARTE STM32	36
FIGURE 26: CONFIGURATION DU VECTOR HARDWARE	38
FIGURE 27: APPLICATION VB.NET POUR REPROGRAMMER LA CARTE PL7	39
FIGURE 28: L'ENVOI, RECEPTION ET TESTE DES TRAMES	40
FIGURE 29: TESTE ET VALIDATION	41
FIGURE 30: SIMULATION SOUS PROTEUS 8	42
FIGURE 31: RELAIS ELECTROMECHANQUES DE 5V	43
FIGURE 32: TEST ET VALIDATION DU BASCULEMENT FA-CAN/ D-CAN	44

Liste des tableaux

TABEAU 1 : FICHE D'IDENTIFICATION DE LEAR CORPORATION	4
TABEAU 2: LES PRINCIPAUX PRODUITS DE LEAR CORPORATION RABAT	7
TABEAU 3: ACTEURS DU PROJET	10
TABEAU 4 : COMPARAISON TECHNIQUE : ARDUINO UNO, BEAGLEBONE, RASPBERRY PI ET STM32	35
TABEAU 6: COMPARAISON ANCIENNE ET NOUVELLE PROCEDURE	45



INTRODUCTION GENERALE

Le domaine de l'automobile évolue jour après l'autre, et la concurrence ne cesse à son tour d'augmenter entre les constructeurs, et afin de monopoliser le marché, ils doivent améliorer l'efficacité de leurs productivités en optimisant de plus en plus leurs processus de production.

Lear Corporation est l'un des leaders en systèmes embarqués, et précisément dans le domaine de l'automobile, du fait qu'elle s'intéresse à la conception et la production des cartes électroniques. Elle est divisée en plusieurs départements, y compris le département « Test Engineering » auquel j'étais affectée durant ce stage. Parmi les tâches principales de ce département est la supervision de la production.

Afin de surveiller les défauts de la production, des systèmes de supervision et des applications sont mis en jeu, basés sur le développement de logiciel qui consiste à étudier, concevoir, construire, transformer, mettre au point, maintenir, améliorer, et automatiser toutes tâches manuelles complexes.

C'est dans ce cadre que mon projet de fin d'études est inscrit. Il consiste à étudier, concevoir et produire un système automatisé de reprogrammation de toute carte électronique PL7 n'ayant pas passé les tests HW / SW à la fin de production ou bien suite à une mise à jour de celle-ci.

Ce rapport est organisé en trois chapitres. Le premier présente l'organisme d'accueil ainsi que la problématique et le cahier des charges. Le deuxième comprend une étude de la carte PL7 et leurs différentes étapes de production et l'analyse fonctionnelle du projet. Le troisième consiste à développer le travail effectué, ainsi que la représentation des résultats obtenus.

Chapitre I : L'organisme d'Accueil

Le présent chapitre porte sur la présentation de la société Lear Corporation. Dans un premier temps, un aperçu général sur la multinationale Lear, sa filiale à Rabat qui m'a accueillie pendant quatre mois dans le cadre de ce projet de fin d'études, et son activité principale. Par la suite, nous présentons l'organigramme de la société et nous finirons par l'élaboration du cahier des charges et la description de la méthodologie de travail.

I. Présentation de l'organisme d'accueil :

1. Historique

Lear Corporation est une société américaine spécialisée dans la fabrication et la distribution d'équipements intérieurs automobiles. En juin 2009, elle était le deuxième fabricant de sièges automobiles au monde. En 2006, elle possédait 242 unités de production dans 33 pays, employait environ 90 000 personnes et avait un chiffre d'affaires de 17,8 milliards USD. Son siège est situé à SOUTHFIELD au Michigan, Etats-Unis et son nom apparaît sur la liste Fortune 500.



Figure 1: Lear Corporation Mondiale

Lear a pris de l'expansion dans les années 1980 et 1990 grâce à une série d'acquisitions. Elle tentait de devenir un distributeur complet d'équipements intérieurs automobiles : elle souhaitait fournir les sièges, les circuits électriques, les produits du plancher, les garnitures intérieures, etc., aux fabricants automobiles.

Cette stratégie a subi d'importants revers à la fin de l'année 2005 lorsque les fabricants automobiles ont décidé de ne pas se fier à un seul fournisseur pour les équipements intérieurs.

En juin 2009, Lear a manifesté son intention de déposer son bilan. Elle a annoncé le 7 juillet 2009 qu'elle demandait le placement sous la protection du chapitre 11 de la loi américaine sur les faillites. Elle a été particulièrement affectée par la politique de baisse de production en véhicules mise

en place par ses clients General Motors, Ford et Chrysler. Cette faillite est la 13e plus grosse en termes de capitalisation depuis le début de l'année aux États-Unis.

2. Les activités principales de LEAR :

L'entreprise travaille sur trois activités principales

- **Cartes électroniques pour automobile.**
- **Câblage automobile.**
- **Siège automobile.**

II. Lear Rabat :

1. Présentation :

La société Lear a annoncé l'ouverture officielle de sa nouvelle installation à Rabat Technopolis le 17 Mai 2011. L'installation occupe une superficie de 14.340 m², dont 8200 m² pour la production, 2380 m² dédiée au stockage de la matière première et des produits finis, et 3760 m² pour l'administration et autres. Elle emploie plus de 1000 personnes.



Figure 2: Lear Corporation Rabat

Lear est un leader mondial en matière de systèmes de gestion électronique et électrique complets destinés à l'industrie automobile partout dans le monde. La nouvelle installation de Rabat s'intéresse à l'activité « EPMS » (Electrical Power Management

Systems), qui fournit des gammes de systèmes de distribution d'énergie appelés boîtes de jonction intelligentes (Smart Junction Boxes). Ce système gère de façon intelligente la distribution d'énergie et contrôle les différentes fonctionnalités électroniques et électriques de la voiture.

2. Fiche d'identification de Lear Corporation Rabat :

	Nom de la société	LEAR Automotive Corporation
	Statut juridique	SAS : Société par action simplifiée
	Siège social	Parc Technopolis, rocade Rabat Salé El-Jadida
	Superficie du site	14.340 m ²
	Date de création	Avril 2010, Inauguration officielle en Mai
	Secteur d'activité	Assemblage des cartes électroniques pour les Automobiles.
	Chiffre d'affaire 2017	237.442.209,98 MAD / 21.657.030,12 Euro
	Effectif	1087 salariés en 2017
	Clients principaux	BMW, JAGUAR, SKODA, FORD, VOLKSWAGEN, VOLVO.

Tableau 1 :fiche d'identification de Lear Corporation

3. Organigramme de la société :

L'organigramme de la filiale est présenté comme suit :

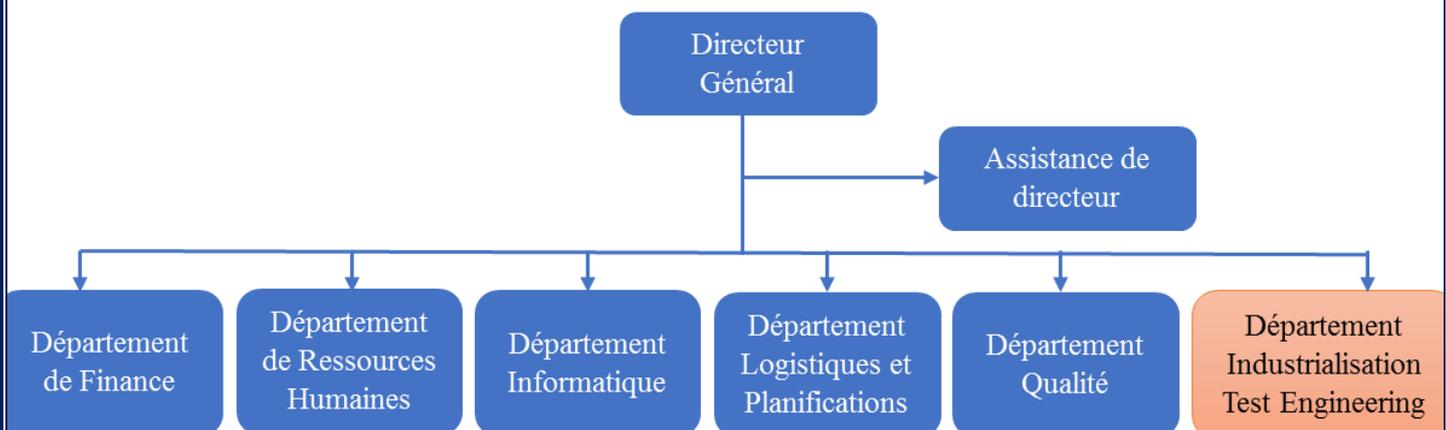


Figure 3: organigramme de la société

La filiale est dirigée par un directeur général et constituée de six services. Durant mon stage, j'étais affectée au département « industrialisations & test » c'est le département le plus important et le plus critique parmi les autres départements de la société Lear. Sa mission consiste à vérifier, tester et analyser les cartes électroniques et les étapes de la production et la qualité des produits.

Organisation Production :

L'atelier est composé de deux zones de Production, Ainsi qu'une zone Rework.

Une zone « Electronique » « SMT » : concerne les cartes électroniques dont les composants sont légers et s'insèrent par simple dépôt, moyennant une pâte à souder.

Une zone « Puissance » « power » : concerne les cartes électroniques à composants traditionnels à pattes nécessitant une perforation et rasage pour leur insertion.

Service Rework : C'est un service de retouche des défauts (retouchables) pour transformer les pièces NOK de l'état « non-conforme » à l'état « conforme », il est divisé en deux zones :

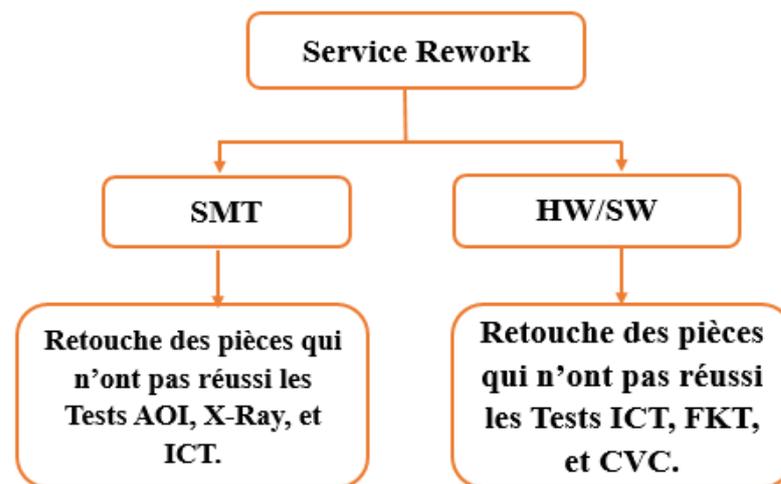


Figure 4: les zones du Service Rework

Parmi ses fonctions :

- Analyser le défaut.
- Vérifier si le défaut est retouchable (sinon rejets).
- Suivre l'instruction de travail de retouche du défaut en question.
- Contrôler et inspecter la pièce une fois la retouche terminée.

- Enregistrer l'opération de retouche dans le système de traçabilité : toute pièce retouchée doit être enregistrée.
- Identifier la pièce retouchée avec une étiquette jaune.
- Retourner la pièce sur la ligne de production pour la re-tester.
- Le re-teste sert à confirmer l'efficacité de l'action de Rework (élimination du problème).

4. Clients de LEAR Corporation Rabat :

A travers un processus de fabrication bien précis, l'usine Lear Rabat fabrique principalement les produits et conquiert par conséquent le marché européen, dont ses clients sont les suivants :



Figure 5: Clients de Lear Corporation dans le secteur automobile

5. Les principaux produits de LEAR Corporation Rabat :

La fabrication des différents produits de Lear est réalisée par projet et selon la fonctionnalité du produit. Dans le tableau 2, nous avons rassemblé ces différents produits fabriqués selon plusieurs lignes :

Ligne	Produit	Client
1	PL3 SPEG	BMW, Mini Cooper
	MQB NG	Volkswagen
	OMM GW	Land Rover, Jaguar
	HCM	Ford

2	Partie « Bottom » de la PL7 FEM	BMW
3	Partie « Top » de la PL7 FEM	BMW
4	« Top » et « Bottom » de la PL7 FEM	BMW
5	X10	Rectifier Renault
	HLI	Mercedes
6	USM 2010 et CMF1	Renault-Nissan
7	Partie « Bottom » du produit BDC.	BMW
8	Partie « Top » du produit BDC	BMW
9	« Top » et « Bottom » de la BDC	BMW
10	SBOX	BMW
	OFM	Volvo
	GCM	Land Rover, Jaguar
	HLM	Mercedes
11	HCI/PXL	Mercedes
12	C1A	Renault-Nissan
14	ADD Lite	Land Rover, Jaguar

Tableau 2: Les principaux produits de LEAR Corporation Rabat

Ces produits sont les cerveaux qui manipulent les différentes fonctions dans l'automobile :

- Essuie-Glace Avant, essuie-Glace arrière.
- Chauffage de miroirs extérieurs gauche/droite.
- Fenêtre arrière.
- Lave phares (SRA).
- Capteur de niveau d'eau de refroidissement.
- Jets lave glace chauffants.

- Niveau de l'eau de lavage.
- Frein à main contact.
- Verrouillage centralisé.
- Capteur de carburant.
- Alarme du système Antivol.
- Chauffage vitres avant/arrière.
- Un Compresseur de la climatisation.
- Ventilateur du moteur.
- Usure des plaquettes de capteur.
- Chauffage de siège.
- Capteur de pluie et de lumière.

III. Problématique et cahier des charges

1. Problématique

Chez Lear Corporation, qui vise à rester toujours le premier Leader Mondial de la production des cartes électroniques, le taux des rejets élevé reste le premier souci de toutes les filiales de Lear Corporation y compris Lear Corporation Rabat. Cette augmentation liée principalement au service Rework reste un grand problème pour les responsables de production.

C'est dans ce cadre que s'inscrit ce projet ayant pour objectif l'automatisation du système de Reflash afin de diminuer le taux de scrap.

2. But de projet :

Le projet consiste à automatiser la procédure "Reflash" de la carte PL7 dédiée à la marque BMW en envoyant d'abord les trames via le protocole de communication CAN aux microcontrôleurs existant de cette dernière, et en testant la réponse de chaque trame émise. Ensuite, vient l'étape de vérification si les microcontrôleurs contiennent la version correcte SW_DUT, et finalement la génération d'un rapport de l'état de la carte afin de garder une traçabilité du "Reflash".

3. Cahier des Charges :

Avant de se pencher sur l'étude détaillée du sujet « Automatisation du Reflash », une phase de planification est primordiale afin d'assurer la bonne conduite du projet puisqu'elle participe à la réduction du taux de Scrap ainsi que le temps de Reflash.

De ce fait, la nécessité impérieuse de maîtriser le projet implique la mise en place d'une organisation adaptée en ce qui concerne l'ordonnancement des tâches. En effet, la planification et l'ordonnancement sont des phases essentielles du projet. Il s'agit d'identifier dans un horizon de temps, le meilleur découplage et enchaînement des tâches indispensables à la réalisation du projet. Ainsi, la planification est un outil incontournable de la gestion de projet permettant de :

- Définir les travaux à réaliser.
- Fixer les objectifs.
- Coordonner les actions.
- Suivre les actions en cours.

Pour cet effet, nous nous sommes penchées dès le début de notre stage sur l'élaboration d'un planning des tâches pour la réalisation du projet. Ce planning s'étale sur différentes phases, nécessaires pour le bon déroulement du projet.

À savoir :

- Étude du processus du système (Reflash).
- Étude et recherche bibliographique sur les protocoles de communication.
- Élaboration des solutions.
- Évaluation des solutions (économiques, techniques...)
- Proposition des recommandations.

4. Planification du projet

Le projet débute le 22 février 2018 et s'achève le 22 juin 2018, il comporte quatre

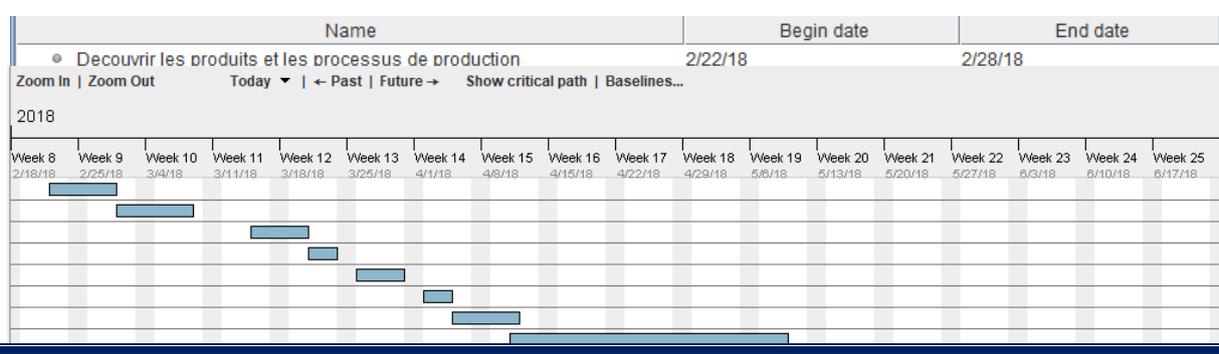


Figure 6: Gant du projet

phases essentielles pour tout le projet de l'automatisation comme suit :

5. Les acteurs du projet

Ces acteurs sont répartis entre un comité de pilotage chargé de valider les résultats obtenus et de veiller à l'application des actions proposées par le comité de projet ; et un comité de projet qui a pour rôle de diriger et examiner les décisions critiques à entreprendre afin de les valider. Il tient au courant le comité de pilotage des réalisations du projet.

Personne	Rôle	Fonction
Mr. SALIM KHOUADRI	Validation	Manager Qualité
Mr Mohamed THAIFA FAHMI	Encadrant milieu industriel Membre comité de pilotage	Responsable de Service TEST ENGINEERING
Mr. El OUZZANI Nabih	Encadrant pédagogique Membre comité de pilotage	Professeur à la FSTF
Mme. ESSABBANI Youssra	Membre comité de projet	Elève ingénieure en « mécatronique » à la FSTF

Tableau 3: Acteurs du projet

Conclusion

Le présent chapitre a été dédié par excellence à un aperçu sur la société Lear Corporation, son historique, sa hiérarchie, ses produits et ses clients ainsi que le cahier des charges et les différents acteurs participant à l'élaboration de ce travail.

Chapitre 2 : Etude fonctionnelle du projet

Ce chapitre présente l'étude de la carte PL7 ses processus de fabrication. Ainsi que la procédure pour reprogrammer la carte, nous présenterons aussi l'analyse fonctionnelle qui consiste à effectuer une étude applicative du système.

I. Contexte général du projet

1. Etude de la carte PL7

C'est une carte-mère automobile qui gère plusieurs fonctionnalités telles que le système d'accès voiture, la climatisation, le confort et l'éclairage ...

Elle dispose de 6 couches et des composants électroniques suivants :

- 1157 Résistances.
- 771 Capacités.
- 113 Diodes.
- 89 Transistors.
- 28 Inducteurs.
- 27 Diodes Zener.
- 10 Connecteurs.
- 9 Relais.
- 5 Horloges
- 3 Microcontrôleurs principaux : "Body", "Gateway" et "FUSI".

Ces composants permettent de gérer le système électronique dans la voiture, nous nous intéressons à l'étude des trois microcontrôleurs existant dans la carte.

Ces derniers sont de la famille Freescale. On trouve deux types : SPC56XX 32-bit « Body et Gateway ». Il existe un troisième type : « FUSI » du type MC9S08SG32 8-bit.

Body : le microcontrôleur central de la carte responsable de la plupart des fonctions et gère toutes les options de la voiture (climatisation, confort et éclairage, essuie-glace, accès à la voiture, ABS, Freinage, accélération, etc...) «SPC5646 ».

Gateway : Microcontrôleur responsable de la gestion de l'ensemble des protocoles de communications internes de la carte FEM. « SPC5668 ».

FUSI : C'est le Co body Microcontrôleur contrôlé par le Body. Il s'agit d'un petit microcontrôleur dédié au verrouillage automatique du volant.

1.1.1. Body (Le microcontrôleur SPC5646C)

Le microcontrôleur MPC5646C est un module On-chip de la famille Freescale ayant les caractéristiques suivantes :

- 32-bit core Power Architecture,
 - Allant jusqu'à 120 MHz,
 - Contient unité des virgules flottantes (FPU),
 - Supporte Nexus 3+.
- 3 MB de mémoire Flash on-chip,
- 256 KB SRAM on-chip,
- Deux convertisseurs analogique-numérique 12 bits (ADC),
- 199 (BGA) pins (I/O),
- 8 modules interfaces séries (DSPI),
- 10 modules de communication série (LIN Flex),
- 1 contrôleur FlexRay double canal,
- 1 contrôleur Fast Ethernet (FEC),
- Régulateur tension on-chip (VREG).

La figure suivante présente l'architecture du microcontrôleur :

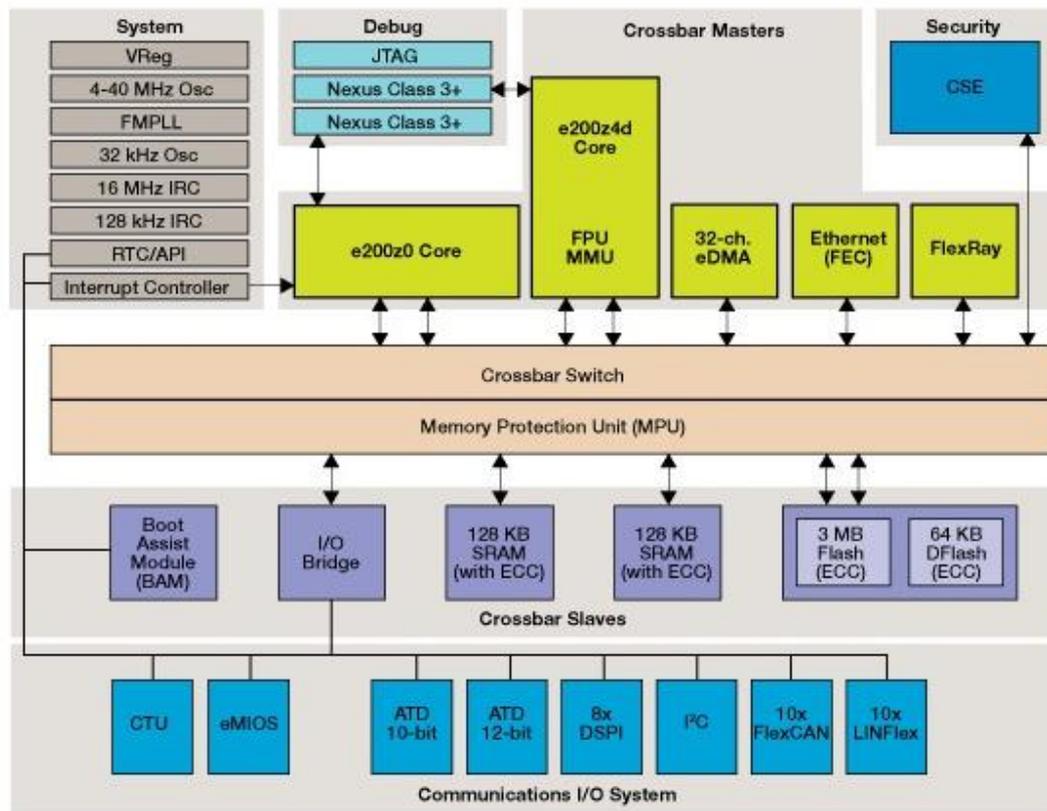


Figure 7: Architecture du microcontrôleur MPC5646C

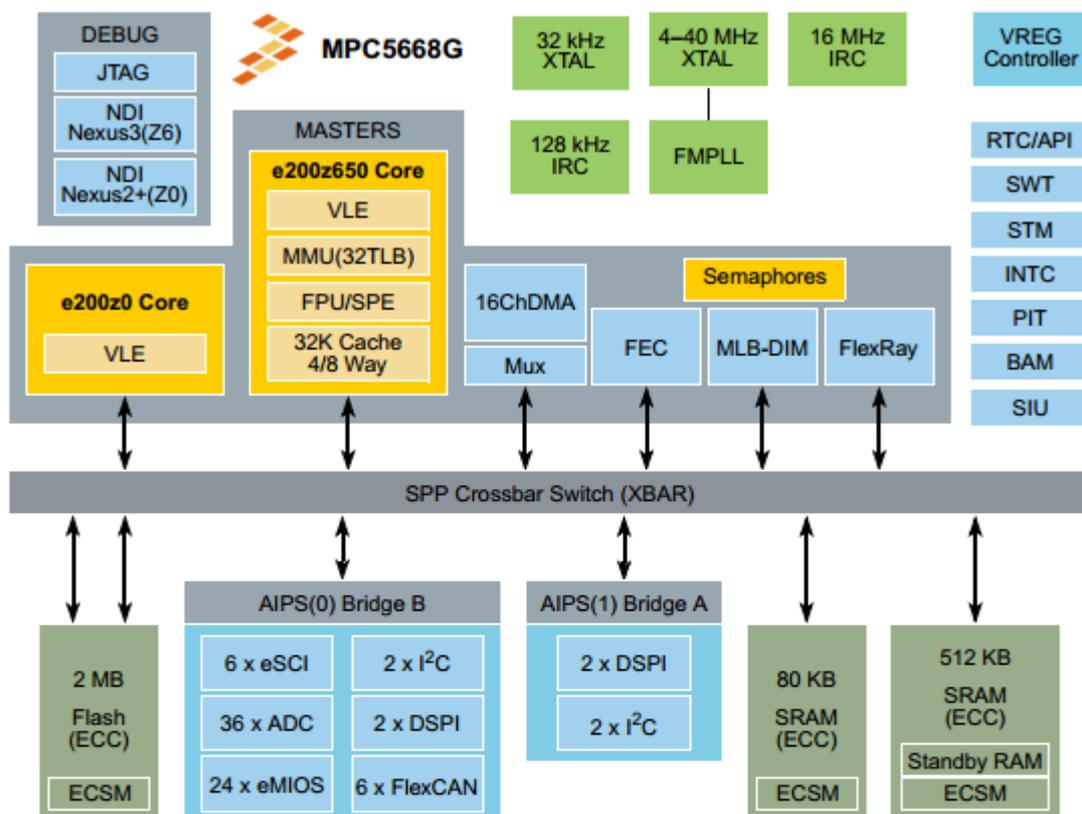
BODY est un microcontrôleur du type SPC5646C considéré comme le cœur de la carte PL7, il rend possible la gestion de la plupart des périphériques de la carte. La famille des microcontrôleurs MPC564xB - C 32-bit est conçue pour la prochaine génération des modules de commande de carrosserie automobile haut de gamme (BCM) et des applications passerelles. En outre, il offre un niveau supérieur d'intégration des périphériques afin de satisfaire le besoin croissant, l'amélioration des ensembles de fonctionnalités et aussi offrir plus d'espace mémoire.

1.1.2. Gateway (Le microcontrôleur MPC5668G))

Le microcontrôleur MPC5668G est un module On-chip de la famille Freescale ayant les caractéristiques suivantes :

- Conforme à la catégorie Power Architecture CPU (e200z650) 32 bits,
 - 32 Ko mémoire cache,
 - La vitesse d'exécution statique : 116 MHz.

- 2MB en mémoire flash on-chip,
- 592 KB de mémoire ECC SRAM on-chip,
- 16 canaux des contrôleurs d'accès direct à la mémoire,
- Fast Ethernet Controller : support 10-Mbps et 100-Mbps,
- Contrôleur d'interruption (INTC) prend en charge 316 vecteurs d'interruption externes (22 sont réservés),
- Convertisseur analogique-numérique (ADC),
- Interface communication (I2C),
- Module d'interface communication Serial (ESCI),
- Module CAN (Flex CAN) Version 2.0 B,
- Contrôleur FlexRay Dual-Channel,
- Contrôleur JTAG



LEGEND

ADC – Analog to Digital Converter	I²C – Inter IC Controller
BAM – Boot Assist Module	INTC – Interrupt Controller
DSPI – Serial Peripherals Interface	JTAG – Joint Test Action Group interface
ECC – Error Correction Code	MLB-DIM – Media Local Bus Device Interface Module
ECSM – Error Correction Status Module	NDI – Nexus Debug Interface
eMIOS – Timed Input Output	PIT – Periodic Interrupt Timer
eDMA – Enhanced Direct Memory Access controller	RTC – Real Time Clock
eSCI – Serial Communications Interface	SIU – System Integration
FEC – Fast Ethernet Controller	STM – System Timer Module
FlexCAN – Controller Area Network controller	SWT – Software Watchdog Timer
FlexRay™ – FlexRay Bus Controller	VREG – Voltage Regulator
FMPLL – Frequency Modulated Phase Locked Loop	

Figure 8: l'architecture du microcontrôleur MPC5668G

Le Microcontrôleur MPC5668G 32-bit de la technologie Power Architecture R dual-core, concentre à un seul microcontrôleur tous les protocoles de communication possibles qu'on peut trouver dans une voiture. L'architecture dual-core fournit le débit et la performance dont on a besoin pour maintenir en temps réel le fonctionnement prévu. Le Microcontrôleur MPC5668G est un Gateway responsable de la gestion de tous les types et les protocoles de communication utilisés dans le domaine automobile tels que CAN, Ethernet, Flexray permettant l'échange d'information entre le module électronique et l'environnement extérieur

1.1.3. Fusi : Le microcontrôleur MC9S08SG32

Le microcontrôleur MC est un module On-chip de la famille Freescale ayant les caractéristiques suivantes :

- 8-Bit HCS08 Central Processor Unit (CPU) • 40-MHz HCS08 CPU,
- Prise en charge de 32 sources d'interruption,
- Oscillateur : Cristal ou céramique varie de 31,25 kHz à 38,4 kHz ou 1 MHz à 16 MHz,
- Convertisseurs analogique-numérique (ADC) 10-bit,
- Contrôleur SPI. Environnement extérieur,
- Protocole I2C,
- Contrôleur SCI.

La figure suivante présente l'architecture du microcontrôleur :

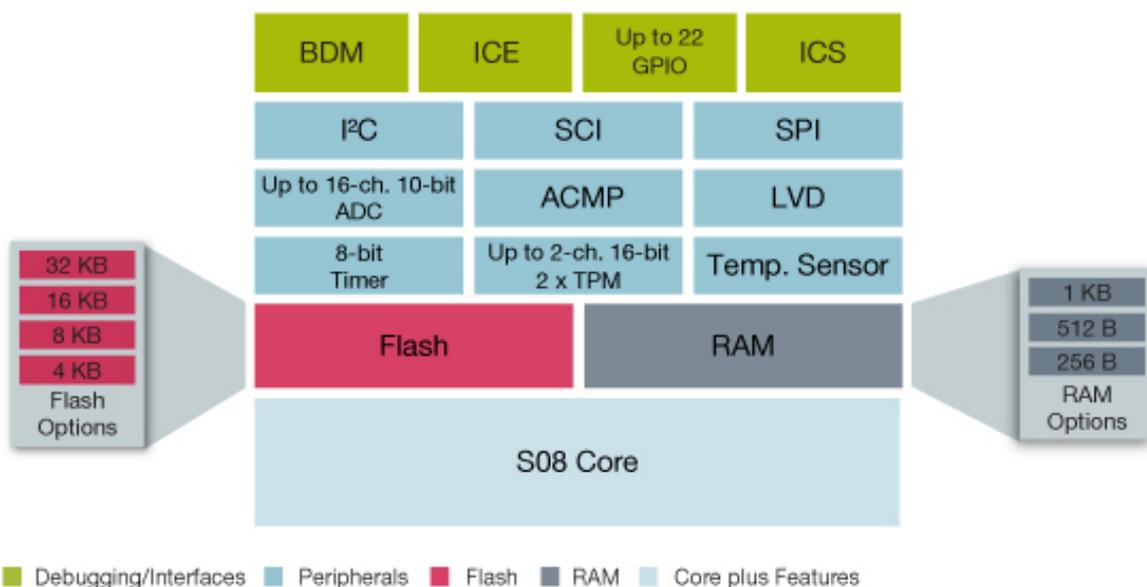


Figure 9: l'Architecture du microcontrôleur MC9S08SG32

Les microcontrôleurs de MC9S08SG32 sont des membres de la famille HCS08 8-bits, faible coût, haute performance. Les dispositifs à haute température de la série MC9S08SG32 ont été qualifiés de fonctionner jusqu'à 150 C. Tous les microcontrôleurs de la famille utilisent le noyau HCS08 amélioré avec une variété de modules, taille de la mémoire, types de mémoire et les types de paquets

2. Les drivers

Les drivers contrôlés par BODY :

- ✓ Mirror/Washer Heater : Contrôle les moteurs des essuie-glaces,
- ✓ Washer Pumps : Contrôle la pompe de jet d'eau,
- ✓ LED Outputs : Contrôle les ampoules d'éclairages,
- ✓ LED Outputs Aux : Contrôle les ampoules d'éclairages auxiliaires,
- ✓ AIRBAG : Contrôle le système de sécurité « airbag »,
- ✓ Front Wiper (Speed I/I I) : Contrôle la vitesse des essuie-glaces avant,
- ✓ Rear Wiper I : Contrôle la vitesse des essuie-glaces arrière,
- ✓ Capteur de carburant : Permet de savoir le niveau de carburant dans le réservoir de la voiture.

Les drivers contrôlés par Gateway ZGW :

- ✓ CAN : Protocole de communication CAN,
- ✓ LIN : Protocole de communication LIN,
- ✓ Flexray : Protocole de communication Flexray,
- ✓ Ethernet : Protocole de réseau local à commutation de paquets.

Les drivers contrôlés par ECL :

- ✓ ECL Supply,

- ✓ CAS. FailSave Hardware.

3. Les protocoles de communication

La carte PL7 est commandée par l'ordinateur via une série de communications "USB", en utilisant l'outil "CAN case", qui envoie les instructions aux microcontrôleurs avec le protocole de communication CAN.

Quant au protocole SPI, il permet d'organiser et de gérer les communications et les échanges entre microcontrôleurs.

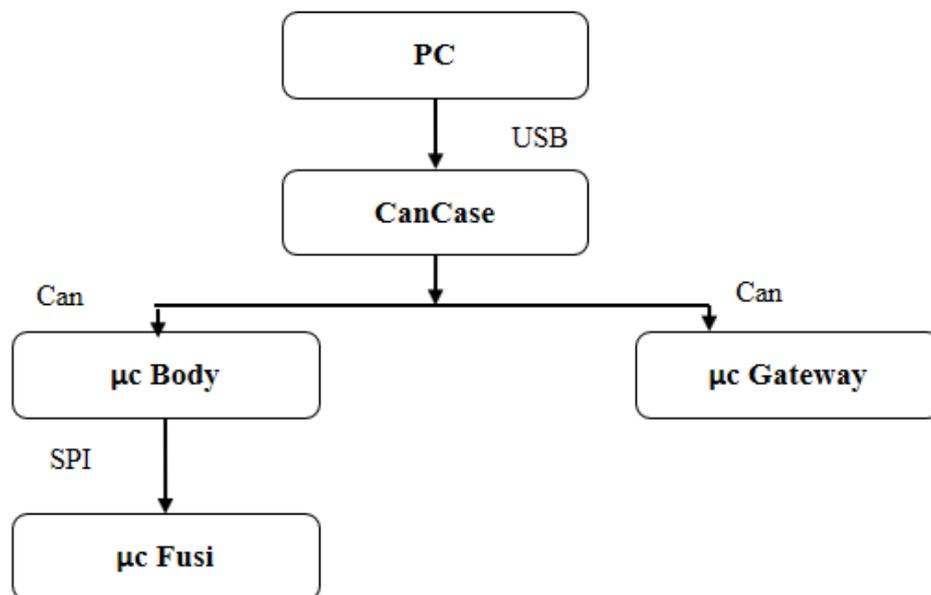


Figure 10: les Protocoles de communication

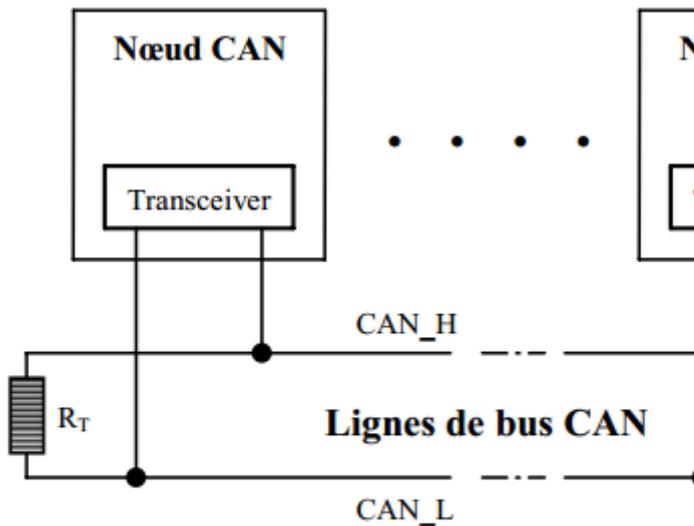
➤ Protocole de communication Can

Le protocole CAN est un protocole de communication série qui supporte des systèmes temps réel avec un haut niveau de fiabilité. Il est né du besoin de trouver une solution de communication série dans les véhicules automobiles, il permet la communication de plusieurs organes au même temps. Ses domaines d'application s'étendent des réseaux moyens débits aux réseaux de multiplexages faibles coûts.

Il est avant tout à classer dans la catégorie des réseaux de terrain notamment l'automobile, il présente plusieurs avantages :

- Hiérarchisation des messages.
- Garantie des temps de latence.
- Souplesse de configuration.
- Réception de multiples sources avec synchronisation temporelle.
- Fonctionnement multi-maître.
- Détections et signalisations d'erreurs.
- Retransmission automatique des messages altérés dès que le bus est de nouveau au repos.
- Distinction d'erreurs : d'ordre temporaire ou de non-fonctionnalité permanente au niveau d'un nœud.
- Déconnexion des nœuds défectueux.

Le bus CAN utilise deux fils (une paire torsadée ou non) dont les désignations sont CAN L (low) et CAN H (High), qui sert à la réception et l'émission des trames CAN.



R_T : Résistance de terminaison de bus

Figure 11: Architecture du bus CAN

➤ Protocole de Communication CanCase

Le CANcase est une interface USB avec un microcontrôleur puissant de 32 bits 64MHz d'ATMEL



avec ARM7 et deux contrôleurs SJA1000 CAN de Philips.

Il est capable de recevoir et analyser les trames CAN, ainsi que générer et détecter des trames d'erreurs sur le bus. Il est composé de :

- Connecteur USB pour l'utilisation avec un PC en mode Interface.

Figure 12: Protocole de Communication CanCase

- Connecteur Binder pour l'alimentation, la synchronisation et de déclenchement.
- Deux connecteurs D-Sub9 pour CAN.

➤ Protocole de communication SPI

La liaison SPI est un bus pour la transmission synchrone de données « série » entre un maître et un ou plusieurs esclaves. La transmission a lieu en Full Duplex, c'est-à-dire que les données circulent simultanément dans les deux sens. Le maître génère l'horloge et initialise une transmission de données en sélectionnant l'esclave avec qui il veut communiquer.

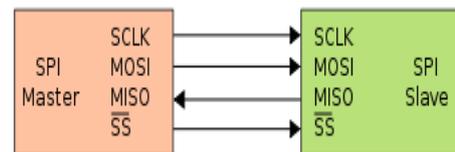


Figure 13: Protocole de communication SPI

Chaque esclave est adressé par le maître par une ligne individuelle SS (Slave Select) et n'est actif que lorsqu'il est sélectionné.

Le bus SPI utilise quatre signaux logiques :

- **SCLK** — Serial Clock, Horloge (généré par le maître)
- **MOSI** — Master Output, Slave Input (généré par le maître)
- **MISO** — Master Input, Slave Output (généré par l'esclave)
- **SS** — Slave Select, Actif à l'état bas (généré par le maître)

4. Processus de production de la carte électronique PL7

Comme déjà précisé, la fabrication dans Lear s'effectue en deux zones, la zone électronique et la zone puissance. Toutes les deux s'organisent en plusieurs lignes de telle sorte à ce que dans chaque ligne se fasse la fabrication d'un ou plusieurs produits.

4.1. Processus de fabrication de la carte PL7

PL7 est une carte électronique à double face, c'est la carte la plus complexe des produits de Lear Corporation Rabat.

Le chemin parcouru par ce circuit pour passer d'un PCB vide à une carte électronique complète prête à l'utilisation est comme suit :

4.1.1. LASER

La première opération consiste à imprimer un code barre sur la carte PCB, pour sauvegarder tous les informations ou bien l'historique de la carte.

4.1.2. La ligne SMT

➤ Sur cette ligne passe le produit PL7 Top :

❖ Sérigraphie

DEK est une machine de sérigraphie entièrement automatique qui permet de déposer la pâte à braser sur le PCB à l'aide des raclettes et d'un pochoir, avec un temps de cycle de juste de 18 secondes.

❖ Inspection optique 3D

Machine d'inspection de la pâte à braser d'un temps de cycle de 17 secondes. Cette technologie permet de contrôler intégralement le dépôt de pâte à braser : bonne quantité, bon emplacement et bonne épaisseur.

❖ Insertion automatique des composants

La machine PANASONIQUE qui permet de placer avec une grande précision tous les types de composants actuellement câblés sur des cartes CMS. Elle est commandée par un microordinateur, et elle utilise une caméra permettant de détecter l'emplacement correcte des composants.

❖ Insertion manuelle des connecteurs

On insère les connecteurs « grouping » manuellement et on les appuie par la suite sur la carte (confirmer les connecteurs).

❖ Soudage des composants

Un four à tati multizones (zones de préchauffage, de refusions et de refroidissement) que l'on peut régler indépendamment, et qui permet de fusionner la pâte à braser et à créer des joints brasés entre les connexions des composants et les PCB

4.1.3. La ligne EOF

❖ Contrôle optique 2D (AOI)

La machine qui fait une inspection en 2D : absence des composants, composant inversé, décalage, polarité et orientation, dépôt de la pâte à braser, soudure insuffisante ou en excès, pins soulevés ou tordus, court-circuit.

❖ X Ray

C'est une machine qui se compose de deux parties : **AOI** : Pour contrôler les pins et **AXI** : Pour contrôler BGA et les composants qui se trouvent sous Goupping.

❖ Test ICT

Une machine est destinée au test des cartes électroniques, elle consiste à tester, individuellement les uns après les autres, les différents composants que comporte la carte.

❖ Vernissage :

On charge la carte manuellement, une machine de vernissage sélectif automatique. Elle dépose de manière reproductible une couche de vernis homogène à des endroits bien définis de la carte

❖ Insertion manuelle des fies :

L'insertion manuelle des fies au niveau du couvercle de la carte électronique. Ces fies servent à protéger cette dernière dans le cas d'un court-circuit.

❖ Test fonctionnel (FKT) :

La machine FKT met la carte dans un environnement pareil de la voiture. Elle applique sur la carte un ensemble des tests différents qui doit passer correctement avant les clients

❖ Emballage (CVC + Marquage) :

Après le test électrique on enregistre le numéro de série de la carte afin de garder la trace des produits et connaître ainsi les étapes du processus par lesquelles ils sont passés. La dernière étape est l'emballage des cartes électroniques dans des caisses pour les transférer vers le stock.

Pour plus de détails sur le processus voir annexe.



4.2. Schéma de production de la carte PL7 :

Afin de bien comprendre le processus de production nous avons établi l'organigramme suivant qui le résume :

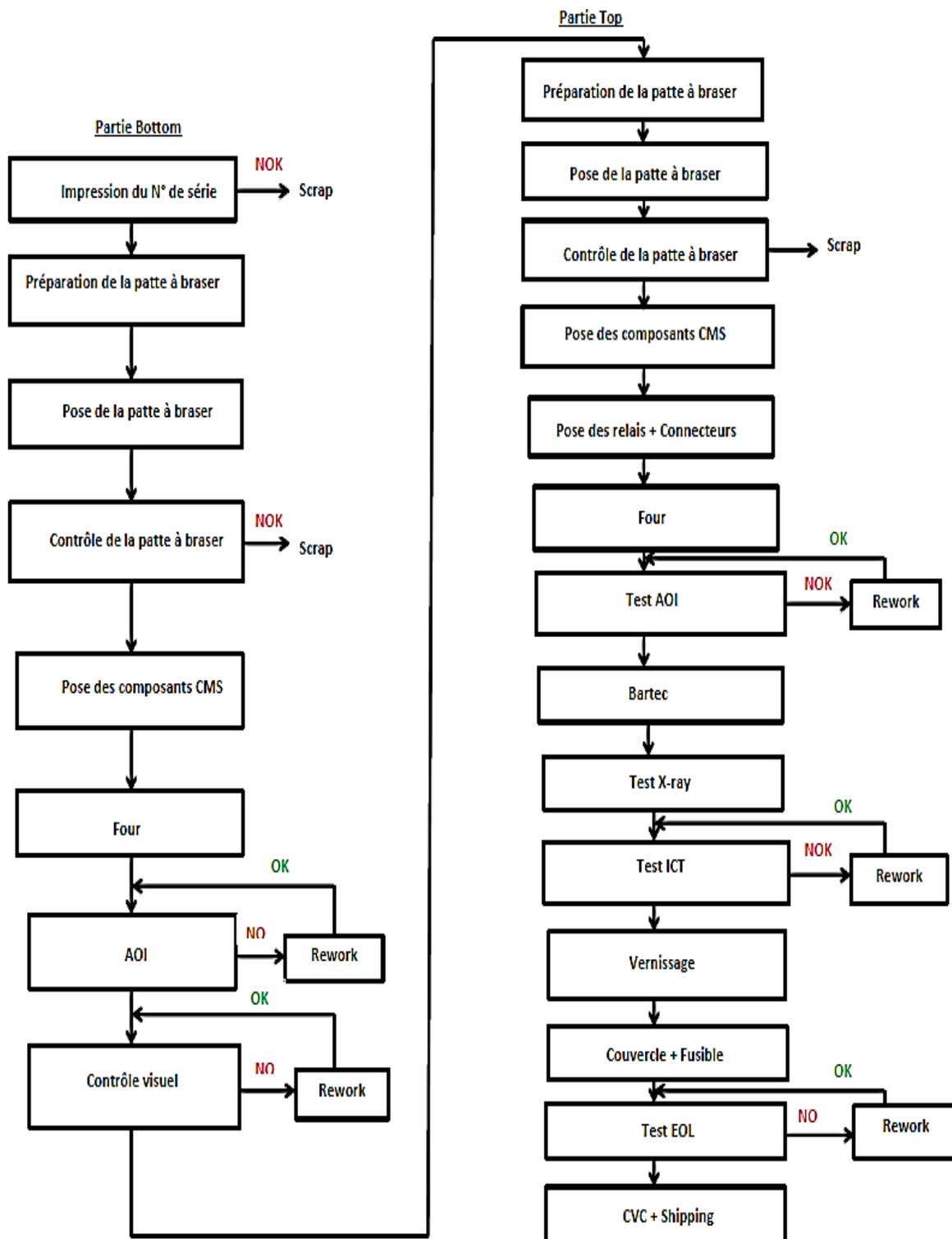


Figure 14: Schéma de production de la carte PL7

5. L'emplacement de la carte dans la voiture

La carte se trouve au-dessous de la

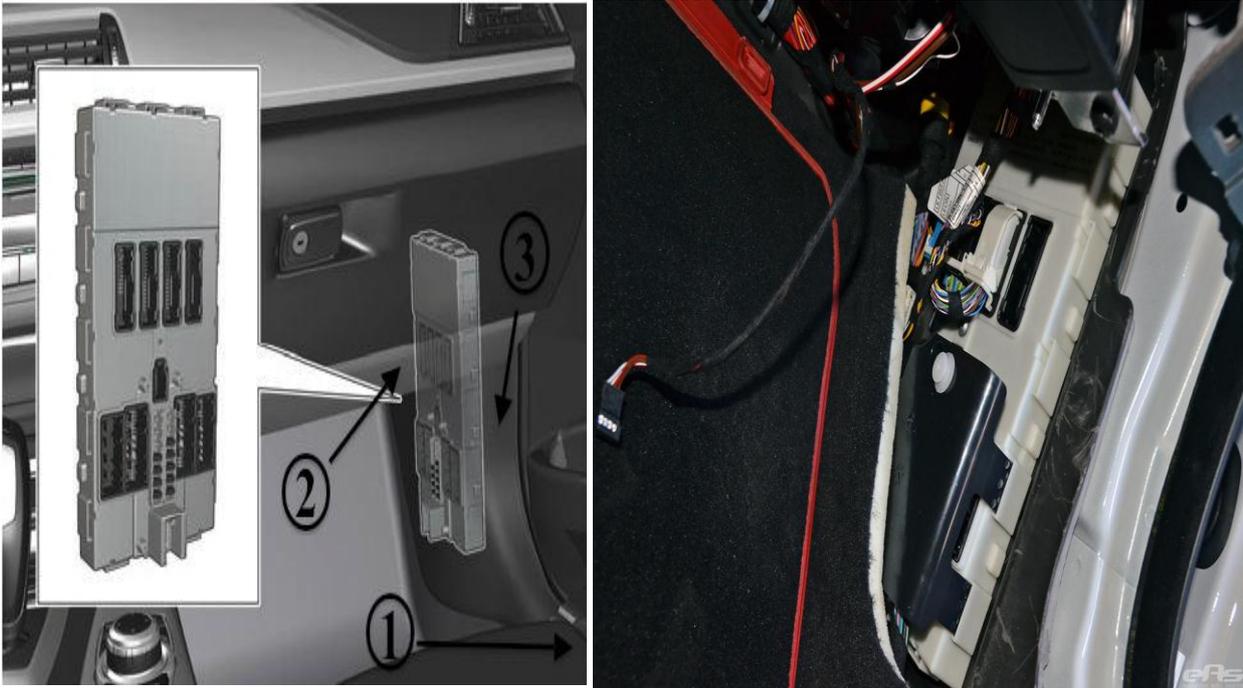


Figure 15: l'emplacement de la carte dans la voiture

6. Les connecteurs

La carte PL7 dispose des 10 connecteurs pour communiquer avec l'environnement extérieur comme le montre le schéma suivant :

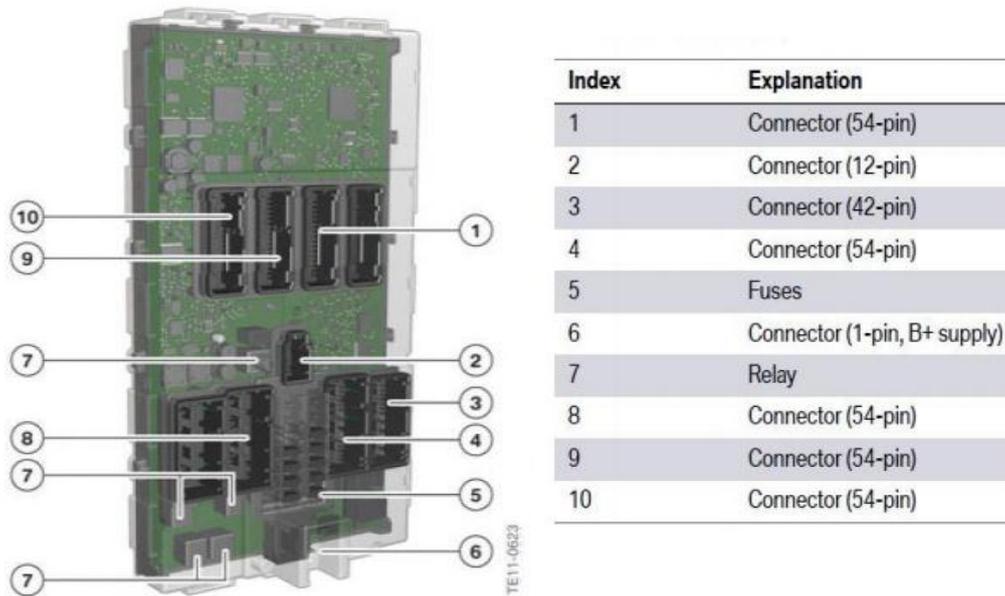


Figure 16: les connecteurs de la carte PL7

7. La connexion de la carte PL7

La carte PL7 est connectée au CANcaseXL à travers le connecteur 9 qui contient le CAN-H et CAN-L. Un connecteur est utilisé pour la transmission des trames et la réception des données, et l'autre connecteur contient les pins d'alimentation des microcontrôleurs comme montré dans la figure ci-dessous :



Figure 17: Connexion de la carte PL7

8. Fonctionnalité de la carte PL7 (Platform 7 Front electronic Module)

Lear rabat Technopolis livre différents équipements automobiles, plusieurs lignes de productions sont placées, par lesquelles passent les différents produits : PL3, PL7, MQB, X10 et TSMC/JLR.

Le PL7 fait un processus d'assemblage des différents composants et assure les tests nécessaires uniquement pour la voiture BMW I8 de telle sorte à diminuer le coût et le délai d'assemblage.

FEM (Front Electronic Module) est un module de commande électronique qui permet de gérer des systèmes électroniques dans la voiture, on trouve ci-dessous la plupart des fonctionnalités de la carte sous forme des symboles appuyés de leurs signification :



Figure 18: Les symboles du Module FEM

II. Etat de l'Art et problématique

1. Procédures de reprogrammation manuelle

La première étape après l'arrivée de la carte défectueuse, est la vérification de DUT et Unlocker JTAG de ces dernières à l'aide de l'envoi des trames manuellement via le CAN-CASE par le protocole FA-CAN.

Si le DUT est installé on passe à l'étape de lecture du SN pour savoir si la carte est avec ou sans FUSI. On lit le SN à partir du label et si la carte ne contient pas de label on doit l'ouvrir pour le savoir.

Pour reflasher une carte PL7, plus de 50 trames doivent être envoyées par le protocole de communication CAN aux microcontrôleurs via le CAN-Case.

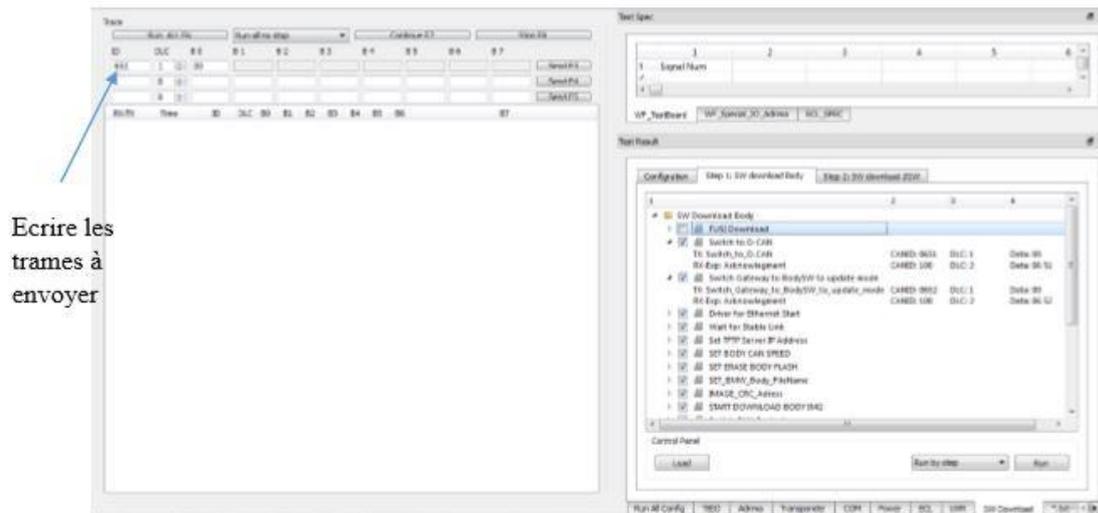


Figure 19: Procédure actuelle de l'envoi de la trame

Le processus « Reflash » peut prendre jusqu'à 12 minutes par carte.

- **Diagramme du système de Reflash**

Le diagramme suivant expose les étapes essentielles qu'il faut suivre pour réaliser un Reflash de la carte PL7 FEM :

Pièce en panne en
EOF ou Retour client

Mettre la carte
sous tension

Lecture du SN à
partir du label

Initialisation

Connexion CAN

L'envoi de deux trames
basculement FA-CAN
manuellement

Déverrouillage
JTAG

Sans FUSI

Avec FUSI

Télécharger SW
BODY

Téléchargement du fichier
contenant plus de 20 trames
Et basculement D-CAN
manuellement

Télécharger SW
FUSI au BODY

Téléchargement du fichier
contenant plus de 10 trames
Et basculement D-CAN
manuellement

Télécharger SW
GW

Téléchargement du fichier
contenant plus de 20 trames
Et basculement D-CAN
manuellement

Envoyer vers
FUSI

L'envoi des trames
téléchargées et basculement
FA-CAN manuellement

Lecture de SN à
nouveau

Basculement FA-CAN
L'envoi de 10 trames
basculement FA-CAN m
manuellement

Figure 20: Diagramme du système
de Reflash

Traçabilité

Pour envoyer les trames dans le bus FA-CAN ou D-CAN, il faut brancher à chaque fois le câble associé dans le Can-Case pour réussir l'opération.

FA-CAN et **D-CAN** sont deux protocoles de communication CAN similaires, le FA-CAN est dédié à envoyer les trames liées aux fonctionnalités de la carte (lire le numéro de série, exécuter les commandes, etc..), le D-CAN dédié à envoyer les trames liées aux diagnostics de la carte (vérifier les défauts, reflasher les microcontrôleurs, etc..).

2. Problématique

La procédure utilisée est lente, nécessite l'utilisation manuelle de l'application en envoyant plusieurs trames. De plus, dans le cas d'un retour de grands nombres des cartes, leur gestion est pénible et trop lente, d'où la nécessité d'optimiser cette procédure en accélérant et en automatisant ces tâches manuelles.

III. Analyse fonctionnelle

1. Introduction

L'analyse fonctionnelle des besoins est une démarche qui consiste à analyser un produit d'une manière systémique en l'examinant aussi bien de l'intérieur que de l'extérieur afin de porter une attention particulière aux interactions entre ses différents éléments de l'environnement.

Une analyse fonctionnelle progresse suivant deux phases :

- Phase 1 : recherche du besoin fonctionnel. L'outil de recherche est appelé « BÊTE A CORNE ».
- Phase 2 : recherche des fonctions de service : son principe consiste à étudier le produit pour découvrir et dresser la liste de tous les éléments du milieu extérieur en contact avec ce produit. Pour cela on utilise l'outil « Pieuvre ».

2. Analyse externe

2.1. Identifier le besoin

La méthode de bête à cornes repose sur trois questions :

- ✓ A qui le produit rend-il service ?
- ✓ Dans quel but ?
- ✓ Sur quoi le produit agit-il ?

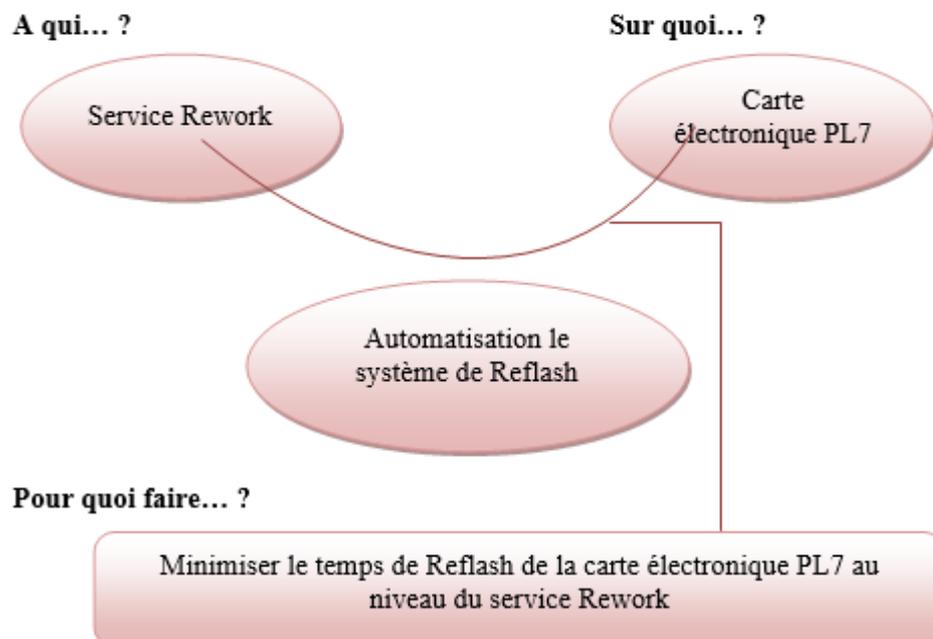


Figure 21: Bête à cornes

2.2. Validation du besoin

La deuxième étape de la méthode consiste à exprimer le but de l'étude et analyser le besoin principal afin d'arriver à sa validation

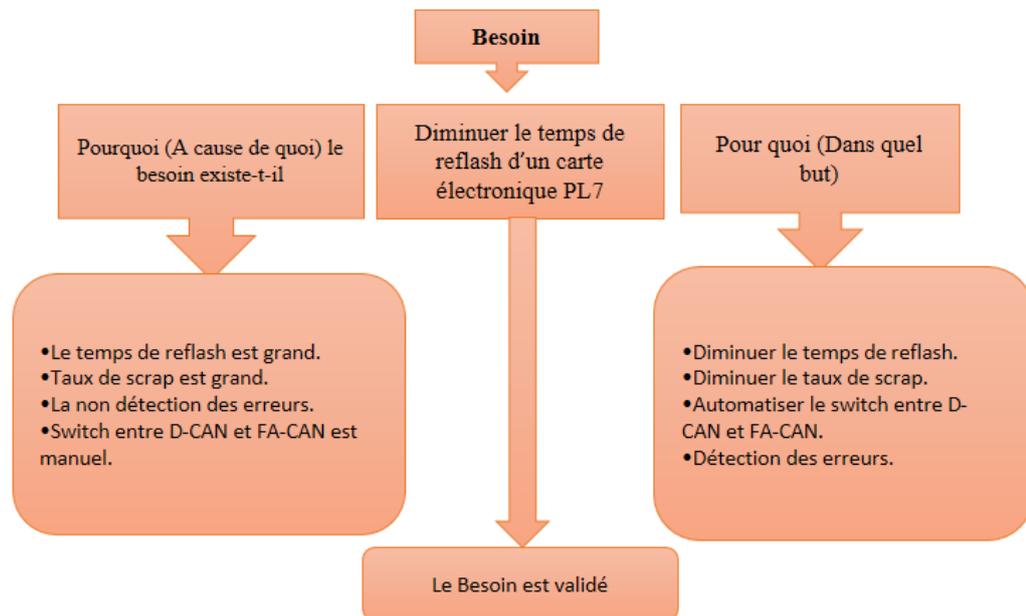


Figure 22: Validation du besoin

D'après l'analyse fonctionnelle, notre travail requis se résume dans le développement d'une application capable d'exécuter :

- ✓ La détection de la version de la carte à « reflasher ».
- ✓ L'envoi des trames aux microcontrôleurs de la carte PL7.
- ✓ Le test de la réponse de chaque trame et réagir selon cette dernière.
- ✓ La mise en place d'un fichier comportant le suivi du processus de « reprogrammer ».

Enfin la Conception et la réalisation d'un circuit électronique qui bascule automatiquement entre deux protocoles CAN (FA-CAN et D-CAN). Une tâche qui se déroulait manuellement.

2.3.Principe

La figure ci-dessous montrera à bien notre intervention

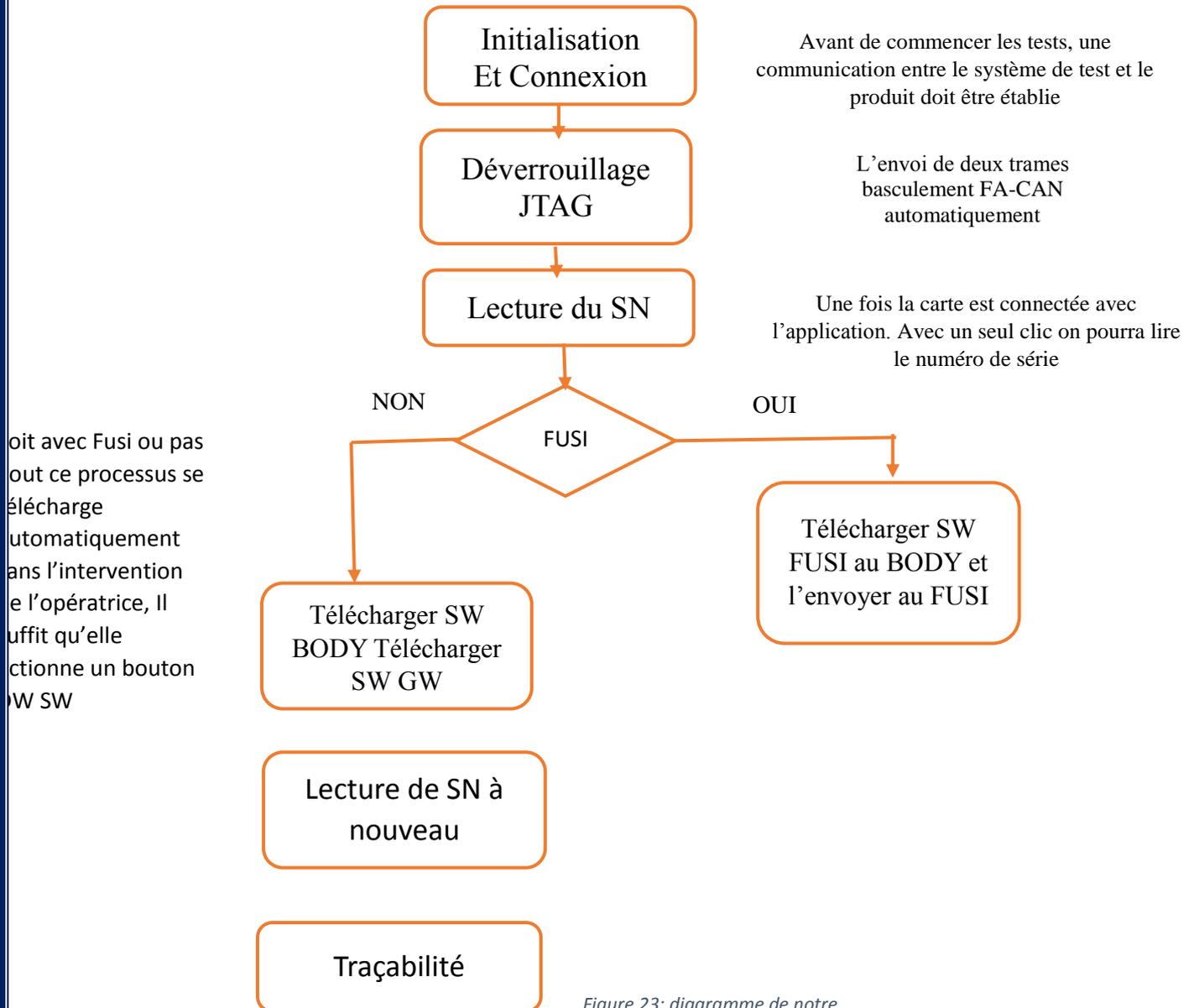


Figure 23: diagramme de notre intervention

3. Solution proposée

3.1. Langage de programmation

Il y a toute une collection de langages disponibles qui ne sont pas, essentiellement équivalents. Chaque langage possède ses avantages et ses inconvénients. Afin de choisir un langage de programmation, un informaticien doit tenir compte d'un grand nombre de critères :

- ✓ Facilité d'apprentissage,
- ✓ Facilité d'utilisation pour un programmeur expérimenté,



- ✓ Rapidité d'exécution des programmes,
- ✓ Stabilité (absence de défaut),
- ✓ Possibilité de structuration modulaire du programme,
- ✓ Existence de bibliothèques de fonctions, de classes,
- ✓ Portabilité du langage sur différentes plateformes, etc.

Dans notre cas nous avons décidé de choisir le langage VB.NET pour les raisons suivantes :

- La disponibilité des bibliothèques du protocole CAN.
- La disponibilité des drivers du CANcaseXL.
- L'ensemble des programmes des machines de test sont développés en VB.NET.

3.2.Choix de la carte

Durant notre recherche sur la partie matérielle, nous avons constaté qu'au cours des dernières années, de nombreuses cartes de développement modulaire sont apparues. Chaque carte présente des avantages et des inconvénients. Elles se différencient par leurs fonctionnalités, leurs complexités et leurs prix.

Le tableau suivant nous donne une comparaison technique entre ces cartes :

Nom de la carte	Arduino UNO	Beaglebone	Raspberry Pi B+	STM32
Naissance	2005	2008	2012	2007
Prix (dollars)	30	90	Moins de 40	10
Processeur	ATmeg328 8bits	Sitara335x sur un cortex M8	BCM2835 sur un ARM11 -CPU intégrée	Cortex
RAM	2 Ko	256 Mo	512 Mo	Max 128 Ko
Mémoire Flash	32 Ko	MicroSD - 4G	MicroSD – 32 G	Max 2048 Ko
Consommation(w)	0.5	2.5	3.5	basse
Ethernet	Non	oui	oui	non
USB	Non	1	4	Micro-USB
Sortie vidéo	Non	non	HDMI, RCA	non
Système d'exploitation	RTOS	Linux	Linux	RTOS
Prix	200 DH	800 DH	1200 DH	700 DH

Tableau 4 : Comparaison technique : Arduino Uno, Beaglebone, RaspBerry Pi et STM32

En tenant compte du tableau, on déduit que le STM32 représente un outil plus performant et mieux adapté à nos besoins. Le Raspberry possède des connectiques convenables au fonctionnement de notre système. De plus, son rapport performance-prix est plus qu'abordable.

Conclusion

Le but de ce chapitre consiste à donner une étude détaillée de la carte PL7 ainsi qu'une analyse développée des besoins fonctionnels et non fonctionnels pour ce projet en spécifiant les objectifs à atteindre. Puis nous avons donné une description de l'aspect fonctionnel afin de pouvoir connaître les différentes fonctionnalités exigées pour une bonne mise en œuvre de l'application.

CHAPITRE 3 : Réalisation et mise en œuvre

Ce chapitre décrit l'environnement de travail : les langages utilisés et les logiciels. Il présente l'interface de développement de l'application. Ainsi que les résultats obtenus.

I. Outils utilisés :

1. RS232

Le port série RS232 d'un ordinateur est identifiable par le type de connecteur utilisé : autrefois un SUB-D à 25 points, aujourd'hui en général un SUB-D mâle à 9 points (ou 9 broches) également appelé connecteur DB9 ou SUB-D 9.



Figure 24: RS232 (male/femelle)

2. Carte STM32 programmée



Carte STM32 : c'est un circuit intégré à base un microcontrôleur composé d'un processeur ARM, une mémoire RAM et une interface de débogage.

Afin de permettre la création d'un large éventail d'applications, le

kit de découverte

Figure 25: La carte STM32

STM32F7 est fourni avec la vaste

bibliothèque de logiciels embarqués(firmware) STM32Cube.

La plateforme matérielle du kit de découverte permet d'accéder aux fonctionnalités du microcontrôleur STM32F7 grâce à une conception compacte.

Pour configurer et programmer la carte STM32 ainsi que les logiciels utilisés voir annexe

II. Présentation de l'Application.

1. Driver CancaseXL

Après la mise sous tension de la carte, l'application de notre système de reprogrammation du produit exécute les étapes suivantes :

- ❖ **Mettre la carte sous tension** : Cet étape consiste à régler la tension de l'alimentation à 12,5 V, à mettre les connecteurs à leur place adéquate et finalement brancher correctement le CANCESE entre le PC et la carte.
- ❖ **Initialisation** : Avant d'établir la communication par protocole CAN, nous proposons de passer par l'étape de l'initialisation afin d'améliorer la connexion. Cette phase permettra de rafraîchir l'interface graphique et surtout d'initialiser le Driver.
- ❖ **Connecter le PC avec la carte via le CANCESE** : Avant de commencer les tests, une communication entre le système de test et le produit doit être établie.

Il s'agit de l'étape primordiale qui consiste à créer, à configurer, et à activer

Les ports au niveau du programme pour pouvoir, par la suite lire les données à partir des microcontrôleurs ZGW et Body de la carte, et d'envoyer les frames à partir de notre application.

Notre application de reprogrammation doit premièrement communiquer avec l'interface CANCESE, qui assure la liaison avec le serveur

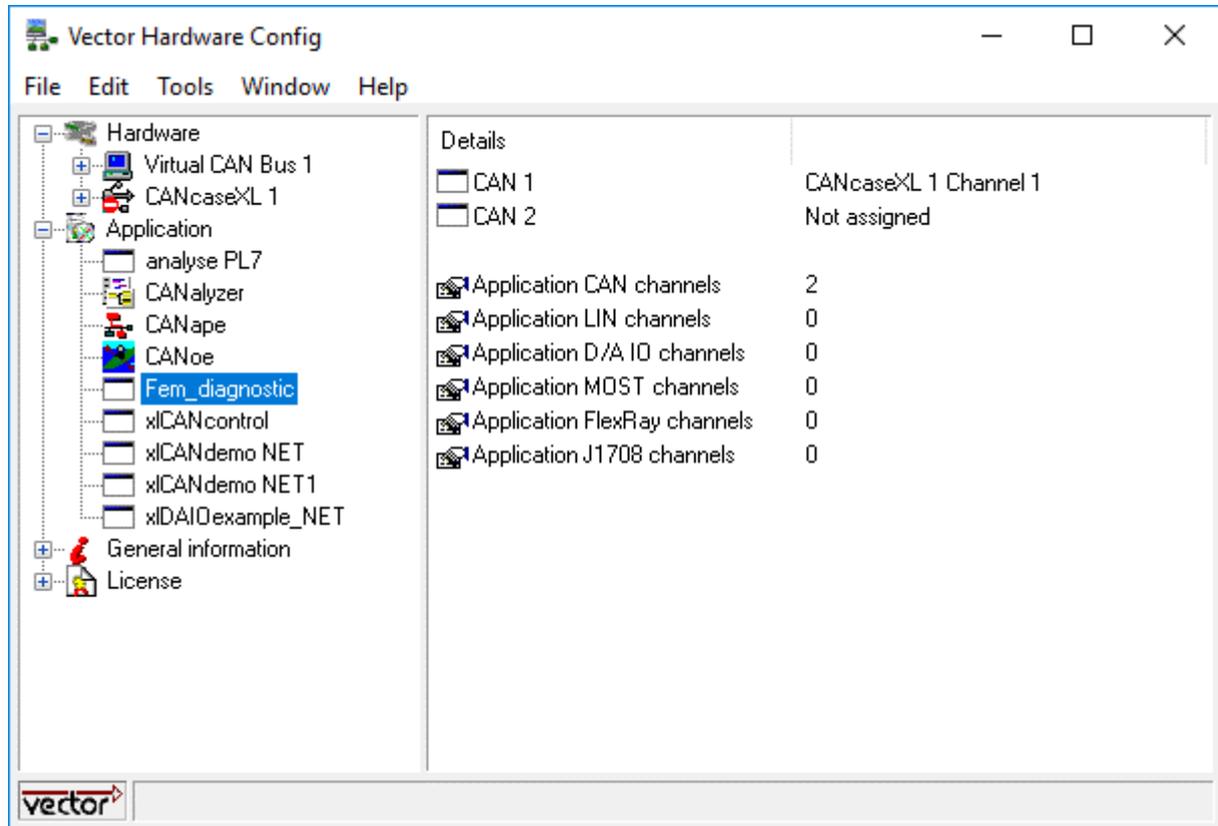


Figure 26: Configuration du vector hardware

Voici une capture d'écran de la configuration de notre application sur le driver :

2. L'interface graphique

Le « Rework » est une station réservée pour analyser manuellement les pièces défectueuses parvenues de l'assemblage électronique qui n'ont pas pu passer le test électrique ou le test visuel.

Notre application est dédiée pour cette station pour l'objectif de reprogrammer la carte PL7 (FEM), et la lecture le numéro SN.

L'interface graphique est une partie très importante pour notre application, qui devrait être convenable et conviviale offrant une certaine facilité à l'utilisateur au cours de la reprogrammation.

Nous présentons maintenant un ensemble de captures d'écrans des principaux points de l'application :

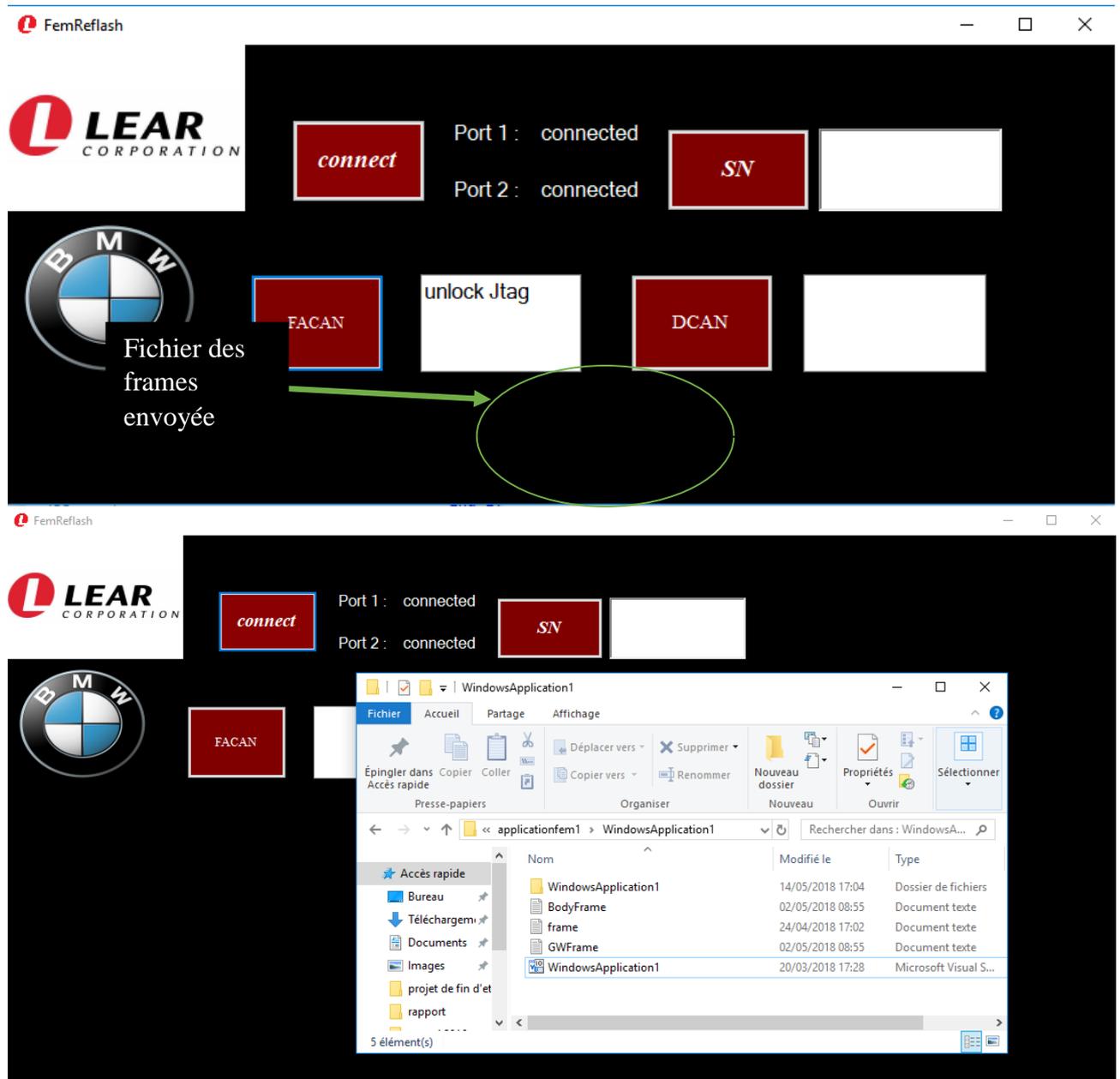


Figure 27: Application Vb.net pour reprogrammer la carte PL7

D'abord, il envoie des trames au numéro de série (SN) de la carte, puis crée un fichier texte nommé par le SN de la carte, et décrypte le SN pour savoir que la version de la carte contient le FUSI ou non :

- **Avec FUSI** : Ecraser l'application existante dans la carte, puis reprogrammer le Fusi, le Body et le GW.
- **Sans FUSI** : Ecraser l'application existante dans la carte, puis reprogrammer le Body et GW

Sur chaque trame envoyée, nous devons tester la réponse obtenue de la carte. Si la réponse est bonne, nous envoyons la trame qui suit sinon si la réponse est liée à un défaut connu (par exemple le câble Ethernet qui n'est pas branché, la stabilité de la connexion entre les terminaux, les microcontrôleurs sont verrouillés, etc...) Un message s'affiche demandant à l'utilisateur de résoudre le problème pour continuer sinon l'application s'arrête.

Comme montré sur la figure ci-dessous

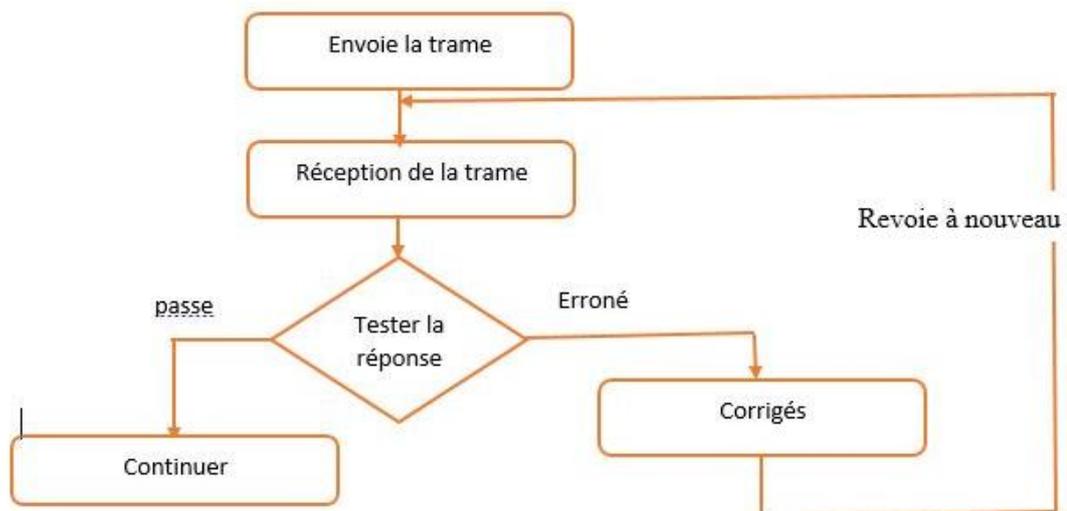


Figure 28: l'envoi, réception et teste des trames



Figure 29: teste et validation

Contrairement à la situation actuelle, notre application aussi capable de basculement automatiquement entre les deux bus FA-CAN et DCAN sans aucune manœuvré matérielle.

Les boutons FA-CAN, et D-CAN envoient respectivement, la lettre « F » et « D » dans le port série de la carte STM32, qui assure le basculement.

Circuit de basculement :

Pour réaliser la carte qui assure le basculement (FA-CAN, D-CAN) nous avons utilisé :

- Comme liaison série, une communication RS232.
- Microcontrôleur STM32 nuclio.
- 2 Relais électromécaniques de 5V.

- Le transistor Q1 est ici un 2N2222.
- Résistance 2k Ω .
- 2 Diode (1 diode de Rous libre).
- 3 DB9 (2 femelle et 1 mal).

Avant de passer à la réalisation pratique de notre système nous avons eu recours à la simulation des différentes parties du système.

Pour cela nous avons utilisé le logiciel pour simuler le circuit proposé.

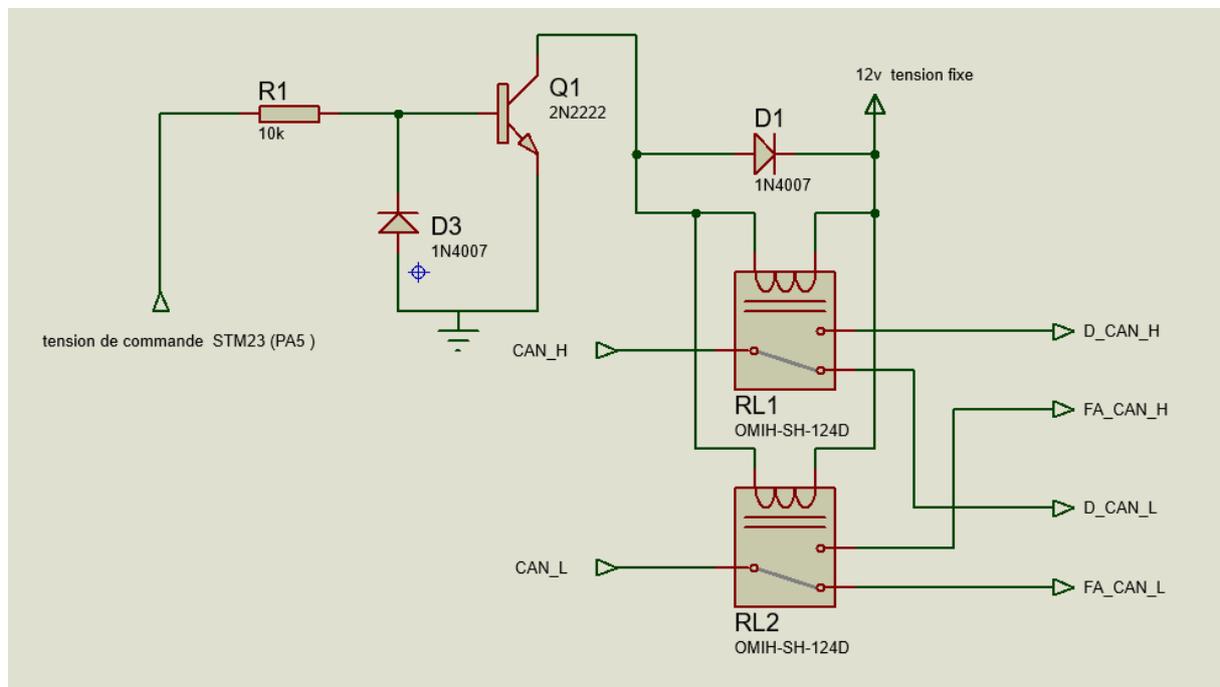


Figure 30: Simulation sous Proteus 8

Fonctionnement :

Nous utilisons un amplificateur de courant, le transistor Q1 2N2222 alimentée en 12VDC pour exciter les deux bobines des relais RL1 et RL2.

Ce dernier assure à la sortie le basculement de deux canaux CAN liées avec le périphérique CanCaseXL. La base du transistor est reliée au pin PA5 de la carte STM23 Nuclio à travers la résistance de limitation de courant R1. Le transistor type NPN 2N2222 supporte jusqu'à 60VDC sous un courant 3A entre le collecteur et l'émetteur, largement suffisant pour piloter la bobine du relais. Il joue le rôle d'interrupteur télécommandé.

La diode de roue libre D1 permet de créer une « boucle infinie » qui permet de limiter la surtension de la bobine et d'en évacuer le courant produit

Le courant de base du transistor qui naît quand on applique la tension de commande par STM23 qui est programmée à délivrer une tension de 5V, est limité par la résistance de base R1 de 10K. La valeur de cette résistance a été choisie pour que le courant circulant dans la base du transistor soit suffisant pour provoquer le collage du relais. La Diode D3 n'est pas obligatoire.

Structure générale du Relais électromécanique

Un relais électromécanique est doté d'un bobinage en guise d'organe de commande. La tension appliquée à ce bobinage va créer un courant, ce courant produisant un champ électromagnétique à l'extrémité de la bobine (il ne s'agit ni plus ni moins que d'un électro-aimant).

Ce champ magnétique va être capable de faire déplacer un élément mécanique métallique monté sur un axe mobile, qui déplacera alors des contacts mécaniques.

Il existe au moins deux normes où des lettres sont employées pour désigner les contacts :

- Lettres COM (Common - Commun).
- NO (Normaly Opened - normalement Ouvert).
- NC ou NF (Normaly Closed, normalement Fermé).

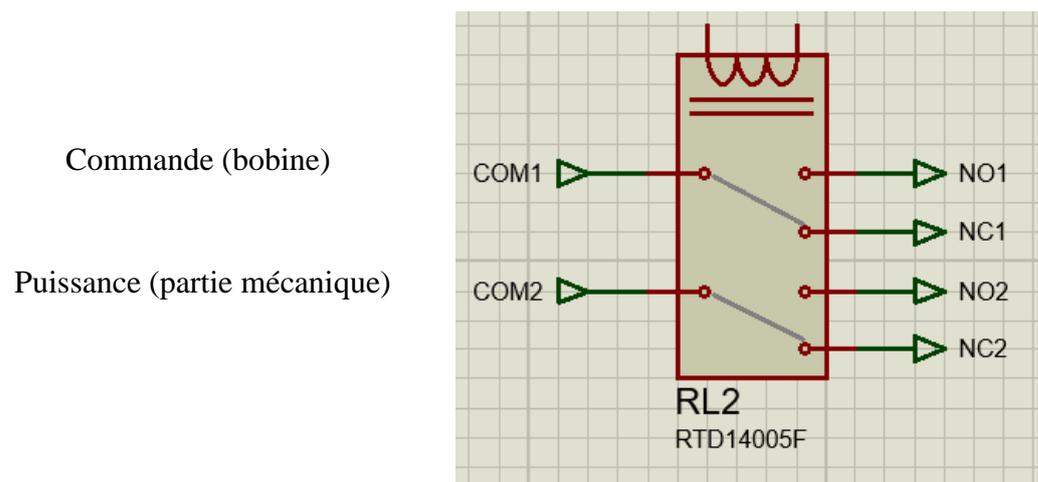


Figure 31: Relais électromécaniques de 5V

Après la validation du fonctionnement du circuit, nous avons passé à l'étape de la réalisation :

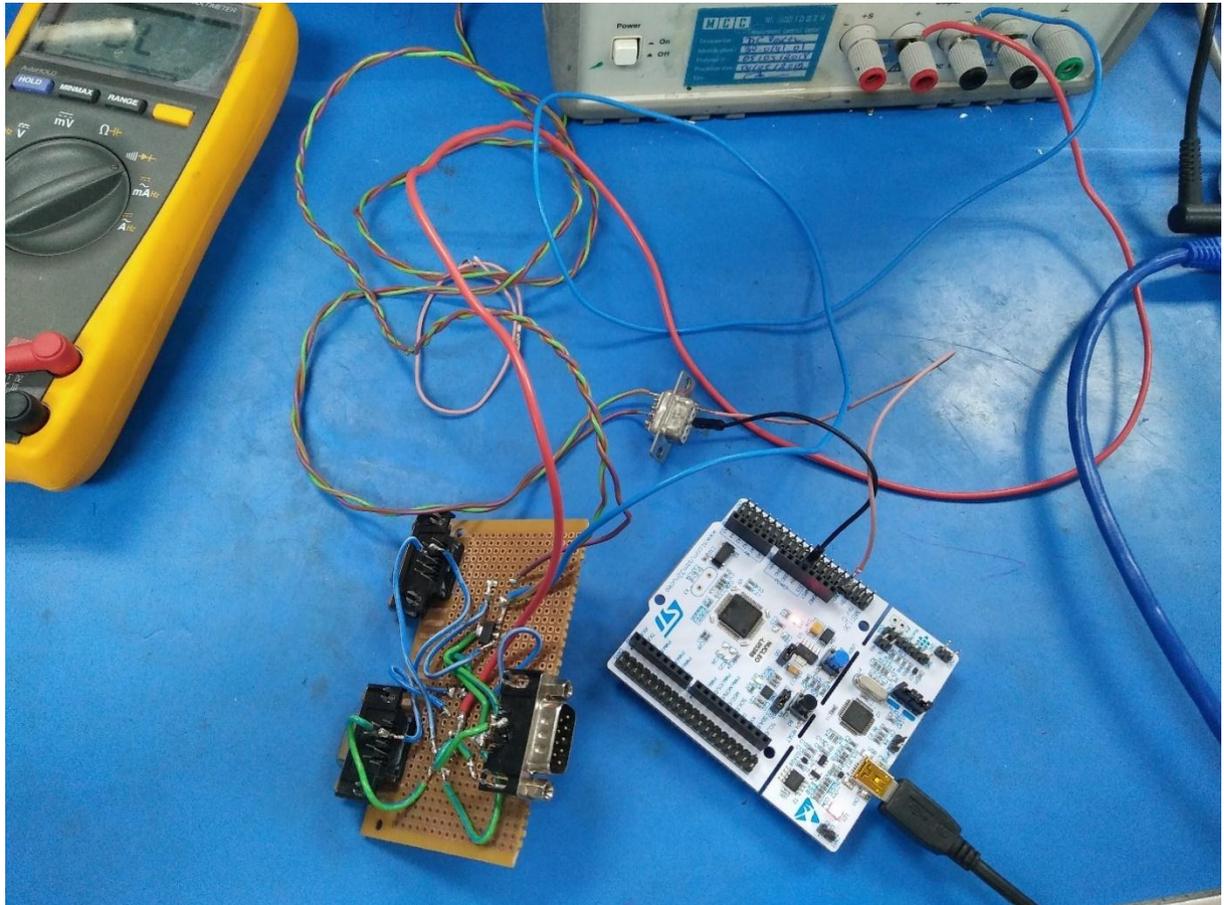


Figure 32: Test et validation du basculement FA-CAN/ D-CAN

Nous appliquons une tension 5VDC à la sortie du pin (PA5) de la carte STM32 lorsque le programme reçoit la lettre F (FA-CAN), Nous constatons que la variable associée prendre la valeur logique « 1 ». La situation s'inverse lorsque le programme reçoit la lettre D (D-CAN) la tension est ramenée à 0 VDC (« 0 » logique).

III. Résultats

1. Validation

Pour valider le projet nous avons flashé 140 pièces PL7 avec succès, dont 80 pièces avec Fusi et 60 pièces sans Fusi.

2. Valeurs ajoutées

Le projet permet de diminuer le risque de « Scrap » ou retard de livraison d'un pourcentage de plus de 30% à 0%, ce qui apporte des bénéfices à l'entreprise de 140000 DH/mois.

Le tableau ci-dessous représente une comparaison entre la nouvelle et l'ancienne procédures pour reprogrammer la carte

Options	Ancienne procédure	Nouvelle Procédure
Temps : Avec/Sans Fusi	12/8 min	4/2min
Switch : FACAN-DCAN	Manuelle	Automatique
Envoie des trames	Possibilité d'oubli ou trames erronées	Assuré
Déverrouillage des microcontrôleurs	Non assuré	Assuré
Détection des erreurs	Non	Oui
Détails des trames	Non	Oui
Traçabilité	Non	Oui
Taux de Scrap	30%	0%

Tableau 5: Comparaison ancienne et nouvelle procédure

Conclusion

Ce chapitre décrit la dernière étape du développement qui est celle de la réalisation et la mise en œuvre du projet. Nous avons présenté l'environnement et les outils choisis. Ensuite, nous avons donné un aperçu de l'application réalisé. Enfin nous avons donné les résultats obtenus et les avantages apportés

CONCLUSION

Le présent projet est le fruit de quatre mois de stage de Projet de Fin d'Etude, qui a nécessité beaucoup de recherche et d'efforts pour donner des résultats efficaces pouvant aider l'entreprise à améliorer l'efficacité de productivité.

Ce projet m'a permis de mieux découvrir le secteur des entreprises en passant de la théorie à la pratique et en appliquant les connaissances acquises durant mes années d'études.

Ce sujet qui s'intitule « amélioration et réalisation d'un système de reprogrammation de la carte électronique PL7/BMW au niveau du service Rework », m'a donné l'occasion d'apprendre la meilleure façon de structurer et mieux organiser un projet.

L'objectif du travail mené à Lear Corporation Rabat était de réaliser un système autonome pour reflasher les cartes PL7 dédiées à la marque BMW au niveau du service Rework, et par conséquent j'ai pu :

- Réduire le temps de reflash.
- Réduire les taux de rejet des cartes.
- Réduire la manipulation du matériel.

Ce projet a été réalisé en collaboration avec le département production, et test engineering. Cette relation avec deux directions a été très enrichissante sur le plan relationnel, car elle m'a permis de travailler au sein d'une équipe et de voir de près le rôle d'un ingénieur.

Pour conclure, il est possible de trouver des moyens pour améliorer l'efficacité d'une entreprise sans trop de dépenses, c'est le cas de mon projet dont le coût de la réalisation est négligeable par rapport aux bénéfices qu'il assure.

En effet le projet est validé par le département industrialisation et test engineering ainsi que le département qualité. Et il sera publié dans le cadre des « best practice », qui est un réseau qui intègre les meilleurs projets réalisés au sein du Groupe Lear.

Je suis honoré car mon projet a été adopté et appliqué. Je tiens à exprimer ma satisfaction d'avoir pu travailler dans de bonnes conditions et un environnement agréable.



Parmi les améliorations proposées :

- Intégration de toutes les versions de SW, en laissant le choix à l'utilisateur de choisir la version DUT voulue.
- Communication avec ITAC (logiciel du suivi de l'entreprise) pour corriger l'état de la carte de « Fail » à « Pass » avant son retour à la ligne de production.



Webographies

<http://www.lear.com>

https://homepages.laas.fr/fcaignet/Cours/presentation_bus_CAN.pdf. 2016

presentation_bus_CAN.pdf .2014

http://www.st.com/content/st_com/en.html Site de fabricant STM32F7.

<https://en.wikipedia.org/wiki/STM32>.

www.keil.com

<https://en.wikipedia.org/wiki/STM32>

http://omronfs.omron.com/en_US/ecb/products/pdf/en-g8n.pdf. 2016

Annexes

Annexe A : Les données techniques de Cancasexl

Technical Data	
Area of application	Mobile, stationary
Microcontroller	ATMEL AT91 (ARM7 TDMI with 64 MHz)
CAN channels	Two independent channels (NXP SJA1000)
Identifier	11/29 bit
Transceiver (galvanic decoupling)	See CAN-, LIN-, J1708 piggybacks in bus transceiver overview
PC interface	USB 2.0 highspeed (USB 1.1 compatible)
Temperature range	Operation: -20..+70 °C Storage: -40..+85 °C
Driver libraries for	C++, C, .NET (C#, Visual Basic, Delphi)
Operating system	Windows XP/Vista (32 bit), Windows 7 (32/64 bit)
Error Frame/Remote Frame	Detection & Generation
Dimensions approx.	105 x 85 x 32 mm
Power consumption (typ.)	1 W
External power supply (optional)	7 V..33 V
Time stamp accuracy	1 μ s
Average latency time in interface operating	300 μ s

Annexe B : Processus de fabrication de la carte PL7

LASER

Marquage au laser : avec un faisceau laser on marque la surface de la carte avec un code (la chaleur générée par le faisceau modifie thermiquement la surface de la carte).

Ce dernier est composé de 10 chiffres :

Les 3 premiers indiquent la référence

Du produit et les 7 derniers son

numéro de série. Ce code sert à

connaître les étapes par lesquelles

passé la carte tout au long du processus : l'objectif est de garder la traçabilité du produit (ceci est une exigence des clients). Les

PCB sont à la fin transportées manuellement vers le

poste de travail suivant, via des racks.



La ligne SMT

➤ Sur cette ligne passe le produit PL7 Top :

❖ Sérigraphie

DEK est une machine de sérigraphie entièrement automatique qui permet de déposer la pâte à braser sur le PCB à l'aide des raclettes et d'un pochoir, avec un temps de cycle de juste de 18 secondes.



❖ Inspection optique 3D

Test 3D Optical inspection : une fois arrivée au bout du convoyeur, la machine Cyber optique reçoit la carte et fait une inspection optique 3D pour vérifier la qualité de dépôt de la pâte, puis contrôle les dimensions de la pâte (hauteur, longueur, surface, volume).

Les critères définissant un dépôt acceptable sont l'alignement par rapport aux empreintes et une



couche déposée d'épaisseur constante et de surface uniforme. Cependant si quelques défauts apparaissent lors du dépôt (trous, débordements légers de la pâte), ils disparaîtront lors de la fusion de la pâte.

❖ *Insertion automatique des composants*

Connu également dans la société par : **Pick & place**. La carte passe sur 3 machines Panasonic mises en série pour insérer les composants (2 machines Panasonic composées de quatre tables et une machine composée de deux tables).

Le circuit imprimé arrive, il est immobilisé sur la table de la machine, une caméra vérifie la position des mires, pour centrer la carte, puis la tête se déplace pour chercher dans le bon magasin le bon composant à placer.

Les composants sont contenus dans des bobines comportant des numéros de série et placés dans des lignes d'alimentation (Feeders), ils sont fournis par le magasin dans des chariots étiquetés.



❖ *Insertion manuelle des connecteurs*

La carte passe via un convoyeur vers une petite machine pour l'inverser, et l'envoie après sur une machine électropneumatique semi-automatique où on insère les connecteurs « grouping » manuellement et on les appuie par la suite sur la carte (confirmer les connecteurs). À la fin, la carte est renversée pour continuer son processus.



❖ *Soudage des composants*

La carte passe dans le four à tapis pour souder efficacement les composants : c'est un long tunnel composé de plusieurs zones de chauffe que l'on peut régler indépendamment. En général la carte commence à être préchauffée à une température de 100°C, puis passe dans une zone



plus chaude, puis arrive au pic de température pour permettre la refusion de l'étain (environ 230°C), enfin la température redescend rapidement pour revenir à la température ambiante.

La ligne EOF

❖ Contrôle optique 2D (AOI)

La carte passe maintenant sur la machine qui fait une inspection 2D : absence des composants, composant inversé, décalage, polarité et orientation, dépôt de la pâte à braser, soudure insuffisante ou en excès, pins soulevés ou tordus, court-circuit.



❖ X Ray

C'est une machine qui se compose de deux parties :

- **AOI** : Pour contrôler les pins
- **AXI** : Pour contrôler BGA et les composants qui se trouvent sous Grouping.



❖ Test ICT

Une machine est destinée au test des cartes électroniques, elle consiste à tester, individuellement les uns après les autres, les différents composants que comporte la carte. Elle permet de tester les circuits ouverts, les courts-circuits, de vérifier que les bons composants sont aux bonnes places, de contrôler les valeurs des composants passifs (résistances, condensateurs, selfs,) et aussi de vérifier le bon fonctionnement des circuits intégrés.

Elle consiste aussi à programmer les microcontrôleurs de la carte avec le DUT (c'est



un programme qui permet le test fonctionnel de la carte par la suite).

❖ Vernissage :

Les circuits neufs et nettoyés offrent généralement de bonnes performances électriques, mais ses performances peuvent se détériorer en raison de l'absorption de l'humidité atmosphérique, de la contamination de particules ioniques portées par l'air, l'attraction électrostatique de poussières sur les surfaces, la condensation etc. Afin de remédier à ces problèmes, les circuits destinés à des applications exigeantes (comme l'automobile) sont vernies à la dernière étape de leur fabrication.

❖ Insertion manuelle des fies :

L'insertion manuelle des fies au niveau du couvercle de la carte électronique. Ces fies servent à protéger cette dernière dans le cas d'un court-circuit.

❖ Test fonctionnel (FKT) :

Le test fonctionnel consiste à simuler le fonctionnement de la carte dans la voiture en exécutant et simulant les fonctions : ouverture fenêtre, détecteur de pluie, fermeture centralisée, essuie glaces ...

À la fin du test, on charge l'application client.

❖ Emballage (CVC + Marquage) :

Après le test électrique on enregistre le numéro de série de la carte afin de garder la trace des produits et connaître ainsi les étapes du processus par lesquelles ils sont passés. La dernière étape est l'emballage des cartes électroniques dans des caisses pour les transférer vers le stock.



Annexe C : LES CARTES ELECTRONIQUE CHOISIS POUR LE BASCULEMENT

On peut citer parmi ces cartes :



- **Carte Arduino** : c'est un circuit intégré à base d'un microcontrôleur programmable qui peut analyser et produire des signaux électriques de façon à effectuer des tâches précises



- **Carte STM32** : c'est un circuit intégré à base un microcontrôleur composé d'un processeur ARM, une mémoire RAM et une interface de débogage.



- **Raspberry Pi B+** : un mini-ordinateur qui exécute le système d'exploitation Linux.



- **Beaglebone** : une mini-carte électronique qui possède les fonctionnalités d'un ordinateur basique.

Annexe D : Logiciels de configurations et de programmation carte STM32

La mise en œuvre d'applications basées sur la carte STM32 NOCLEO ne peut s'effectuer sans passer par les phases de configuration et de programmation. Le fabricant mis à notre disposition le software STM32CubeMx pour la configuration.

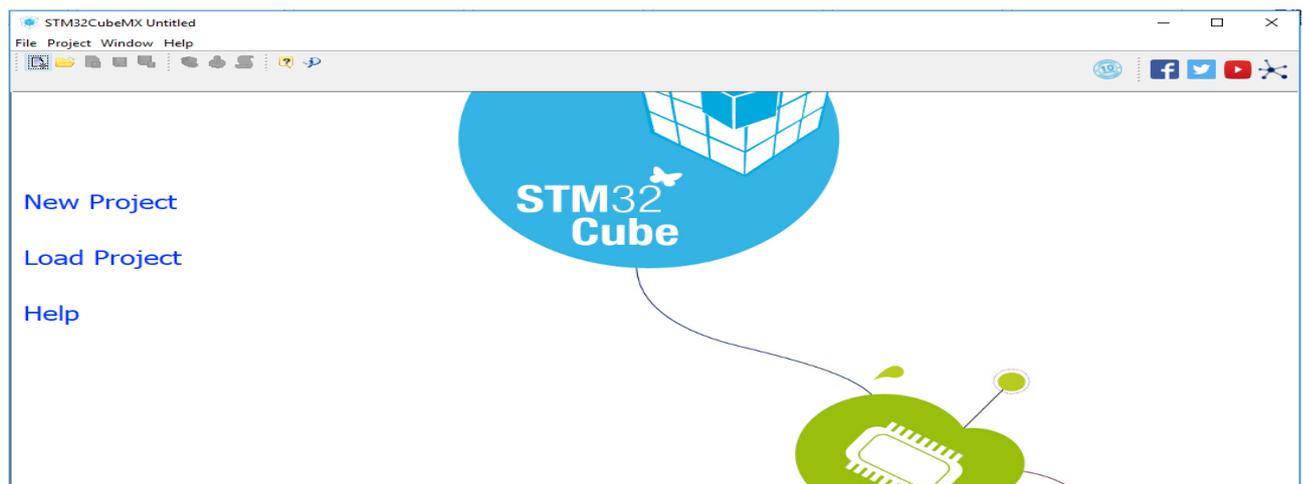
Cependant, pour la programmation des tâches à exécuter plusieurs softwares de compilations sont développées par différents concepteurs qui sont disponibles dans le marché. Dans notre travail, nous avons opté pour le compilateur Keil (MDK) V5.

- ❖ **STM32CubeMx** est un outil logiciel de conception de microcontrôleurs STM32. Disponible gratuitement, cette puissante plate-forme de développement simplifiée et accélère les projets des clients.

Les principales pages de configuration dans le software STM32CubeMX sont :

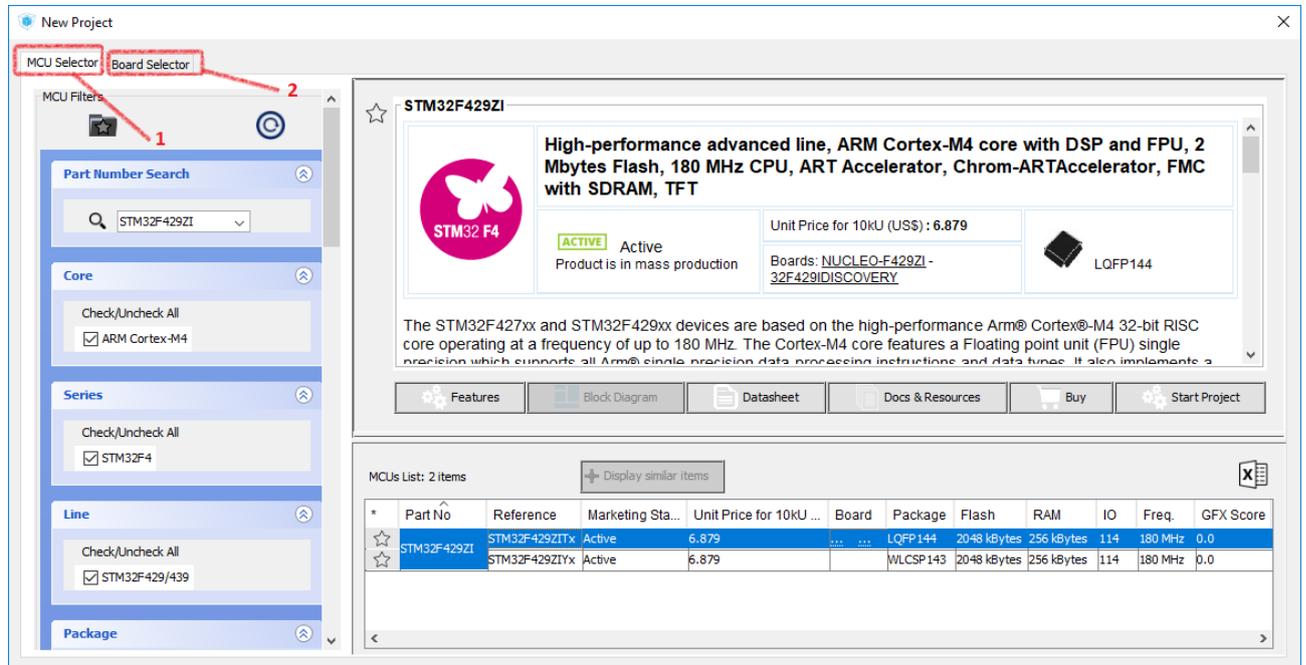
1. Page d'accueil de STM32CubeMX :

La page d'accueil est la première fenêtre qui s'ouvre au lancement du programme STM32CubeMX. Il reste ouvert aussi longtemps que la demande est en cours d'exécution. Fermeture qu'il referme l'application. La page d'accueil représenté dans la figure suivante.

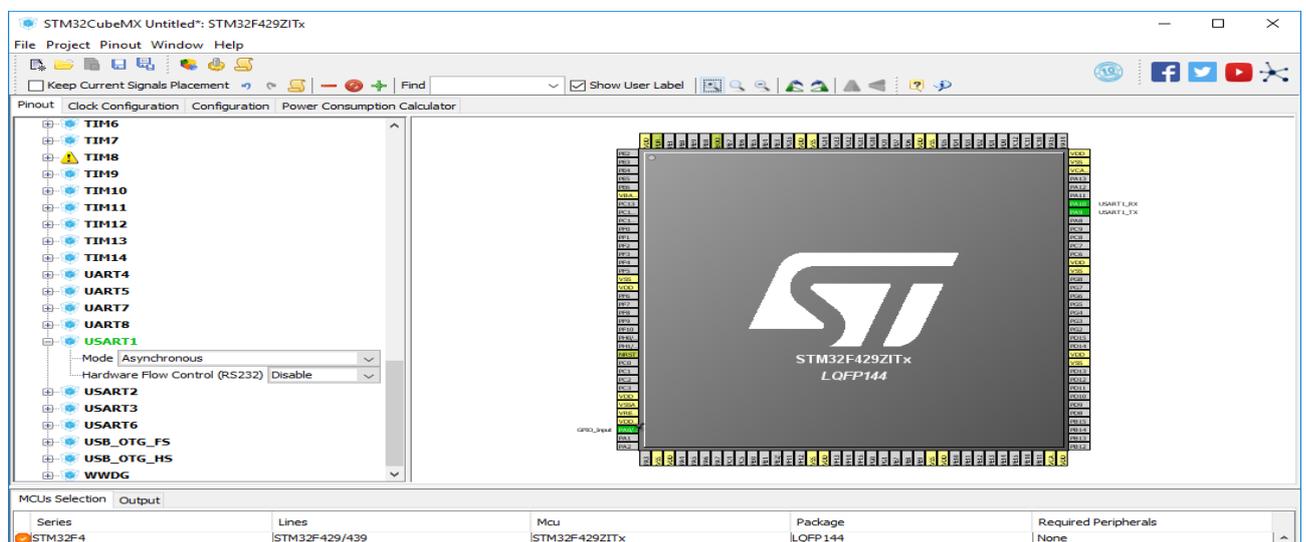


2. La fenêtre de nouveau projet : cette fenêtre affiche deux onglets au choix :

- L'onglet de sélection MCU proposant une liste de processeurs cible, voir (1) dans la figure 46.
- Un onglet sélecteur conseil montrant une liste de conseils STMicroelectronics (2) dans la figure 46.



3. **La fenêtre principale** : la fenêtre principale affiche tous les composants et les menus du STM32CubeMX, comme montré dans la figure 47 :



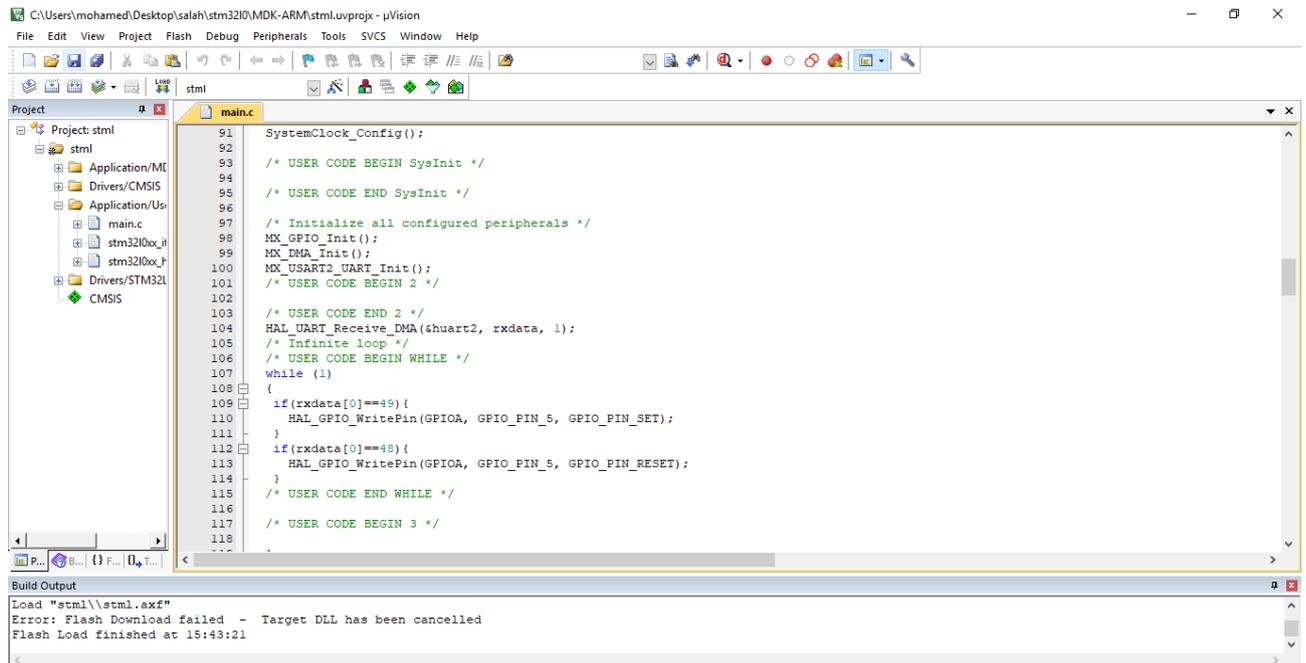
❖ Environnement de développement Keil (MDK) V5

Le kit de développement du microcontrôleur Keil (MDK) nous aide à créer des applications embarquées pour les microcontrôleurs ARM basés sur le processeur

CortexM. Le MDK est outil puissant en programmation ou en compilation. La version 5 se compose du Core MDK, plus Packs de logiciels spécifiques à l'appareil, qui peut être téléchargé et installé sur la base des exigences de votre application.



La figure montre la page principale de cet outil.



Résumé

La société Lear Corporation de Rabat fabrique des cartes électroniques pour plusieurs clients dans le domaine de l'automobile.

Ces cartes passent par plusieurs étapes de vérification de l'état de ses composants, et finissent par la vérification du fonctionnement dans la machine « FKT » qui simule une utilisation réelle de la carte.

Mon projet de stage de fin d'étude a été réalisé au sein de l'entreprise Lear Corporation dans le département TEST ENGINEERING, il consiste à mettre en place un système automatique qui permet la communication CAN avec le module électronique avant (FEM) de la voiture BMW (module PL7).

En intégrant l'équipe en tant que stagiaire, le travail demandé se base sur deux grandes étapes:

- Conception et réalisation d'un circuit électronique à base de la carte STM23 Nuclio qui assure le basculement entre deux protocoles CAN.
- Création d'une application qui Re-flash les microcontrôleurs qui se trouvent dans les cartes électroniques.

Notre conception améliorée facilitera les tâches et diminuera le temps de Re-flash de la carte PL7 au service Rework en réduisant le taux de rejet des cartes.

Mots clés: PL7 FEM, Re-flash, scraps, les microcontrôleurs Body, Gateway et Fusi.

Abstract

Lear Corporation of Rabat manufactures electronic cards for several customers in the automotive field.

These cards go through several stages of verification of the state of its components, and end up checking the operation in the machine "FKT" which simulates a real use of the card.

my internship project was realized within the company Lear Corporation in the department TEST ENGINEERING, the objective is to set up an automatic system that allows CAN communication with the front electronic module (FEM) of the car BMW (PL7 module).

By integrating the team as a trainee, the work required is based on two main:

- Design and realization of an electronic circuit based on the STM23 Nuclio card which ensures the switchover between two CAN protocols.
- Creating an application that re-flashes the microcontrollers that are in the electronic boards.

Our design and automation will ease these tasks and clear the reflash time from the PL7 card to the Rework service as well as reduce the rejection rate of the cards.

Key words: FEM PL7, Re-flash, Scraps, Body microcontrollers, Gateway and Fusi.