



Mémoire de Projet de fin d'étude

Préparé par



CHADLI Chaimae

Pour l'obtention du diplôme

Master Sciences et Techniques

Electronique, Signaux et Systèmes Automatisés

(E.S.S.A)

Intitulé

**Développement d'une application localisant
les vrais défauts des cartes électroniques et
réalisation d'un outil de « Reflash » à base de
JTAG**

Encadré par :

Pr RAZI Mouhcine

Mr AZWAOU El Hassane (Lear Corporation)

Soutenu le **13 Juin 2016**, devant le jury composé de :

Mr AZWAOU El Hassane..... : Encadrant

Pr RAZI Mouhcine..... : Encadrant

Pr AHAITOUF Ali..... : Examineur

Pr LAHBABI Mhammed..... : Examineur

Dédicace

Je dédie cet humble travail, avec grand amour, sincérité et fierté :

A Dieu, le tout miséricordieux et puissant, ton amour, ta miséricorde et tes grâces à mes égards m'ont fortifié dans la persévérance et l'ardeur au travail.

*A mon cher père **Mohammed CHADLI** : mon premier encadrant depuis ma naissance, celui qui m'a comblé de son soutien et m'a voué un amour inconditionnel. Tu es pour moi un exemple de courage et de sacrifice continu.*

*A ma chère mère **Nezha BOURKADI**, que tu trouves ici l'hommage de ma gratitude qui, si grande qu'elle puisse être, ne sera à la hauteur de tes sacrifices et tes prières pour moi.*

A mes sœurs et mes frères, à qui je souhaite une vie pleine de réussite et de prospérité.

A mes amies, qu'elles trouvent ici l'expression de mes sentiments les plus dévoués et mes vœux les plus sincères.

A toute personne qui a participé, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Remerciement

Je profite par le biais de ce rapport à remercier toutes les personnes ayant contribué au succès de mon stage et qui m'ont aidé lors de la réalisation de ce travail.

J'adresse mes sincères remerciements dans un premier temps à mes professeurs compétents du département génie électrique de la Faculté des Sciences et Techniques, qui m'ont bien préparée théoriquement ainsi que pratiquement durant les cinq années passées de ma formation.

Je tiens à remercier **M^r Tarik ADANI** Manager du département « Test Engineering », pour son soutien et son accueil dans son service.

Je tiens à remercier vivement mon maitre de stage, **Mr Hassan AZWAOU**, pour son accueil, le temps passé ensemble et le partage de son expertise au quotidien. Grâce à sa confiance j'ai pu m'accomplir totalement dans mes missions. Il fut d'une aide précieuse dans les moments les plus délicats.

Un merci bien particulier à mon professeur **M^r Mouhcine RAZI** de la faculté des sciences et techniques, pour ses remarques, directives et l'intérêt qu'il m'a apporté durant cette période de stage. Je lui exprime mes sincères remerciements pour son suivi et ses orientations.

Je remercie **M^r Ali AHAITOUF** et **M^r Mhammed LAHBABI** d'avoir accepté de juger mon travail.

Mes vifs remerciements sont adressés à **tout le staff de la production** qui m'a initié et accueilli à bras ouverts et qui a su expliquer et répondre à toutes mes questions.

Résumé

Ce travail s'inscrit dans le cadre du développement d'applications, avec l'environnement Visual Basic, afin d'automatiser et faciliter les procédures utilisées au sein de l'entreprise, et la réalisation d'un outil de reflash à base de « JTAG » pour sauver les cartes électroniques rejetées.

La première application développée consiste à aider l'analyseur à localiser la cause racine des vrais défauts des cartes électroniques en :

- Extrayant toutes les fonctions défectueuses.
- Affichant la liste des composants électroniques de chaque fonction.
- Localisant chaque composant sur le PCB de la carte.

Quant à la deuxième application développée, elle consiste à superviser les défauts de la production en :

- Extrayant les composants défectueux.
- Affichant leurs pins.
- Classifiant les défauts.
- Représentant les différents résultats obtenus.

Et finalement, la dernière tâche consiste à concevoir et réaliser un outil de reflash à base de « JTAG », pour reflasher les microcontrôleurs de la carte directement à partir de leurs pins.

Table des matières

Dédicace	1
Remerciement	2
Résumé	3
Table des figures.....	7
Table des tableaux.....	8
Liste des acronymes	9
Introduction.....	10
Chapitre 1:.....	11
Présentation de l'organisme d'accueil	11
I. Présentation du groupe Lear Corporation:.....	12
1. Historique :.....	12
2. Ses principales activités :.....	13
3. Les clients de Lear Corporation :.....	14
4. Aperçu des produits de Lear Corporation :.....	14
II. Présentation de Lear Corporation Rabat :.....	15
5. Fiche signalétique.....	15
6. Structure des départements :	16
7. Organigramme :.....	16
III. Conclusion :	16
Chapitre 2 :	17
Présentation du processus de production	17
I. Présentation des produits :.....	18
➤ Rôle de ces produits :	21
II. Processus de la production :.....	22
1. Définition d'un processus :.....	22
2. Présentation des lignes de production :	22
3. Diagramme du processus de production :.....	23

4.	Présentation de la ligne de production :.....	24
❖	Etape 1 : Impression du numéro de série « Lazer Marking ».....	24
❖	Etape 2 : Pose de la patte à braser.....	24
❖	Etape 3 : Contrôle de la patte à braser.....	25
❖	Etape 4 : Insertion des composants électroniques.....	25
❖	Etape 5 : Séchage du circuit dans un four.....	26
❖	Etape 6 : Test AOI.....	26
❖	Etape 7 : la pose des relais.....	27
❖	Etape 8 : L'insertion des connecteurs.....	28
❖	Etape 9 : Soudure des grands composants.....	28
❖	Etape 10 : Vérification de la soudure :.....	29
❖	Etape 11: Test fonctionnel: ICT In Circuit Test:.....	29
❖	Etape 12: Vernissage.....	30
❖	Etape 13: Test EOL: FKT.....	30
❖	Etape 14: CVC + Shipping:.....	31
5.	Présentation du service Rework :.....	31
III.	Conclusion :.....	32
	Chapitre 3:.....	33
	Développement des applications.....	33
I.	Contexte général du projet :.....	34
1.	Etude de la carte PL7 :.....	34
➤	Protocole de communication SPI :.....	35
➤	Protocole de communication CAN :.....	35
➤	CAN-CASE :.....	35
II.	Développement de l'application 1 :.....	36
1.	Procédure du diagnostic manuel des vrais défauts :.....	36
❖	Définition du test fonctionnel :.....	37
→	Schématic View :.....	37
→	PCB View :.....	38
2.	Problématique :.....	38
3.	Solution.....	38
❖	Environnement de développement utilisé :.....	38

❖ L'application :	39
III. Etude d'un vrai défaut :	42
Exemple 1 :	42
Exemple 2 :	44
IV. Développement d'un extracteur des résultats :	45
1. Introduction :	45
2. Utilité de l'application :	45
3. Présentation de l'application :	46
V. Conclusion :	47
Chapitre 4 :	48
Conception de l'outil de reflash à base de «JTAG»:	48
I. Introduction :	49
1. Généralités :	49
2. Définition d'un JTAG :	49
II. Problématique et solution :	49
1. Problématique :	49
2. Solution :	49
➤ Généralités :	49
➤ Matériel utilisé :	50
➤ Conception :	51
3. Avantages du projet :	54
III. Perspectives et améliorations :	55
IV. Conclusion :	57
Conclusion générale	58
Documents annexes	59
Annexe 1 : Rapport du test fonctionnel	59
Annexe 2 : Rapport du test traduit en fichier « .xml »	60
Annexe 3 : Base de données des composants.	61
Bibliographie	62
Webographie	62

Table des figures

Figure 1: Siège social mondial, États-Unis	12
Figure 2: Lear Corporation Kenitra pour câblage	13
Figure 3: Lear Corporation Tanger pour câblage et sièges automobiles	13
Figure 4: Lear Corporation Rabat pour production des cartes électroniques	13
Figure 5: Les clients de Lear Corporation.....	14
Figure 6: Les différents produits du groupe Lear Corporation	14
Figure 7 : Carte USM	18
Figure 8: Carte PL3	18
Figure 9: Carte PL7	19
Figure 10: La carte MQB/JLR	19
Figure 11: Carte BDC	20
Figure 12: Produit Star 2.....	20
Figure 13: Carte X10.....	21
Figure 14: La carte Sbox	21
Figure 15: Machine "LAZPIUE" pour impression du N° de série.....	24
Figure 16: Machine « Dek » pour pose de la patte à braser	24
Figure 17: La machine "Cyber Optics" pour contrôler la patte à braser	25
Figure 18: Machine « Panasonic » pour poser les composants	25
Figure 19: Séchage des composants par le four	26
Figure 20: La machine "OMRON VT WIN2" qui effectue le test AOI.....	27
Figure 21: Machine "Plus 13" pour pose des relais.....	27
Figure 22: Poste pour pose des connecteurs	28
Figure 23: Machine "Bartec" pour la soudure des pins.....	28
Figure 24: La machine "X-RAY" pour vérification de la soudure	29
Figure 25: La machine "SPEA" pour le test ICT	29
Figure 26: Vernissage du produit par la machine « LAZPIUR».....	30
Figure 27: La machine "Lazpiur » effectuant le test fonctionnel	30
Figure 28: Machine CVC	31
Figure 29: CAN-CASE	35
Figure 30: Application pour lire le numéro de série de la carte	36
Figure 31: Extrait d'un rapport de test NOK	37
Figure 32: le schéma électrique et la liste des composants	37
Figure 33: Schéma des composants électroniques dans le circuit PL7.....	38
Figure 35: Application pour diagnostic des vrais défauts.....	39
Figure 36: Joindre le rapport du test avec "Browse"	40
Figure 37: Résultats obtenus par l'application	40
Figure 39: Partie TOP de la carte PL7	41
Figure 38: Partie BOTTOM de la carte PL7	41
Figure 40: Résultats obtenus par l'application	42
Figure 41: Le composant C501 est arraché.....	42
Figure 42: Référence de la capacité C501.....	43
Figure 43: C501 soudé	43
Figure 44: Aucun défaut détecté	43
Figure 45: fonctions défectueuses affichées par l'application	44
Figure 46:Présence d'une particule entre les pins du composant (microscope X10).....	44
Figure 47: U40 ajouté.....	44
Figure 48: Fichiers générés par les machines de test ICT et FKT	45
Figure 49: Lignes NOK extraites des fichiers "ERREUR"	45
Figure 50: Application extractrice des résultats de test ICT et FKT	46
Figure 51: Extraction et représentation des pins communs des composants	47

Figure 52: Schéma électronique de la carte PL7 montrant les pins des microcontrôleurs.....	49
Figure 53: Circuit "Max232"	50
Figure 54: Outil "Lauterbach" pour envoi du software	51
Figure 55: Simulation du "max232" avec une liaison série	51
Figure 56: Création de deux ports virtuels	52
Figure 57: Code C pour envoyer une donnée dans le port série	52
Figure 58: Donnée reçue à travers le circuit conçu	52
Figure 59: Circuit conçu pour flasher les microcontrôleurs.....	53
Figure 60: Le microcontrôleur "Body" connecté avec le circuit conçu	54
Figure 61: Le circuit conçu + Lauterbach connectés au µC "Body"	54
Figure 62: L'interface JTAG du "Body"	55
Figure 63: Les pins du "Body" sur la face "TOP" de la PL7	55
Figure 64: Les pins du "Body" sur le dos "BOTTOM" de la PL7	55
Figure 65: L'interface JTAG du microcontrôleur "Gateway"	56
Figure 66: Les pins du "Gateway" sur le "BOTTOM" de la carte.....	56
Figure 67: Les pins du "Gateway" sur le "TOP" de la carte.....	56
Figure 68: Pins de la machine de test "ICT"	57

Table des tableaux

Tableau 1:Fiche signalétique de la société	15
Tableau 2: Structure de la société	16
Tableau 3: Organigramme de la société.....	16
Tableau 4: Schéma de la ligne de production	23
Tableau 5: Schéma représentatif du service Rework.....	32
Tableau 6: Schéma des microcontrôleurs de la carte PL7.....	34
Tableau 7: Schéma qui explique la communication SPI.....	35
Tableau 8: Schéma du circuit de flash JTAG	53

Liste des acronymes

AOI: Automatic Optical Inspection.

CAN: Controller Area Network.

CVC: Contrôle Visuel par Caméra.

DUT: Device Under Test.

EOL: End Of Line.

FEM: Front Electronic Module

FKT: Functional Test.

HW : Hardware.

ICT: In Circuit Test.

JTAG: Joint Test Action Group.

PCB: Printed Circuit Board.

SMT: Surface Mount Technology.

SN: Serial Number.

SPI: Serial Peripheral Interface.

SW : Software.

USB: Universal Serial Bus.

USM: Under hood Switching Module.

VAN: Vehicle Area Network.

Introduction

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 s'inscrit mon projet de fin d'étude qui consiste à étudier, concevoir et réaliser deux applications : la première automatise la détection des anomalies qui existent dans les cartes PL7 dédiées à la voiture BMW n'ayant pas réussi les tests lors de la fin de production, et la deuxième permet la supervision des machines de test de tous les produits de la société.

L'étude de la carte PL7 m'a permis de songer à la conception d'un outil de reflash à base de «JTAG» des microcontrôleurs existants dans le circuit PL7.

Ce travail est divisé en quatre chapitres :

1. Présentation de l'organisme d'accueil.
2. Présentation des produits et du processus de production.
3. Développement des applications.
4. Conception d'un outil de reflash à base de «JTAG».

Chapitre 1:

***Présentation de
l'organisme d'accueil***

I. Présentation du groupe Lear Corporation:

1. Historique :

Lear Corporation a été fondée en 1917 à Détroit sous le nom d'American Métal Product, fabricant de sièges et autres composants pour les secteurs de l'automobile et de l'aviation. Lear a réalisé son introduction en bourse en 1994 et devenue un fournisseur de dimension internationale grâce à une croissance interne et à toute une série d'acquisitions. Lear est un fournisseur leader de premier rang dans deux domaines essentiels du secteur automobile mondial: les systèmes de sièges et de gestion de l'alimentation électrique. Lear fournit ses produits à presque tous les grands fabricants automobiles du monde et Lear équipe avec succès plus de 300 modèles de véhicules à travers le monde.

Lear possède plus de 200 unités de production dans 36 pays, emploie environ 115 000 personnes et réalise un chiffre d'affaires de plus 17,8 milliards USD. [7]



Figure 1: Siège social mondial, États-Unis

Lear Corporation est l'un des principaux fournisseurs mondiaux de sièges automobiles et les systèmes de gestion de l'alimentation électrique (GPE). Les produits de classe mondiale de la société sont conçus, développés et fabriqués par une équipe diversifiée d'environ 100.000 employés répartis dans 207 sites dans 35 pays. Le siège social de Lear se situe à South Field, Michigan.

Lear est considérée comme chef de file dans la qualité des produits, service à la clientèle et l'innovation avec une capacité globale dans les deux systèmes traditionnels et gestion de l'alimentation électrique de forte puissance, systèmes de distribution électriques traditionnelles, les systèmes de forte puissance et des composants connexes, y compris les connecteurs, boîtes de jonction à puce et des chargeurs de batterie émergents sont au centre des activités futures de Lear.

Lear représente un centre de conception et de fabrication de l'électronique automobile européen situé à Valls en Espagne et Kronach en Allemagne.

2. Ses principales activités :

- ♣ Composants électroniques pour automobiles.
- ♣ Câblage automobile.
- ♣ Sièges automobiles.

Lear Corporation possède quatre sociétés filles au Maroc :

- Kenitra : un site spécialisé en câblage électrique.



Figure 2: Lear Corporation Kenitra pour câblage

- Tanger : un site pour le câblage et un autre pour les sièges automobiles.



Figure 3: Lear Corporation Tanger pour câblage et sièges automobiles

- Rabat : Fabrication des cartes électroniques automobiles :



Figure 4: Lear Corporation Rabat pour production des cartes électroniques

3. Les clients de Lear Corporation :

Les constructeurs automobiles ne sont pas les seuls acteurs dans l'industrie automobile. Une part importante des éléments composant une voiture est produite par les équipementiers. Ces derniers sont ainsi devenus des acteurs industriels incontournables, spécialisés le plus souvent dans des sous-ensembles complets (sièges, systèmes d'échappement...etc.) des véhicules. Lear Corporation fait partie de ces équipementiers et se classe parmi les leaders sur le marché international.

La nouvelle installation de Rabat fournira du matériel électronique de premier plan dans l'industrie, notamment des chargeurs de batterie et des modules de point d'accès à des constructeurs automobile européen tels que :



Figure 5: Les clients de Lear Corporation

4. Aperçu des produits de Lear Corporation :

La société Lear Corporation fournit aux clients précédents plusieurs produits :



Figure 6: Les différents produits du groupe Lear Corporation

II. Présentation de Lear Corporation Rabat :

Lear Electronics Technology Corporation est un équipementier américain leader dans les sièges automobiles et les systèmes de gestion électrique. Cette unité a décidé de s'installer au Technopolis Rabat-Salé à travers une unité de production dont la réalisation nécessita 140 MDH. La convention relative à cette implantation a été signée à Casablanca par Mr Alexandre B, PDG de Lear Maroc et Mr Mohamed Lasry, administrateur directeur général du pôle offshore et technologies du groupe Medz, filiale de CDG-Développement, qui se chargera de la construction de la future usine.

L'unité de production du groupe Lear, dont le chiffre d'affaires prévisionnel varie entre 70 millions et 100 millions d'euros sera réalisée, dans sa première phase, sur une superficie totale de 14.3400 m², dont 3.223 m² pour les bureaux, vestiaires et la restauration, et 11.121 m² dédiés à la production, aux utilités et au stockage des matières première et des produits finis. Premier fournisseur mondial des systèmes de sièges automobiles et systèmes de gestion électrique, le groupe Lear compte une équipe de 75.000 collaborateurs dans plus de 25 unités implantées dans 37 pays à travers le monde.

La nouvelle installation de Rabat fournira du matériel électronique du premier plan dans l'industrie, notamment des chargeurs de batterie et des modules de points d'accès à des constructeurs automobiles européens tels que BMW, Renault et Volkswagen.

5. Fiche signalétique

Nom/ Raison sociale	Lear Corporation Morocco.
Pays d'origine	Etats unis.
Forme juridique	Société Anonyme Simplifiée (SAS).
Directeur général	PICOT Laurent.
Adresse	Parc Technopolis, Rocade Rabat Salé, Sala El Jadida – Sale.
Capital	170 MDH.
N° Tél	0537839700.
Date de création	Mardi 17 Mai 2011.
Effectif	980 employés.
Activité	Fabrication des cartes électroniques automobiles.
Site web	www.lear.com

Tableau 1:Fiche signalétique de la société

6. Structure des départements :

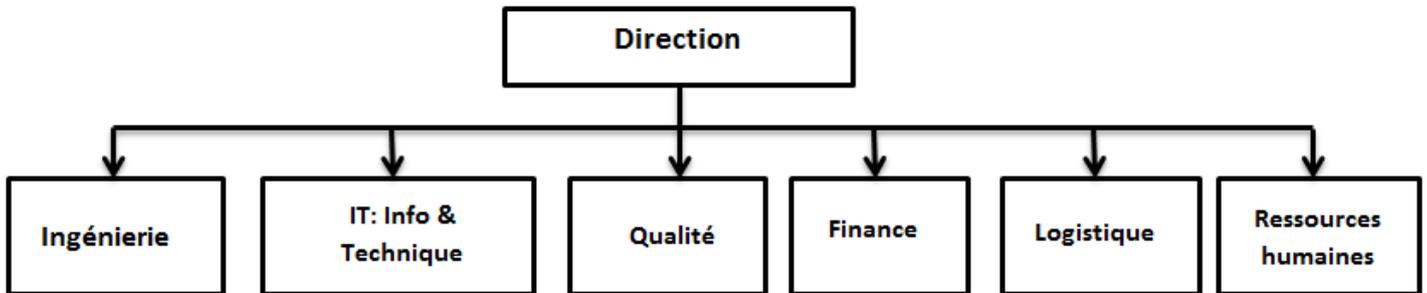


Tableau 2: Structure de la société

7. Organigramme :

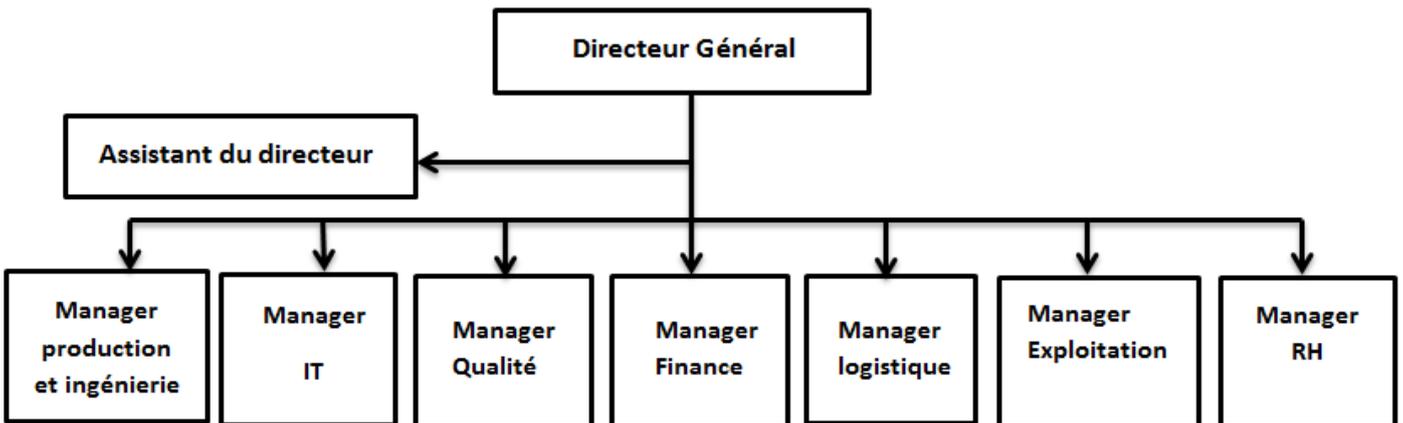


Tableau 3: Organigramme de la société

La structure de l'entreprise présente une structure hiérarchico-fonctionnelle « staff and line » qui est un mélange entre la structure hiérarchique et fonctionnelle. Chaque département a des missions précises à accomplir sous le contrôle du manager concerné.

III. Conclusion :

Dans ce chapitre, j'ai présenté brièvement la société accueillante, ainsi que ses clients et sa structure organisationnelle.

Chapitre 2 :

Présentation du processus de production

I. Présentation des produits :

Dans cette partie, je présente les différents produits de la société, ainsi que leurs processus de production.

Les produits de Lear Corporation sont :

- **Le projet USM** : qui est une carte dédiée à la marque Renault et intégrée dans plusieurs modèles.

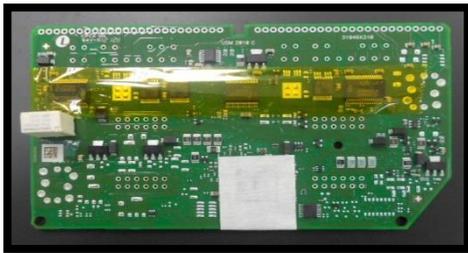


Figure 7 : Carte USM

Les principales fonctionnalités de cette carte sont :

- Unité de ventilation.
 - Air conditionné.
 - Essuie-glace avant.
 - IGN & Démarrage.
 - Eclairage (phares antibrouillard).
 - Gestion de l'énergie : start /stop.
- **Le projet PL3** : qui est une carte dédiée à la marque Mini Cooper et intégrée dans plusieurs modèles.



Figure 8: Carte PL3

Les principales fonctionnalités de cette carte sont :

- Vitres électriques arrière.
- Verrouillage centralisé des portes.
- Alarme du système Antivol.

- Détecteur de pluie et de lumière.
- Capteur de carburant.
- Essuie-glace avant, Essuie-glace arrière
- **Le projet PL7** : qui est une carte dédiée à la marque BMW et intégrée dans plusieurs modèles.

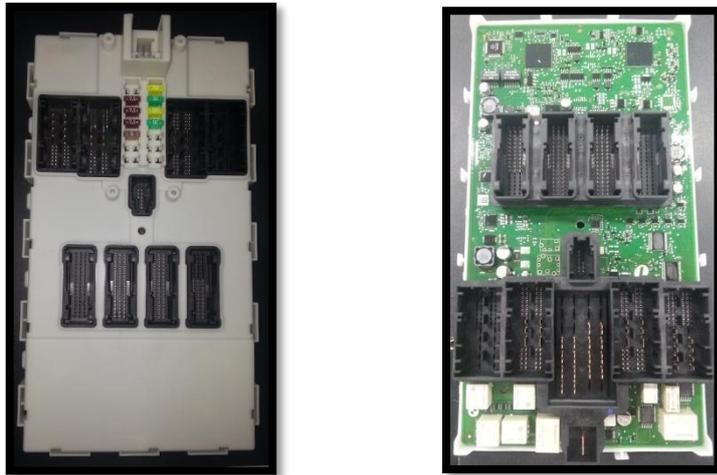


Figure 9: Carte PL7

Les principales fonctionnalités de cette carte sont :

- Système d'accès à la voiture.
- Passerelle Centrale.
- Fonctions organiques: climatisation, confort et éclairage.
- Distribution d'alimentation (fusibles et relais).
- **Le projet MQB/ JLR** : dédié aux marques suivantes : VW, Land Rover, Audi et Jaguar.

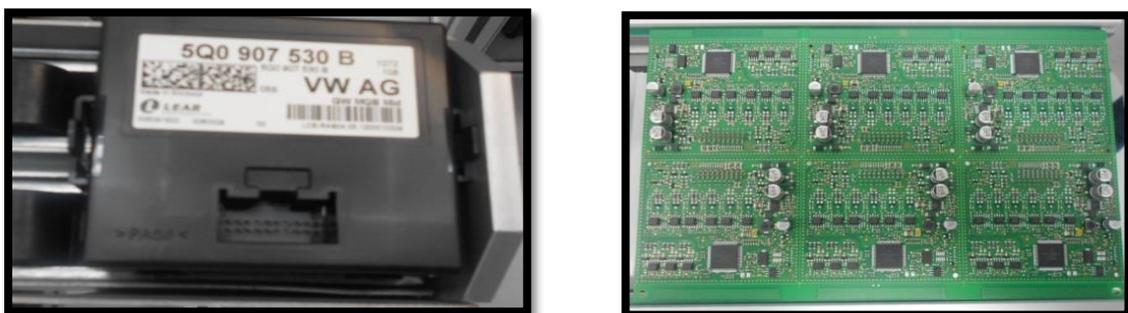


Figure 10: La carte MQB/JLR

Les principales fonctionnalités de cette carte sont :

- Fonction de passerelle / nœuds de connexion.
 - En plus, le GATEWAY met à disposition le diagnostic de l'accès au véhicule.
- **Le projet BDC** : dédié à la marque BMW.



Figure 11: Carte BDC

Les principales fonctionnalités de cette carte sont :

- L'accès au système.
 - Passerelles centrales (Ethernet, Flexray, CAN).
 - Les fonctions de climatisation et confort et d'éclairage.
 - Nœud de distribution de la moyenne puissance (Fusibles & Relais).
- **Le projet Star 2** : dédié à la marque Mercedes.



Figure 12: Produit Star 2

Les principales fonctionnalités de cette carte sont :

- Distribution du courant.
- Protection des services situés dans le moteur du véhicule.
- Démarrage, chauffage d'essuie- glace.

- **Le projet X10** : dédié à la voiture électrique Renault.



Figure 13: Carte X10

La fonctionnalité principale de cette carte est le chargement des batteries des voitures électriques de la marque Renault.

- **Le projet Sbox** : qui est une carte dédiée aux voitures électriques, et précisément la BMW i8.



Figure 14: La carte Sbox

➤ Rôle de ces produits :

Ces produits sont les cerveaux qui commandent les différentes fonctions dans une voiture:

- Essuie-glace avant et arrière.
- Fenêtre arrière.
- Lave-phares.
- Capteur du niveau d'eau de refroidissement.

- Jets lave-glace chauffants.
- Niveau d'eau de lavage.
- Frein à main contact.
- Verrouillage centralisé.
- Capteur de carburant.
- Alarme du système Antivol Alarme.
- Un compresseur de la climatisation.
- Ventilateur du moteur.
- Capteur de pluie et de lumière.

Quelques produits se finalisent dans la partie puissance, à savoir : PL3, X10, USM et STAR2.

Les cartes électroniques produites sont par la suite stockées dans le magasin avant leurs expéditions vers le client.

II. Processus de la production :

1. Définition d'un processus :

Un processus : Est une suite d'opération constituant la manière de fabriquer quelque chose, et l'enchaînement ordonné de faits ou phénomènes répondant à un schéma et aboutissant à un résultat déterminé.

Et on désigne, par un **processus**, ensemble d'activités et d'opérations qui transforment des éléments d'entrée en éléments de sortie en apportant de la valeur ajoutée (transformer ensemble de composants en carte électronique).

2. Présentation des lignes de production :

Le processus de production s'effectue suivant une chaîne de production en s'organisant en 10 lignes :

- Ligne SMT 1 : dédiée à la fabrication de la PL3 et MQB Gateway, pour les marques suivantes : BMW, Volkswagen, Mini Cooper, Land Rover et Jaguar.
- Ligne SMT 2 : dédiée à la fabrication de la partie « Bottom » de la PL7 pour la marque BMW.
- Ligne SMT 3 : dédiée à la fabrication de la partie « Top » de la PL7.
- Ligne SMT 4 : Pour la partie « Top » et « Bottom » de la PL7.
- Ligne SMT 5 : dédiée à la fabrication du produit X10 pour la marque Renault, OBC pour la marque Daimler et JLR pour Jaguar et Land Rover.
- Ligne SMT 6 : dédiée à la fabrication du produit USM pour les marques : Renault-Nissan.
- Ligne SMT 7 : dédiée à la fabrication de la partie « Bottom » du produit BDC pour BMW.
- Ligne SMT 8 : dédiée à la fabrication de la partie « Top » du produit BDC.
- Ligne SMT 9 : dédiée à la fabrication de la BDC Face et dos.
- Ligne SMT 10 : dédiée à la fabrication de la Sbox pour BMW.

3. Diagramme du processus de production :

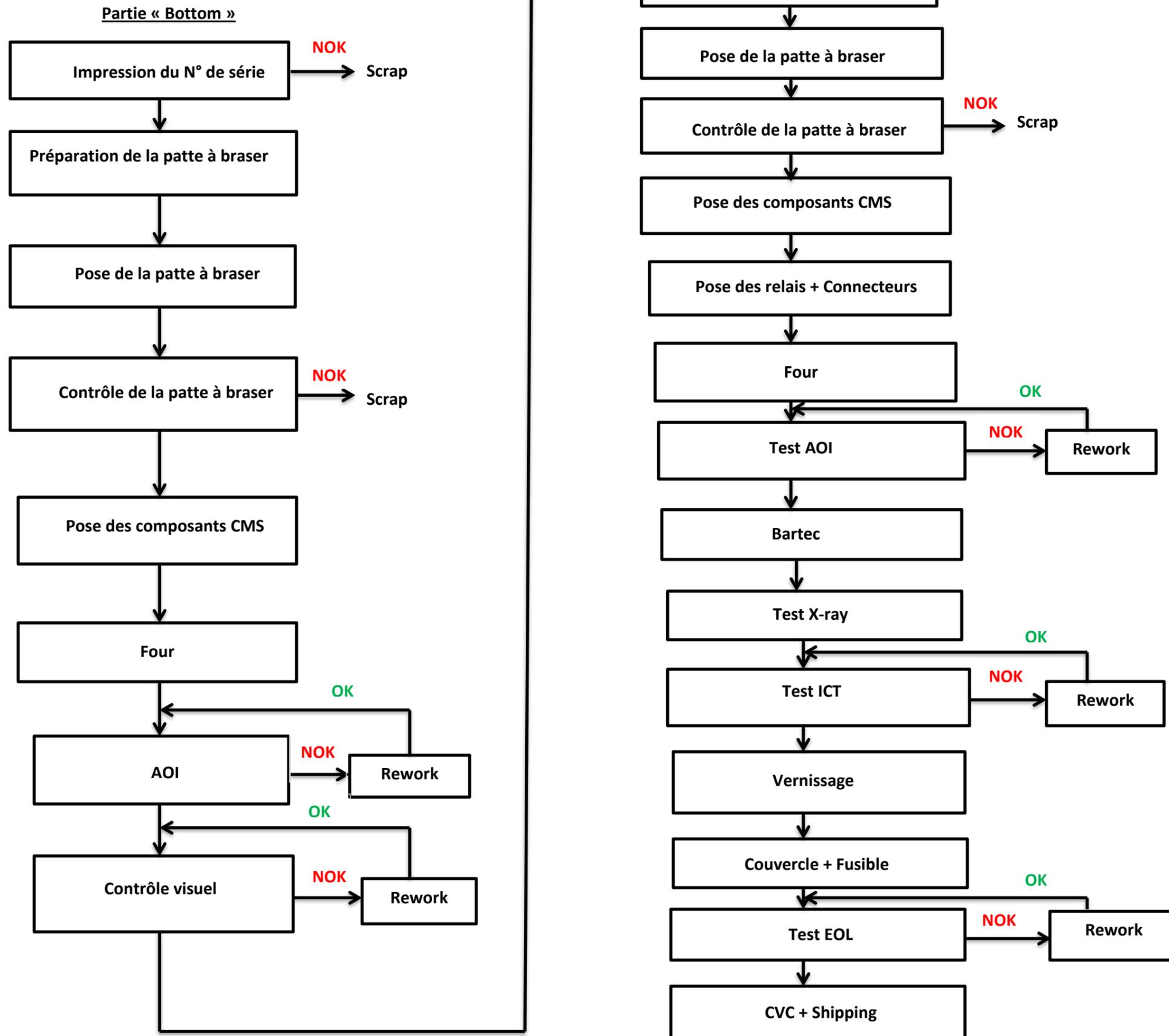


Tableau 4: Schéma de la ligne de production

4. Présentation de la ligne de production :

La production commence par la partie « Bottom » suivant ce processus :

❖ Etape 1 : Impression du numéro de série « Lazer Marking »

Cette étape est effectuée par la machine « LAZPIUR»



Figure 15: Machine "LAZPIUR" pour impression du N° de série

Cette opération consiste à générer un numéro de série unique afin d'assurer la traçabilité de chaque pièce durant toutes les étapes du processus.

Le faisceau de laser est scanné sur la surface pour produire le motif souhaité.

On trouve sur la zone réservée pour le marquage le numéro de série du PCB et le Matrix code barre.

❖ Etape 2 : Pose de la patte à braser

Cette tâche est assurée par la machine « Dek »



Figure 16: Machine « Dek » pour pose de la patte à braser

La sérigraphie est utilisée dans le montage en surface et pour les composants traversant pour déposer de la crème à braser qui est transférée sur le substrat à l'aide d'une raclette au travers un écran de sérigraphie ou un pochoir comportant le motif à reproduire.

❖ Etape 3 : Contrôle de la patte à braser

Cette tâche est effectuée par la machine « Cyber Optics »



Figure 17: La machine "Cyber Optics" pour contrôler la patte à braser

Cette opération consiste à contrôler la quantité de la patte à souder déposée sur la carte (sur l'emplacement de chaque composant) en terme de :

- Volume
- Positionnement
- Hauteur
- Décalage.

❖ Etape 4 : Insertion des composants électroniques

Cette action est assurée par la machine « Panasonic chip mounter »

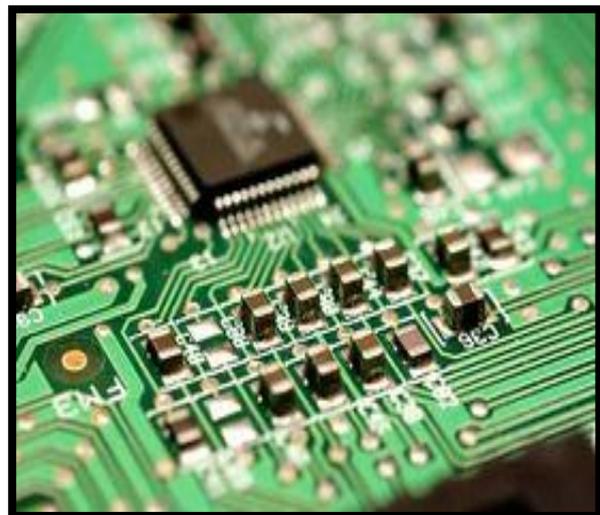


Figure 18: Machine « Panasonic » pour poser les composants

C'est la machine la plus intelligente de l'ensemble car elle prend un grand nombre de décision dans un temps très courts. Elle permet de placer avec une grande précision tous les types de composants câblés sur des cartes CMS. Elle est commandée par un micro-ordinateur suivant les étapes suivantes :

1. *Aspiration du CMS par ventouse.*
2. *Scan du composant par caméra: vérifier que le composant est pris/aspiré.*
3. *Transfert vers la carte : emplacement précis où le composant doit être déposé.*
4. *Pose sur la carte.*
5. *Retour pour placer un autre composant.*

❖ Etape 5 : Séchage du circuit dans un four

Après avoir inséré les composants électroniques, ils doivent être soudés à l'aide d'un four.



Figure 19: Séchage des composants par le four

Il s'agit d'un four à zones avec convoyeur à mailles ou à chaînes. L'équipement de polymérisation doit éliminer les vapeurs de solvant et être muni d'un dispositif de refroidissement final pour bloquer la polymérisation, afin qu'elle ne se poursuive pas à la température ambiante. Chaque zone du four possède ses paramètres de chauffage, et en ajustant la vitesse du four, on peut générer toutes sortes de cycles de températures.

❖ Etape 6 : Test AOI

Cette action est effectuée par la machine « OMRON VT-WIN2 »



Figure 20: La machine "OMRON VT WIN2" qui effectue le test AOI

Il s'agit d'une machine équipée d'une caméra qui contrôle la présence des composants, la polarité (présence de composants inversés), le sens (présence de composant mis sur dos), manque de soudure, décalage...

Ensuite, la production de la partie « Top » se lance suivant le même processus, à savoir : la préparation, la pose et le contrôle de la patte à braser, la pose des composants CMS, de plus les étapes suivantes :

❖ Etape 7 : la pose des relais

Cette action est effectuée par la machine « Plus 13 ».



Figure 21: Machine "Plus 13" pour pose des relais

❖ Etape 8 : L'insertion des connecteurs



Figure 22: Poste pour pose des connecteurs

La soudure des composants, et le test AOI se font de la même façon que précédemment.

❖ Etape 9 : Soudure des grands composants

Cette tâche est assurée par la machine « Bartec ».



Figure 23: Machine "Bartec" pour la soudure des pins

Cette machine permet de souder les têtes des connecteurs pour les fixer dans le circuit.

❖ Etape 10 : Vérification de la soudure :



Figure 24: La machine "X-RAY" pour vérification de la soudure

Cette étape est assurée par la machine « X-RAY» par l'émission des rayons X afin de vérifier la soudure des microcontrôleurs et les composants à pins internes.

❖ Etape 11: Test fonctionnel: ICT In Circuit Test:

Ce test est effectué par la machine « BOARD TESTER SPEA »



Figure 25: La machine "SPEA" pour le test ICT

Est un équipement de test automatique, qui permet de tester la continuité des signaux et les court-circuits sur les cartes électroniques ainsi que la mesure des composants passifs (résistance, condensateur..), les diodes et d'autres circuits logiques [3].

Elle consiste aussi à programmer les microcontrôleurs de la carte avec le DUT (c'est un programme qui assure le test fonctionnel de la carte par la suite).

❖ Etape 12: Vernissage

Cette tâche est accomplie par la machine « LAZPIUR» .



Figure 26: Vernissage du produit par la machine « LAZPIUR»

Les circuits neufs et nettoyés offrent généralement de bonnes performances électriques, par contre ses performances peuvent se détériorer à cause 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.

En protégeant la carte avec le vernis, on augmente aussi sa durée de vie.

Après cette étape, on met le couvercle de la carte et les fusibles afin de la protéger.

❖ Etape 13: Test EOL: FKT

Ce test est fait par la machine « Lazpiur ».



Figure 27: La machine "Lazpiur" effectuant le test fonctionnel

Le test fonctionnel consiste à simuler le fonctionnement de la carte dans la voiture en exécutant et simulant ses fonctions à titre d'exemple : l'ouverture des fenêtres, le détecteur de pluie, la fermeture centralisée, l'essuie-glace ...

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

❖ Etape 14: CVC + Shipping:

Cette étape consiste à vérifier le bon état des pins, coller une étiquette comportant toutes les informations concernant la carte, l'enregistrer dans la base des données et enfin l'envoyer au stock.



Figure 28: Machine CVC

5. Présentation du service Rework :

Lors de la fin de la production « EOL », les cartes passent par le test FKT afin d'effectuer le test fonctionnel et charger l'application client, mais plusieurs rejets peuvent avoir lieu et les cartes défectueuses sont envoyées au service Rework afin de les analyser et les réparer en cas de vrai défaut.

Dans ce cas, deux possibilités sont présentes :

- La réparation de la pièce défectueuse.
- Rejet de la pièce « SCRAP ».

Ce service est chargé de l'analyse fonctionnelle de la partie matérielle, l'analyse et le formatage de la partie logicielle et la réparation des circuits et des composants électroniques.

Le schéma suivant explique les différentes parties de ce service :

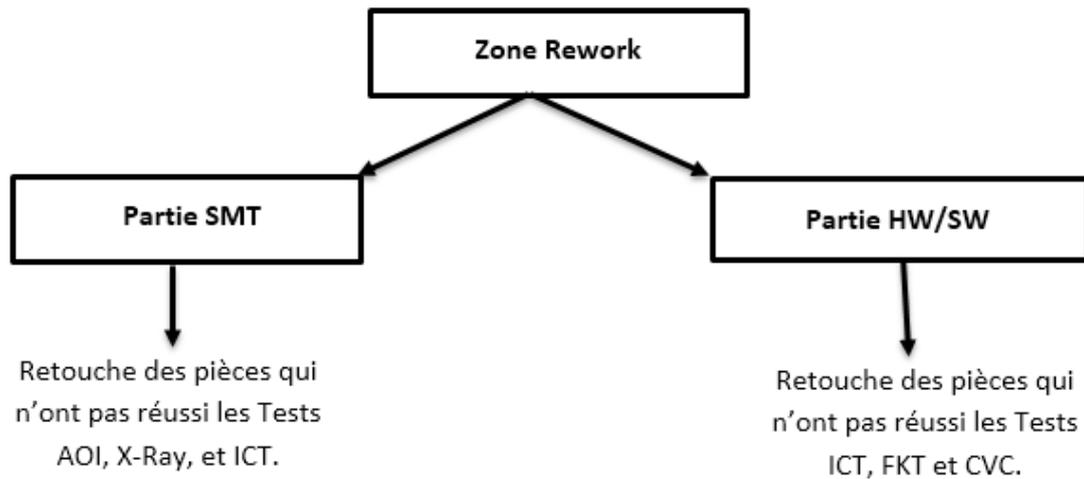


Tableau 5: Schéma représentatif du service Rework

III. Conclusion :

Dans ce chapitre j'ai présenté les différents produits de la société, expliqué la chaîne de production et présenté le service « Rework » et les différentes tâches qu'il accomplit.

Chapitre 3:

Développement des applications

I. Contexte général du projet :

Cette partie comporte une présentation de la carte PL7, la procédure de recherche de la cause racine des vrais défauts, la problématique et l'application développée automatisant cette dernière.

1. Etude de la carte PL7 :

Il s'agit d'une carte mère automobile qui gère plusieurs fonctionnalités comme le système d'accès à la voiture, la climatisation, le confort et l'éclairage ...

Elle comporte 6 couches et les composants électroniques suivants :

- 1157 Résistances.
- 771 Capacités.
- 113 Diodes.
- 89 Transistors.
- 28 Inductances.
- 27 Diodes Zener.
- 10 Connecteurs.
- 9 Relais.
- 5 horloges.
- 3 Microcontrôleurs principaux : Body, ZGW « Gateway » et Fusi.

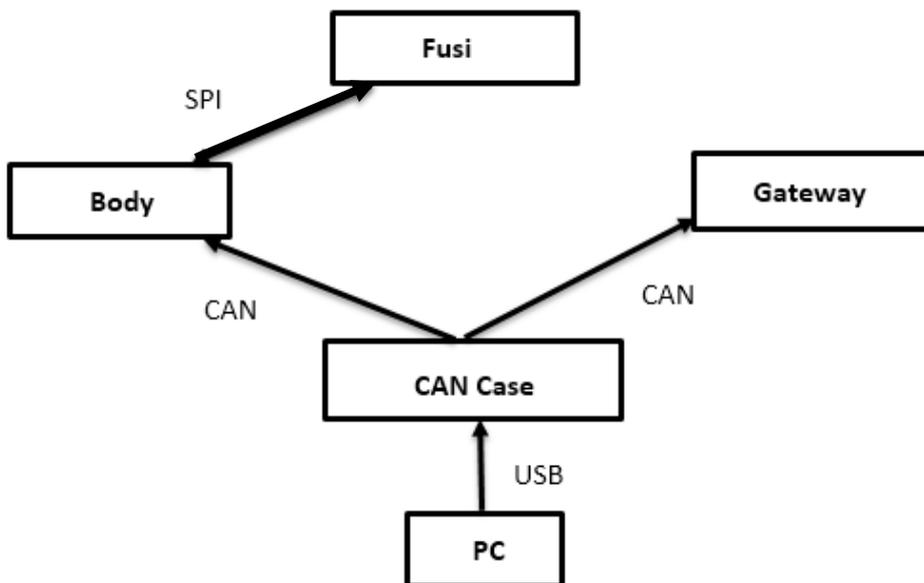


Tableau 6: Schéma des microcontrôleurs de la carte PL7

- Body : Est le microcontrôleur principal qui gère toutes les options de la voiture (climatisation, confort et éclairage, essuie-glace, d'accès à la voiture, ABS, Freinage, accélération, etc...).
- Gateway (GW) : Est un microcontrôleur qui gère tous les protocoles de communication internes de la carte FEM.
- Fusi : Est un petit microcontrôleur dédié au verrouillage automatique du volant.

La carte PL7 est commandée par l'ordinateur à travers une communication série « USB », à l'aide de l'outil « CAN case », qui envoie les instructions aux microcontrôleurs avec le protocole de communication CAN. Quant au protocole SPI, il sert à organiser et gérer les communications et les échanges entre les microcontrôleurs.

➤ 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.

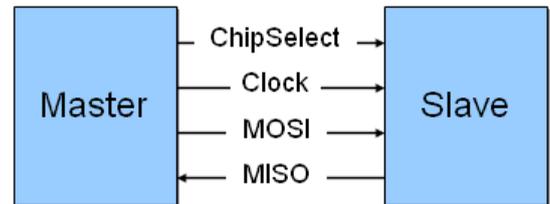


Tableau 7: Schéma qui explique la communication SPI

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

➤ Protocole de communication CAN :

Le bus CAN est né du besoin de trouver une solution de communication série dans les véhicules automobiles, qui ont tendance à intégrer de plus en plus de commandes électroniques. Jusqu'à maintenant, tous les organes de commandes des véhicules échangeaient les données par l'intermédiaire de lignes dédiées. L'augmentation du nombre d'organe embarqué a contraint les équipementiers automobiles à développer une nouvelle architecture à base de bus réseaux. Le GIE Renault-PSA avec les partenaires comme Sagem, Valeo et autres ont développé le bus VAN. [5]

- ♣ Le bus FACAN est le protocole CAN qui permet d'analyser le fonctionnement de la carte. [8]
- ♣ Le bus DCAN est le protocole CAN qui permet d'assurer le diagnostic de la carte. [9]

➤ CAN-CASE :

Le CANcase est une interface USB avec un microcontrôleur puissant de 32 bits 64MHz du fournisseur « ATMEL » avec ARM7 (un microcontrôleur programmable avec des instructions RISC) et deux contrôleurs SJA1000 CAN de la marque « Philips ». [4] Il permet :



Figure 29: CAN-CASE

- L'envoi et la réception de trames de données.
- La détection et la génération de trames d'erreur.
- La synchronisation temporelle.
- Le fonctionnement simultané de plusieurs appareils.

II. Développement de l'application 1 :

1. Procédure du diagnostic manuel des vrais défauts :

La première étape après l'arrivée de la carte défectueuse, est la lecture du numéro de série de cette dernière à l'aide d'une application «PL7 Flash Helper» en connectant les connecteurs 3 et 8.

La lecture du SN se fait par l'envoi des trames à travers le CAN-CASE par le protocole FA-CAN.

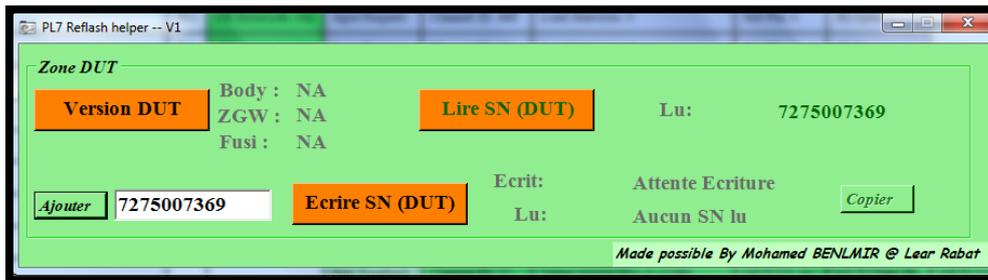


Figure 30: Application pour lire le numéro de série de la carte

A l'aide du numéro de série, on cherche dans l'historique de la carte la nature de la défaillance avec l'interface « ITAC », où on distingue :

- Un faux défaut : suite à un faux diagnostic de l'auto-testeur.
- Une valeur limite : suite à une mesure proche de la valeur minimale ou maximale.
- Un vrai défaut : suite à un défaut des composants de la carte.

En cas de faux défaut, la carte est renvoyée à la machine FKT afin de la retester, dans le cas d'une valeur limite, la carte subit un traitement particulier afin de la valider.

Par contre dans le cas d'un vrai défaut, on délimite le problème en précisant la fonction principale défectueuse où on distingue cinq fonctions principales :

- ALL IO : Est une étape de test qui regroupe tous les blocs fonctionnels ayant des entrées/sorties.
- ALL COMM : Est une étape de test qui regroupe tous les protocoles de communications utilisés dans la carte.
- POWER : Est une étape de test qui regroupe tous les types des interruptions qui peuvent mettre la carte en mode « Sleep » ou « Wake up ».
- TRANSPONDER : Est une étape de test qui gère la centralisation des portes de la voiture BMW.
- ADRIMA : Est une étape de test qui gère les antennes qui détectent la fréquence de la clé pour faciliter l'ouverture automatique des portes de la voiture BMW.

❖ Définition du test fonctionnel :

Le test fonctionnel est l'envoi d'un ensemble de signaux de simulation des différentes fonctions de la carte électronique pour créer aux composants électroniques un environnement similaire à l'environnement réel, c-à-d la voiture, afin de tester sa fiabilité et sa performance.

L'opérateur lance le test correspondant, et un rapport se génère afin d'afficher les sous fonctions défectueuses. (Annexe1)

SYSPin_42	O_LOCK_C4_46	TC1	CR Errorcode: 0x2	Input Request:	Channel ID: 58	Load Selection: 0	Sub Pin: 1	HLOpen: 1		<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: red; margin-right: 5px;"></div> : NOK </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: green; margin-right: 5px;"></div> : OK </div>
				Exp. Feedback:	Channel ID: 58	Value (ANALOG): 11--14	MUX U1: 22	MUX Chan: 44	MUX U2: NA	
				Exp. Feedback:	Channel ID: 3a	Value (ANALOG): 7.959--11.159	MUX U1: 22	MUX Chan: 44	MUX U2: NA	
				Feedback:	Channel ID: 58	Value (ANALOG): 12.205	MUX U1:	MUX Chan:	MUX U2:	
				Feedback:	Channel ID: 3a	Value (ANALOG): 0.03	MUX U1:	MUX Chan:	MUX U2:	

Figure 31: Extrait d'un rapport de test NOK

A titre d'exemple la sous-fonction « O_LOCK_C4_46 » présente une anomalie et afin de localiser la cause racine de cette dernière, il est nécessaire de rechercher en premier lieu la liste des composants électroniques liés à cette fonction. Pour ceci, les opérateurs se réfèrent à deux logiciels : le premier qui affiche la liste des composants de chaque fonction ainsi que le schéma électrique de la carte [1] :

→ Schématic View :

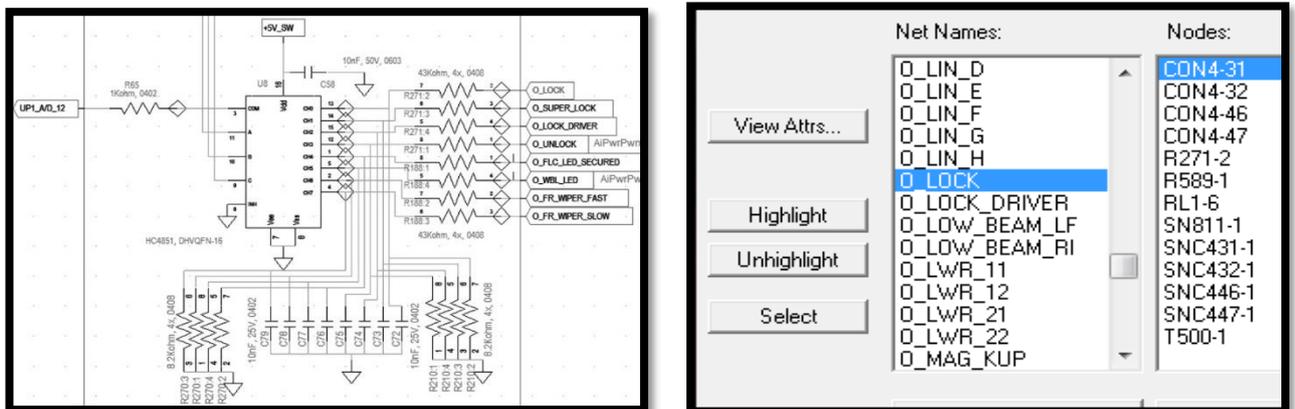


Figure 32: le schéma électrique et la liste des composants

Après avoir identifié la liste des éléments électroniques liés à la fonction, le logiciel « PCB view » permet de les localiser dans la carte [2] :

→ PCB View :

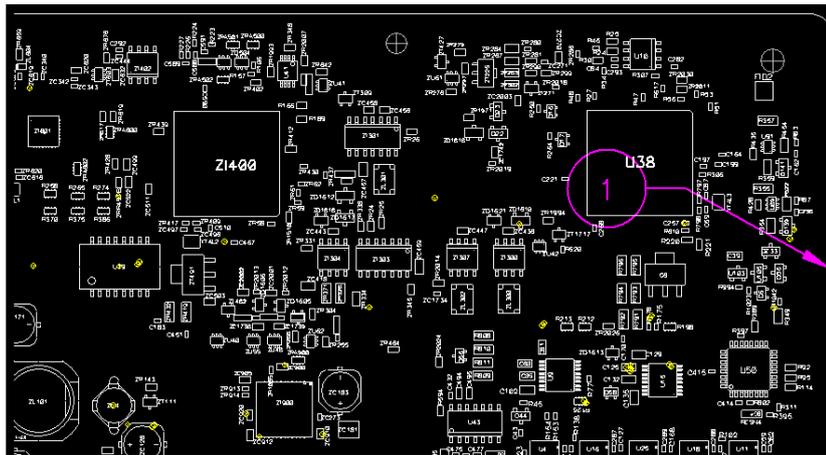


Figure 33: Schéma des composants électroniques dans le circuit PL7

Après avoir localisé les composants sur le PCB, l'opérateur les analyse suivant la démarche suivante :

- Un contrôle visuel.
- Un contrôle microscopique.
- Un contrôle de la continuité du signal par oscilloscope.
- Un contrôle de la réponse de la fonction par l'envoi des trames.

L'étape suivante est de résoudre ce défaut en remplaçant l'élément défectueux.

2. Problématique :

La procédure utilisée est lente, nécessite l'utilisation manuelle de plusieurs logiciels, et dans le cas d'un retour d'un grand nombre de cartes, leur gestion devient pénible et trop lente (peut prendre jusqu'à **1h**), d'où la nécessité d'optimiser cette procédure en accélérant et automatisant ces tâches manuelles.

3. Solution

Afin d'automatiser ces tâches manuelles et gagner le temps, j'ai développé une application qui, avec un simple clic et depuis le rapport du test, va pouvoir afficher toutes les fonctions défectueuses ainsi que leurs composants électroniques et leurs emplacements dans le PCB.

❖ Environnement de développement utilisé :

Visual Basic est un outil développé par Microsoft pour développer facilement des applications fonctionnant sous Microsoft Windows.

Il s'agit d'un outil visuel permettant de créer sans notion de programmation l'interface graphique en disposant à l'aide de la souris des éléments graphiques (boutons, images, champs de texte, menus déroulants, ...).

L'intérêt de ce langage est de pouvoir associer aux éléments de l'interface des portions de code associées à des événements (clic de souris, appui sur une touche, ...). Pour cela, Visual Basic utilise un petit langage de programmation dérivé du BASIC (signifiant *Beginners All-Purpose Symbolic Instruction Code*, soit *code d'instructions symboliques multi-usage pour les débutants*). Le langage de script utilisé par Visual Basic est nommé à juste titre **VBScript**, il s'agit ainsi d'un sous-ensemble de Visual Basic.

❖ L'application :

Afin de faciliter la procédure du diagnostic des cartes, j'ai développé une application avec l'environnement Visual Basic permettant de charger le rapport du test de la carte, afficher les différentes fonctions présentant un défaut, leurs composants ainsi que leurs emplacements dans la carte PL7.

Pour ceci, j'ai réalisé ce travail en se basant sur la gestion de deux fichiers « XML » utilisés comme base de données pour l'application :

- le premier comportant le rapport du test (Annexe 2).
- le deuxième comportant les composants électroniques de chaque fonction (Annexe 3).

L'application VB est nommée « Test Result Hardware » et se présente comme ceci :



Figure 34: Application pour diagnostic des vrais défauts

Après le rejet d'une carte lors du test final FKT, elle est traitée au niveau du service « Rework » en lui envoyant des signaux de test, et on charge le rapport de ce dernier dans l'application à l'aide du bouton « Browse » :

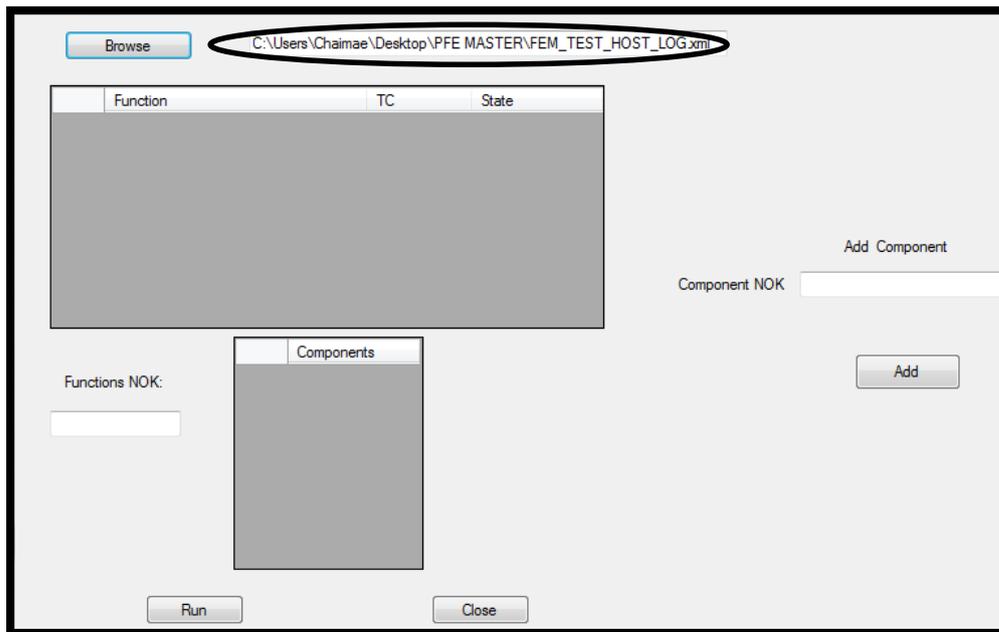


Figure 35: Joindre le rapport du test avec "Browse"

Le bouton « Run » permet de valider l’ajout du rapport, d’afficher le nombre et la liste des fonctions défectueuses et de visionner les composants électroniques de chaque fonction sélectionnée:

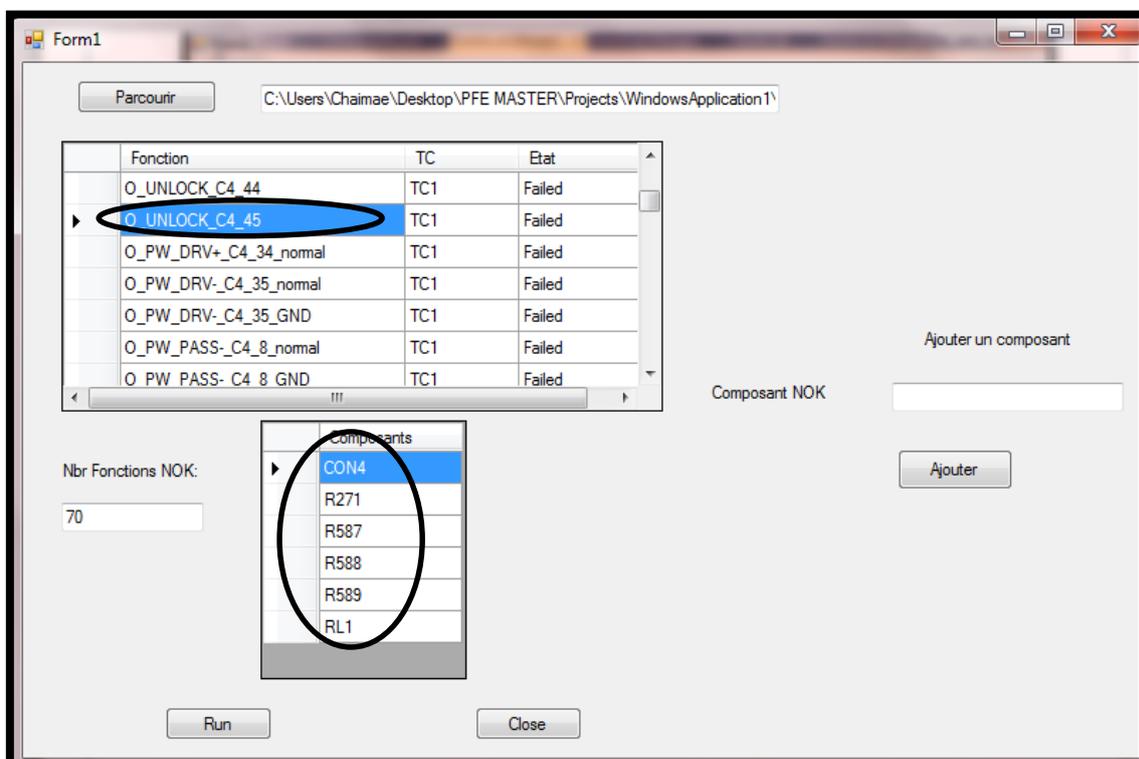


Figure 36: Résultats obtenus par l'application

A titre d'exemple, la fonction « O_UNLOCK_C4_45 » est reliée à 6 composants :

- Le connecteur N°4.
- Quatre résistances : R271, R587, R588, R589.
- Le relais N°1.

Elle permet ainsi de visionner l'emplacement exact de ces composants dans le PCB à l'aide d'une image réelle de la carte PL7 :

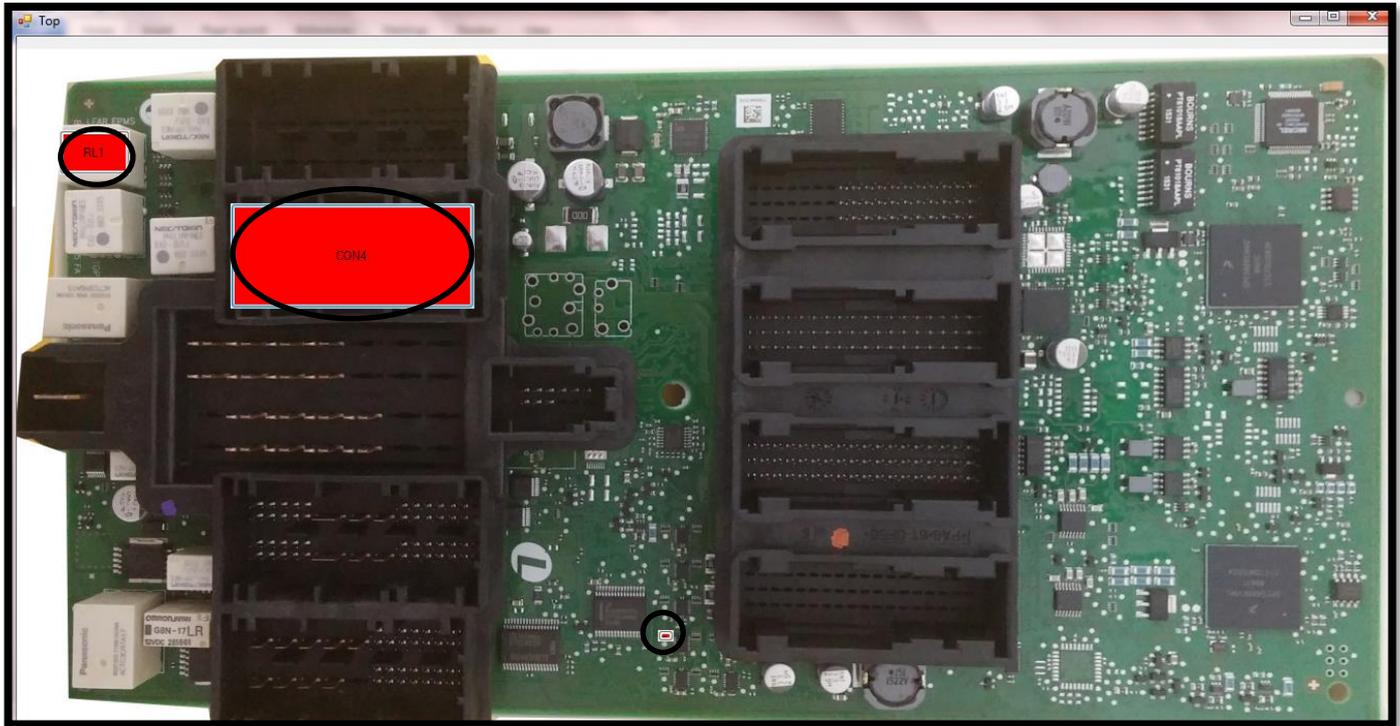


Figure 37: Partie TOP de la carte PL7

De la même façon, l'application visualise les composants présents sur le dos de la carte :

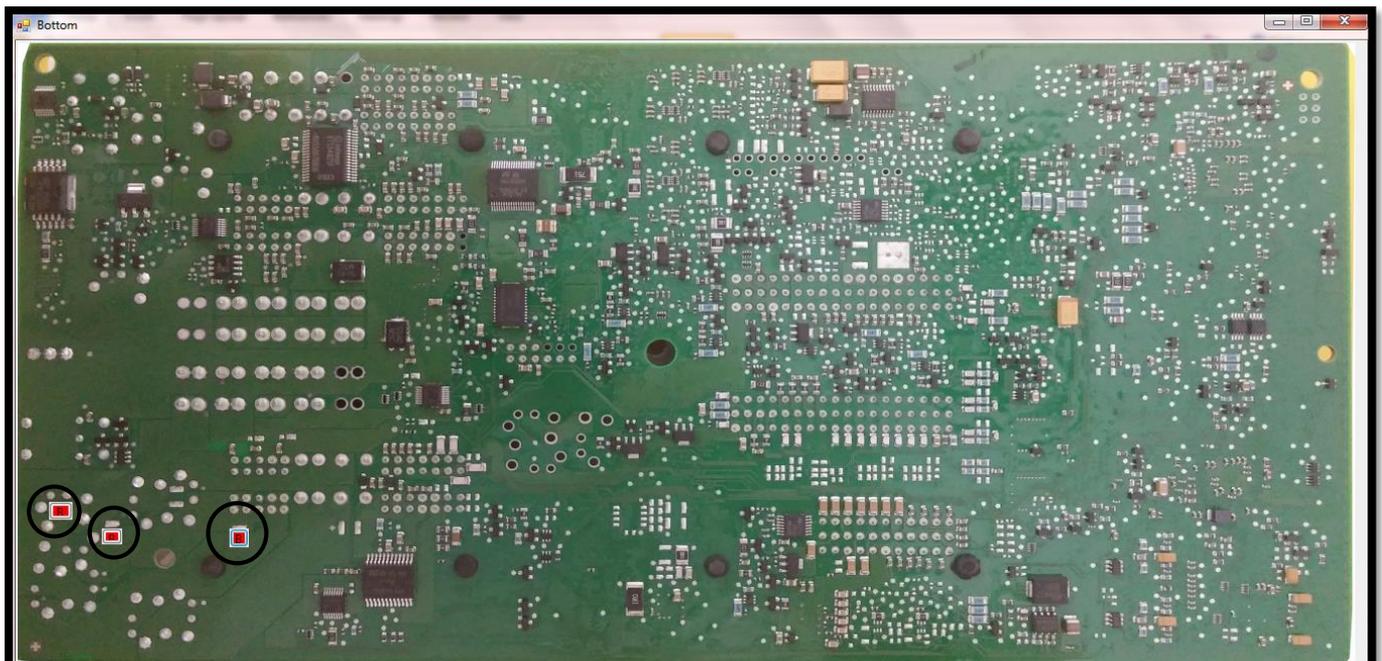


Figure 38: Partie BOTTOM de la carte PL7

Si l'anomalie provient d'un autre composant ne figurant pas dans la liste, on peut l'ajouter à l'aide du bouton « Add » et il s'affecte directement à la fonction désirée tout en modifiant la base de données « Composants.xml ».

III. Etude d'un vrai défaut :

Exemple 1 :

Dans le but d'appliquer l'interface que j'ai développée, j'ai lancé le test d'une carte défectueuse et obtenu les résultats suivants :

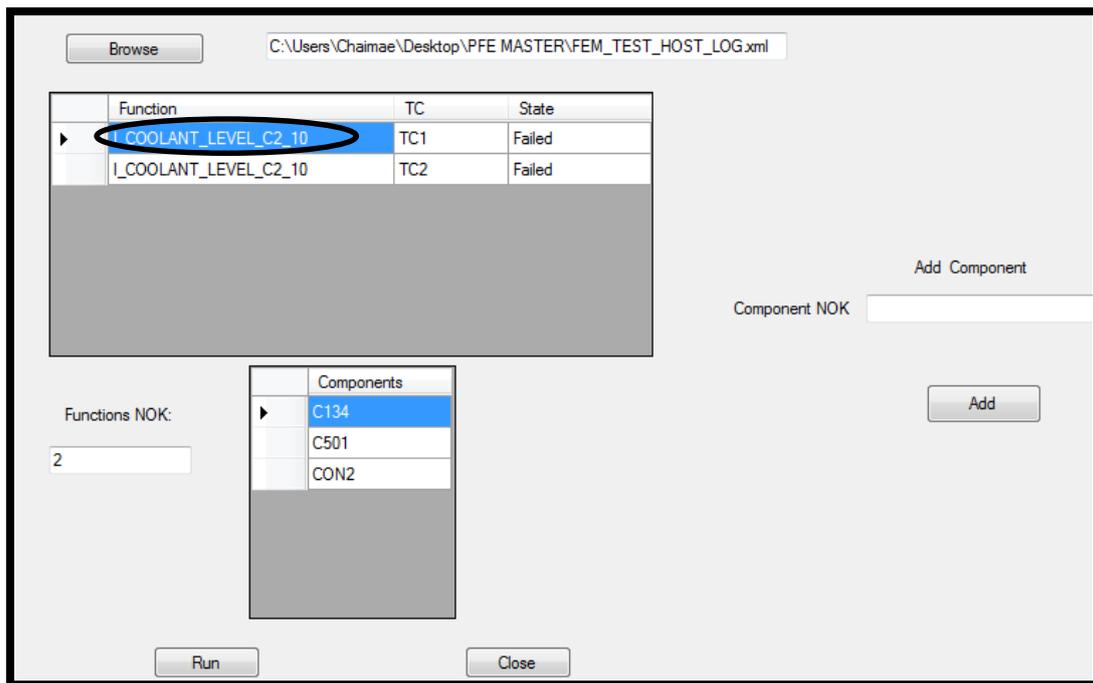


Figure 39: Résultats obtenus par l'application

Lors du contrôle visuel, j'ai remarqué que la capacité C501 a été arrachée :

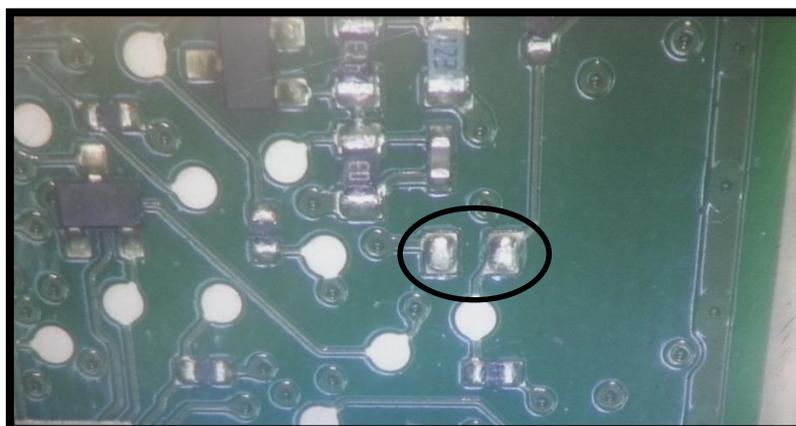


Figure 40: Le composant C501 est arraché

J'ai cherché la référence de cette dernière qui est : 370014539.

SEMdesc	CAP CE,1uF,10%,10V X7R,0603,TAIYO
v11	1
DoNotPlaceFor	xxx
Supplier	Taiyo Yuden
SupPN	LMK107B7105KAH*
GPN	370014539

Figure 41: Référence de la capacité C501

Afin de souder ce composant j'avais besoin d'un gel pour faciliter la soudure et sa finition, l'étain pour coller ce dernier dans le circuit et enfin l'air chaud, qui atteint une température de 380°C, pour sécher le gel.

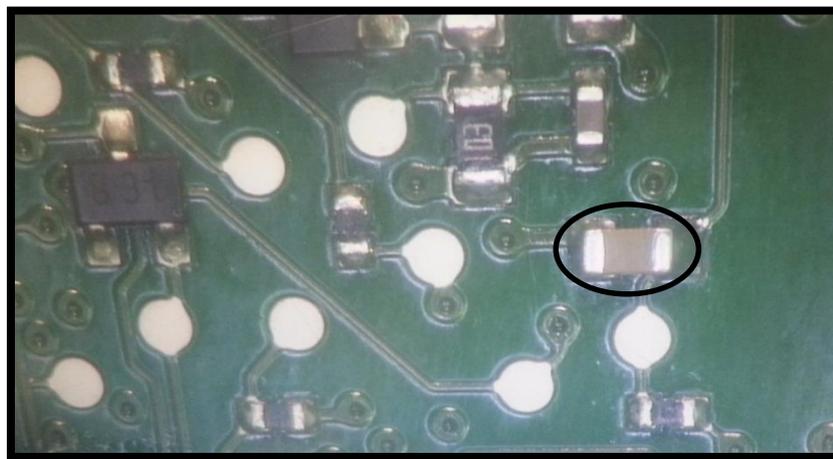


Figure 42: C501 soudé

Après le remplacement du composant, j'ai refait le test et aucun défaut n'a été détecté.

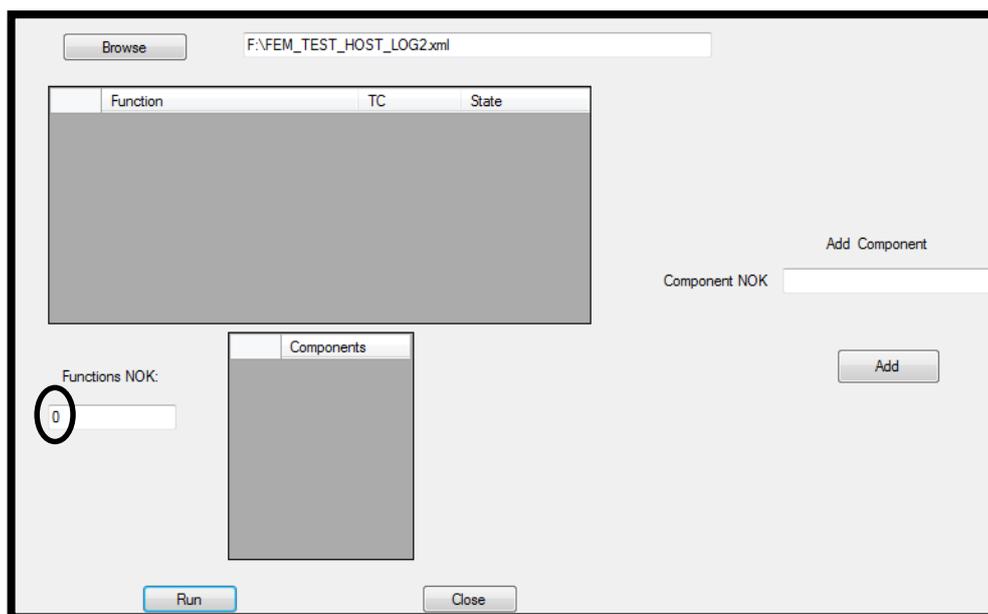


Figure 43: Aucun défaut détecté

Exemple 2 :

Afin d'analyser un vrai défaut provenant de la machine FKT, j'ai effectué le test fonctionnel de la carte à l'aide de l'auto-testeur, et j'ai obtenu les résultats suivants :

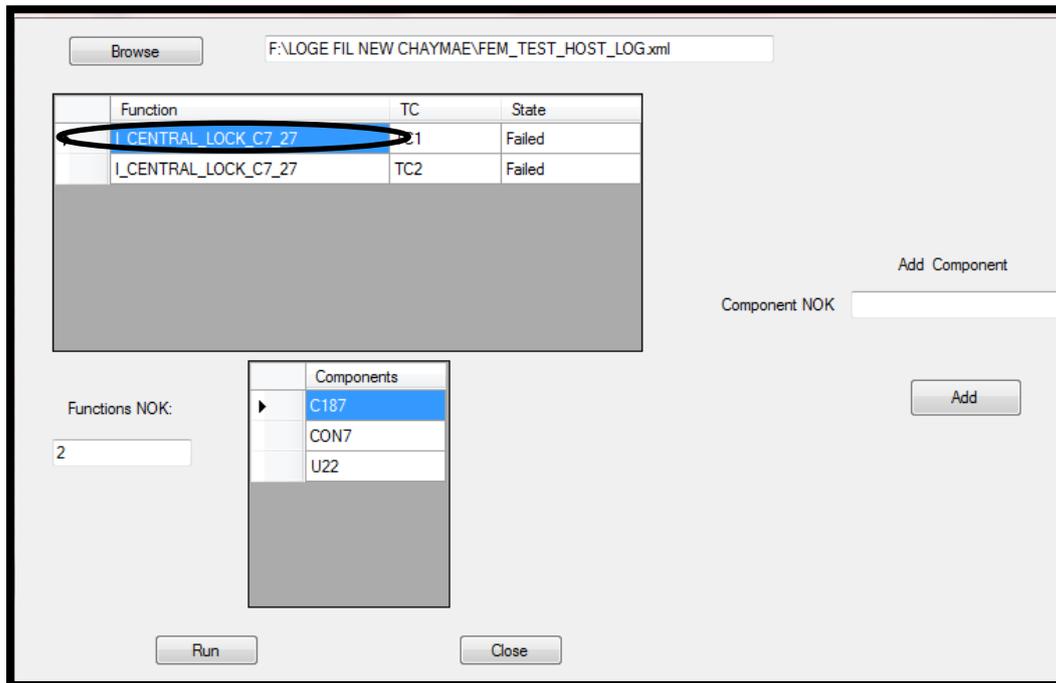


Figure 44: fonctions défectueuses affichées par l'application

Après vérification des composants liés à la fonction affichée, j'ai découvert que l'anomalie provient d'un autre composant « U40 » qui comportait un court-circuit à cause d'une particule entre ses pins.

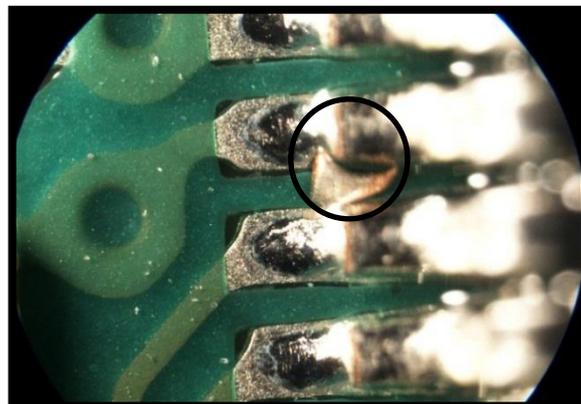


Figure 45: Présence d'une particule entre les pins du composant (microscope X10)

J'ai ajouté à la base de données le nouveau composant causant le défaut à cette fonction.

Components
C187
CON7
U22
U40

Figure 46: U40 ajouté

Après nettoyage des pins, j'ai refait le test hardware, et aucun défaut n'a été détecté.

IV. Développement d'un extracteur des résultats :

1. Introduction :

Cette partie traite le développement d'une application permettant d'extraire les résultats des différentes machines de test (ICT et FKT) et effectue leur représentation.

Lors du test, les machines ICT et FKT génèrent des dossiers nommés par la date du test et contiennent des fichiers d'extension « .OK » et « .ERR ».

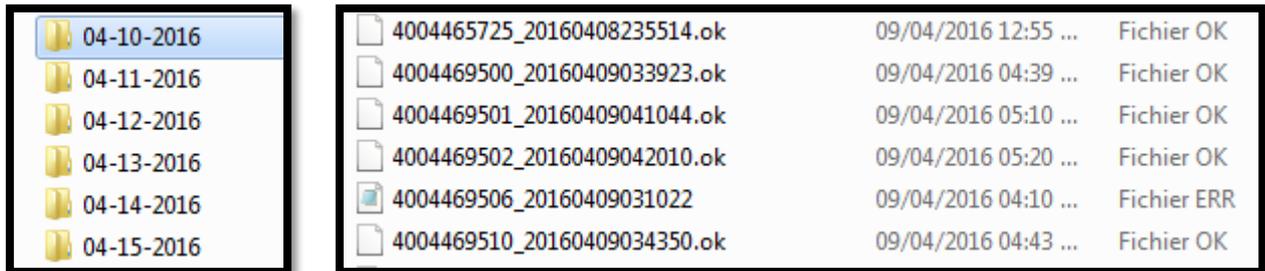


Figure 47: Fichiers générés par les machines de test ICT et FKT

Le fichier « .ERR » contient des lignes avec les informations suivantes :

- Le nom du composant.
- Sa valeur mesurée.
- Ses valeurs minimales et maximales.
- Ses pins.
- Son état : OK ou NOK.

L'application se basera sur la gestion des fichiers « .ERR » et va pouvoir trier toutes les informations concernant les composants défectueux.

2. Utilité de l'application :

L'ingénieur extrait manuellement les lignes NOK de plusieurs fichiers, sans tri des pins, et sans pouvoir représenter ses résultats. Cette procédure peut prendre plus que 30min pour un seul test.

Ci-dessous, un exemple des lignes NOK comportant les défauts au niveau de la machine ICT.

A
VB60: iTAC-Check: UUT not permitted to be tested!, NOK
VB60: Reason: RetCode 5 (no array) some panel(s) reached max PASS count, NOK
VB60: iTAC-Check: UUT not permitted to be tested!, NOK
VB60: Reason: RetCode 5 (no array) some panel(s) reached max PASS count, NOK
LNK2TP 5V0_SENSOR: 0.00000 [OVERRANGE(+)] 10.00000 (549;4443), NOK
LNK2TP 5V0_SENSOR: 0.00000 [OVERRANGE(+)] 10.00000 (549;4443), NOK
LNK2TP 5V0_SENSOR: 0.00000 [OVERRANGE(+)] 10.00000 (549;4443), NOK
SHO-LowRes-LowCap: 4.00000 [3.97500] 40.00000 (60;22), NOK

Figure 48: Lignes NOK extraites des fichiers "ERREUR"

3. Présentation de l'application :

Afin d'automatiser cette tâche, j'ai développé une application capable de trier les composants défectueux par date et heure, d'afficher leurs pins, le nombre de répétition des défauts et leurs types. Elle assure ainsi une représentation fiable des mesures des composants, leurs paretos et les pins causant les défauts détectés.

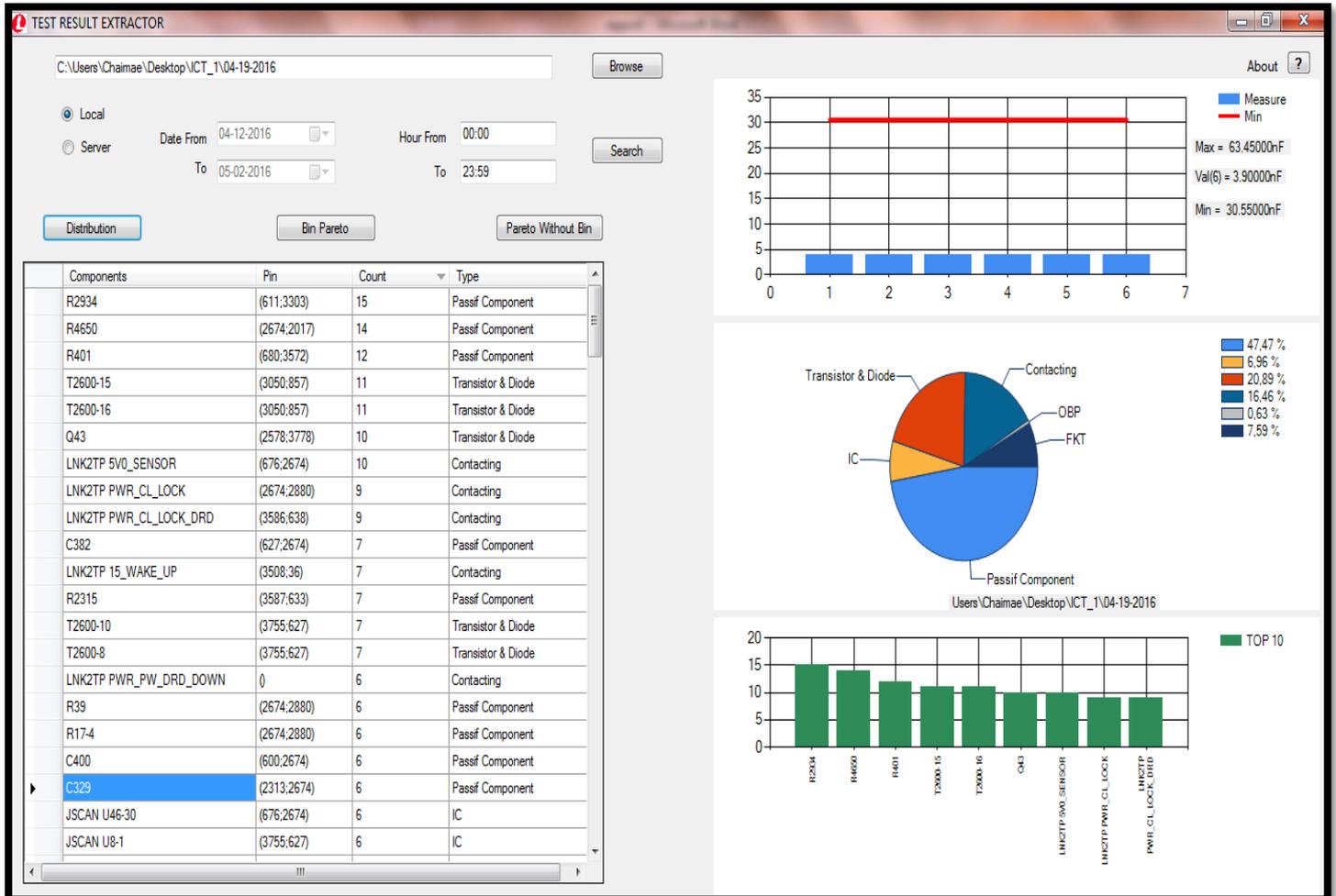


Figure 49: Application extractrice des résultats de test ICT et FKT

Le premier graphe représente les différentes mesures anormales des composants, du fait que les valeurs mesurées par la machine ICT sont inférieures à la valeur minimale.

Le camembert représente le pourcentage des types de défauts détectés par les machines de test.

Et le dernier graphe représente les 10 premiers défauts détectés pendant la date choisi.

De plus, l'application permet d'afficher les pins causant le rejet des cartes et représente dans un graphe le nombre de ces derniers, pour agir sur les pins défectueux sans changer, sans intérêt, les composants électroniques.

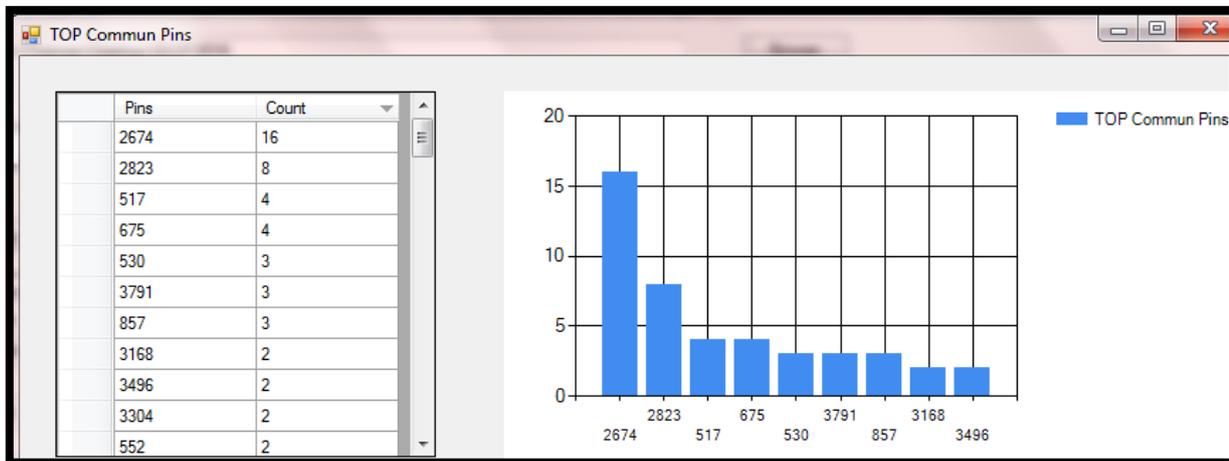


Figure 50: Extraction et représentation des pins communs des composants

L'application s'exécute et extrait toutes les informations désirées en **10s**, donc on a gagné en temps d'exécution, la fiabilité des données et l'exactitude des représentations.

L'application est accessible dans les postes de tous les ingénieurs, donc ne nécessite pas une installation d'ordinateur au niveau des machines de test. Elle a été appliquée pour supervision des défauts par tous les ingénieurs, ainsi que le manager du département « Test Engineering ».

V. Conclusion :

Ce chapitre comporte une étude globale de la carte PL7 et les solutions optimisant les procédures utilisées en développant deux applications : l'une pour rechercher les composants défectueux et l'autre pour extraire les informations des machines de test dans le but de faciliter leurs exploitations.

Chapitre 4 :

Conception de l'outil de reflash à base de «JTAG»

I. Introduction :

Cette partie comporte l'étude et la réalisation d'un outil de « reflash » des microcontrôleurs de la carte PL7.

1. Généralités :

Après avoir effectué le test fonctionnel de la carte, la machine FKT flash le produit en formatant le DUT des microcontrôleurs pour y mettre l'application client finale, mais des anomalies peuvent avoir lieu (coupure d'alimentation, blocage de la machine...)

Et le même problème peut se produire au niveau du service Rework, lors du flash du DUT, à cause d'une connexion du câble non établie.

Dans ce cas, on a besoin d'un outil nommé « JTAG ».

2. Définition d'un JTAG :

JTAG est une technologie qui a pour rôle de programmer et tester les circuits électroniques imprimés, il est généralement utilisé pour tester les PCB sans accès physique ou de développement de test fonctionnel requis.

II. Problématique et solution :

1. Problématique :

Dans le cas où les microcontrôleurs sont vides, on n'arrive pas à les commander depuis un ordinateur pour les formater et par conséquent, la carte est rejetée au « Scrap ».

Alors afin de réduire le taux de « Scrap » (qui est de 20 cartes par mois = 140.000 DH), on a besoin d'un outil qui va servir de flasher les microcontrôleurs vides directement à travers leurs pins dans le PCB.

2. Solution :

➤ Généralités :

Les microcontrôleurs « Body » et « Gateway » possèdent des pins externes sur le circuit PL7.

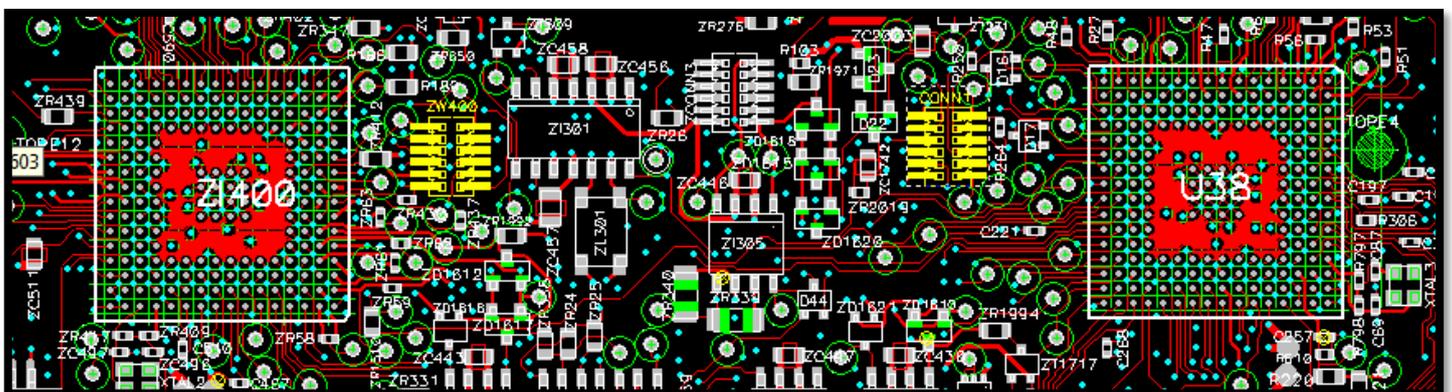


Figure 51: Schéma électronique de la carte PL7 montrant les pins des microcontrôleurs

A travers ces pins, je souhaite commander les microcontrôleurs afin de les flasher à l'aide d'une liaison série avec l'ordinateur.

➤ Matériel utilisé :

- J'ai choisi comme liaison série, une communication RS232.
- J'ai ajouté un circuit « max232 » afin de convertir : la tension de 5V à 12V, qui est la tension adaptée à la carte, et le niveau du signal RS232 en signal TTL.

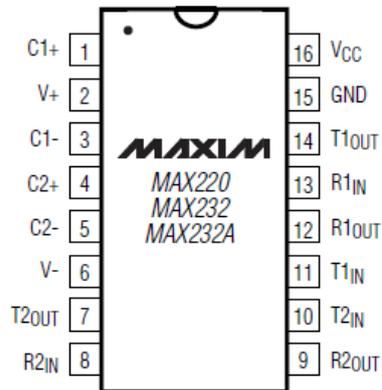


Figure 52: Circuit "Max232"

Le **MAX232** est un composant créé par « MAXIM » que l'on trouve sous d'autres références chez d'autres fabricants. Il sert d'interface entre une liaison série TTL (Microcontrôleur) et une liaison série RS232 (Ordinateur) et ce avec une simple alimentation 5V. [6]

Il est généralement utilisé dans :

- ♣ Tout système nécessitant une liaison RS232.
 - ♣ Les téléphones mobiles.
 - ♣ Les ordinateurs portables.
 - ♣ Les modems.
 - ♣ Les imprimantes.
 - ♣ Les appareils photos digitales. [10]
- De plus, j'avais besoin de 4 capacités de 0.1µF, qui jouent le rôle d'une pompe de charge.
 - Enfin, j'avais besoin d'un outil afin d'envoyer le software du flash aux microcontrôleurs à travers une interface sur l'ordinateur. L'outil disponible dans la société est « Lauterbach ».

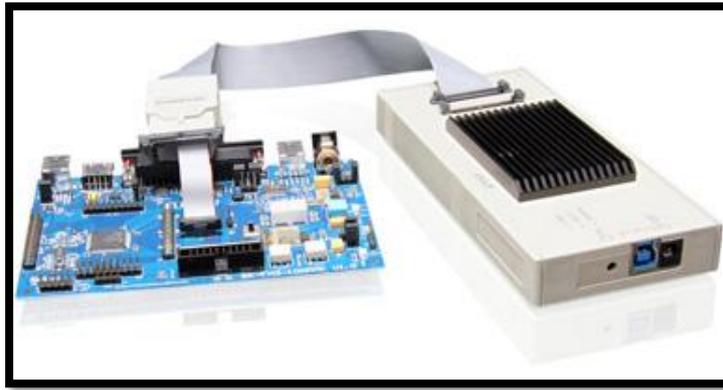


Figure 53: Outil "Lauterbach" pour envoi du software

➤ Conception :

○ Simulation :

J'ai simulé le circuit conçu sur le logiciel « ISIS Proteus ».

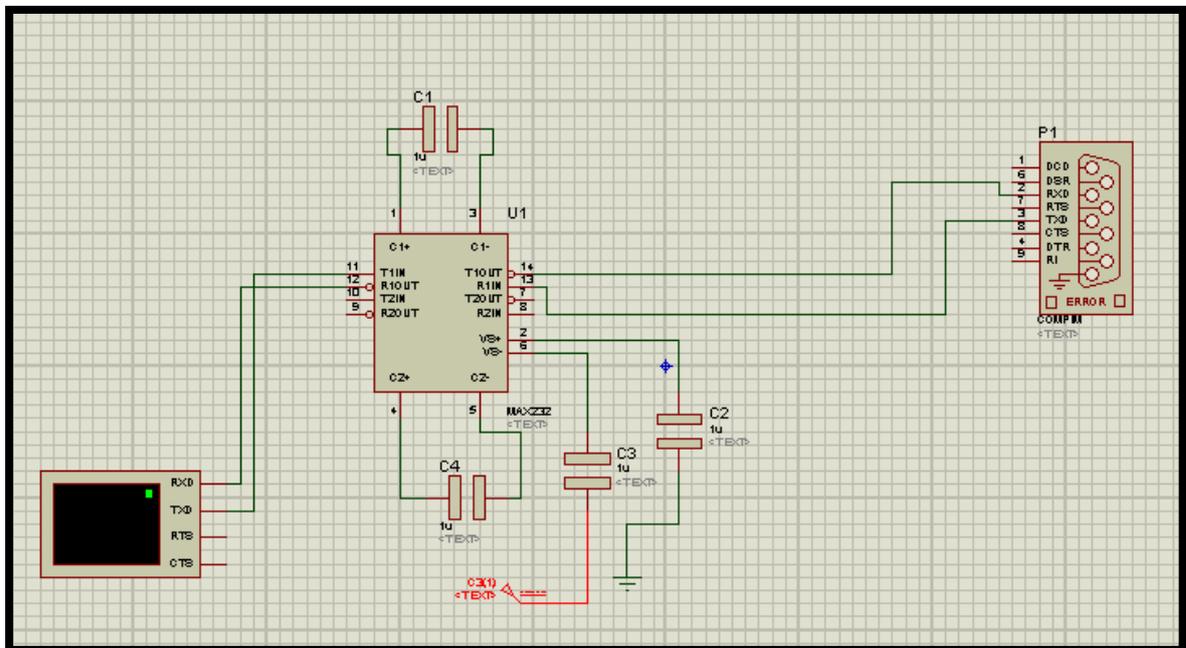


Figure 54: Simulation du "max232" avec une liaison série

Le connecteur «DB9 » assure la liaison série à travers la communication RS232 entre l'ordinateur et la carte PL7 en passant par le circuit « Max232 », qui permet à son tour de convertir la tension 5V à 12V d'où la nécessité d'ajouter 4 capacités.

Les sorties « RX » et « TX » du « Max232 » sont liées aux microcontrôleurs.

Afin de vérifier le bon fonctionnement du port série, j'ai créé deux ports virtuels : un émetteur et un récepteur à l'aide du logiciel « Configure Virtual Serial Port Driver ».

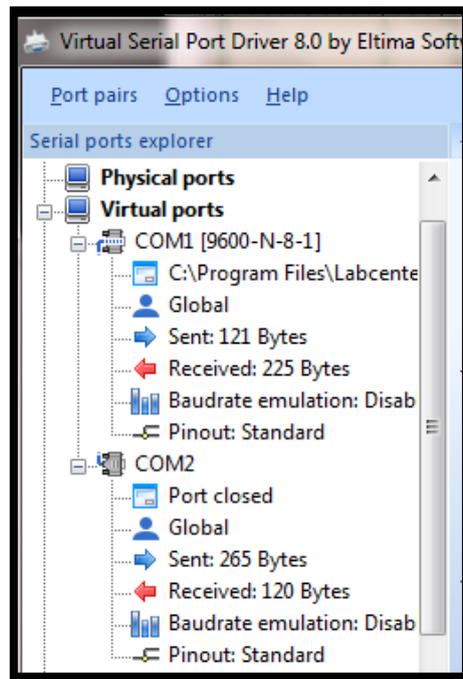


Figure 55: Création de deux ports virtuels

A l'aide d'un code C, j'ai envoyé une chaîne de caractère pour tester la fiabilité du circuit :

```

SerialPort^ test;
test = gcnew SerialPort("COM2", 9600);
// open port
try
{
    test->Open();
    test->WriteLine("test pour verifier le port serie");
    test->Close();
}
catch (IO::IOException^ e )

```

Figure 56: Code C pour envoyer une donnée dans le port série

La chaîne de caractère a été reçue au niveau du terminal qui est le microcontrôleur.

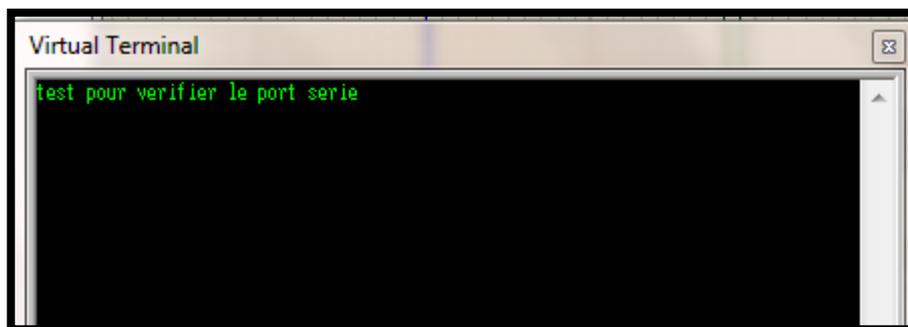


Figure 57: Donnée reçue à travers le circuit conçu

Après la validation du fonctionnement du circuit, j'ai passé à l'étape de la réalisation.

○ Réalisation:

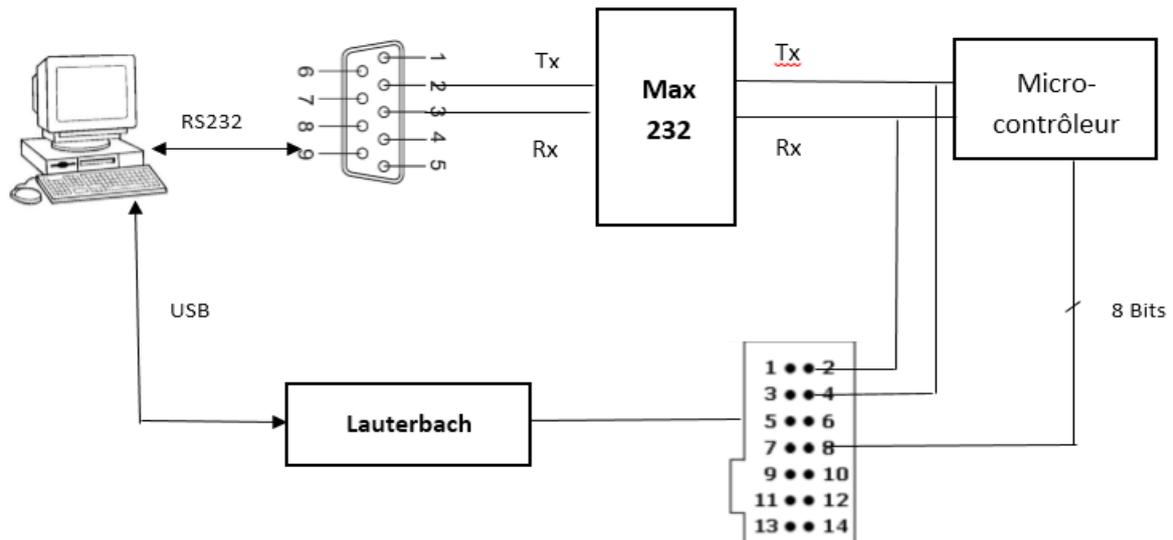


Tableau 8: Schéma du circuit de flash JTAG

La liaison série permet d'envoyer les commandes provenant de l'ordinateur (à savoir l'envoi des trames et le transfert de ses réponses afin de reflasher les microcontrôleurs).

Le connecteur Lauterbach contient 14 Bits, dont 2 sont liés à l'alimentation et la masse, 8 Bits au microcontrôleur, et 2 sont non connectés.

L'outil « Lauterbach » sert à envoyer le fichier binaire du flash directement aux pins du microcontrôleur.

Après la validation du fonctionnement du circuit sur une maquette de test, j'ai passé à la phase de la réalisation.

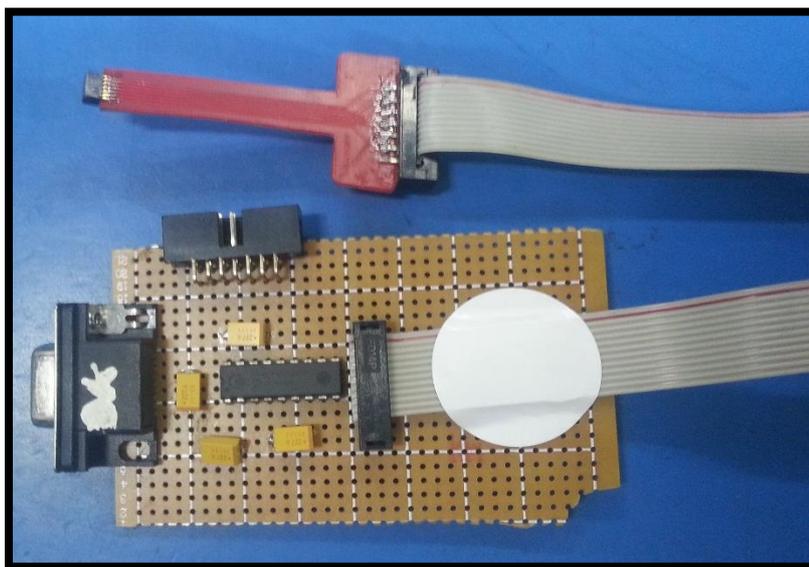


Figure 58: Circuit conçu pour flasher les microcontrôleurs

Ci-dessous, une image du circuit réalisé connecté avec le microcontrôleur « Body » à travers ses pins externes.

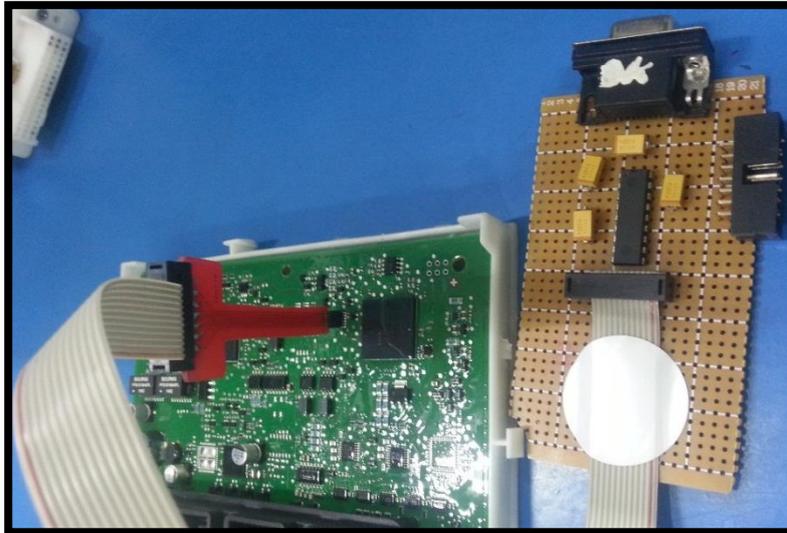


Figure 59: Le microcontrôleur "Body" connecté avec le circuit conçu

Ci-dessous, une image du circuit réalisé connecté avec le microcontrôleur, et l'outil « Lauterbach » qui lui transmet le fichier du flash.

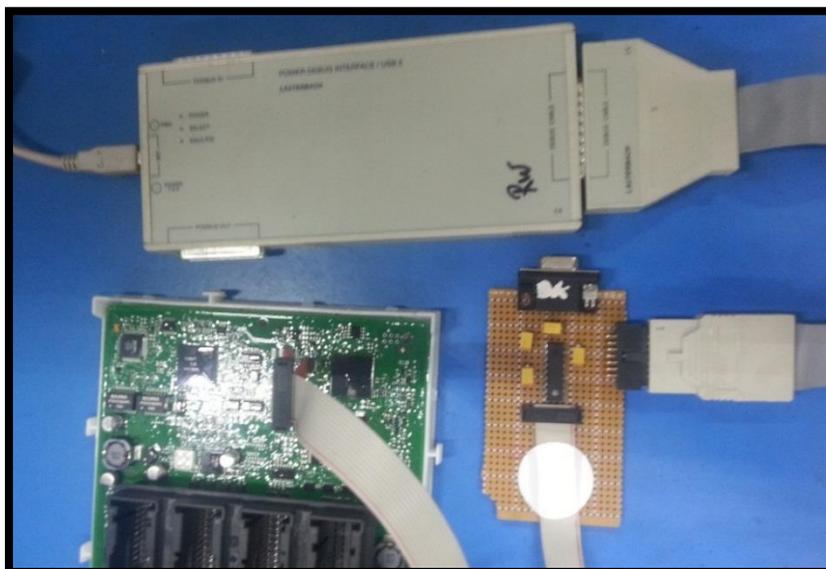


Figure 60: Le circuit conçu + Lauterbach connectés au μ C "Body"

Le circuit réalisé fonctionne parfaitement après l'avoir testé en flashant les microcontrôleurs à l'aide de l'interface « TRACE32 ».

3. Avantages du projet :

- Coût faible de la réalisation.
- Diminution du taux de « Scrap ».
- Gain de la société de 140.000 DH par mois.

III. Perspectives et améliorations :

Dans le but d'améliorer la solution proposée, et après une étude approfondie de la carte PL7, j'ai réussi à trouver d'autres pins à travers lesquels on peut commander les microcontrôleurs, afin de concevoir un outil inspiré de la machine « ICT ».

Les microcontrôleurs «Body » et « Gateway » possèdent des points de test sur le PCB, que j'ai pu localiser à l'aide des schémas de la carte.

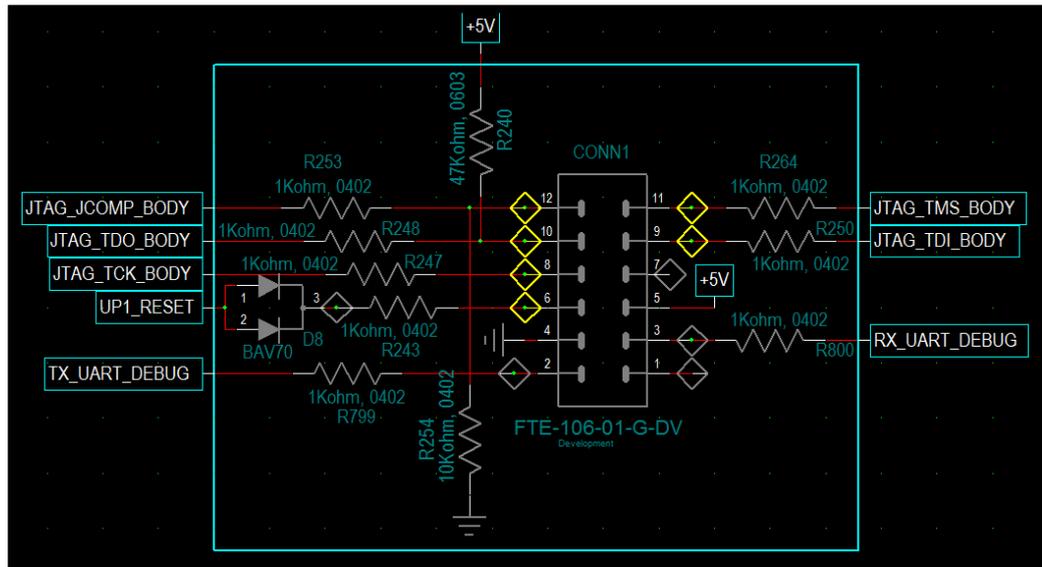


Figure 61: L'interface JTAG du "Body"

Pour flasher le « Body », nous avons besoin de 6 points de test, de plus l'alimentation +5 et la masse GND.

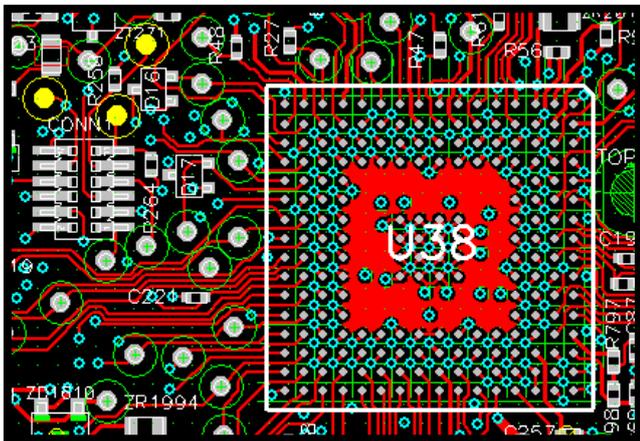


Figure 62: Les pins du "Body" sur la face "TOP" de la PL7

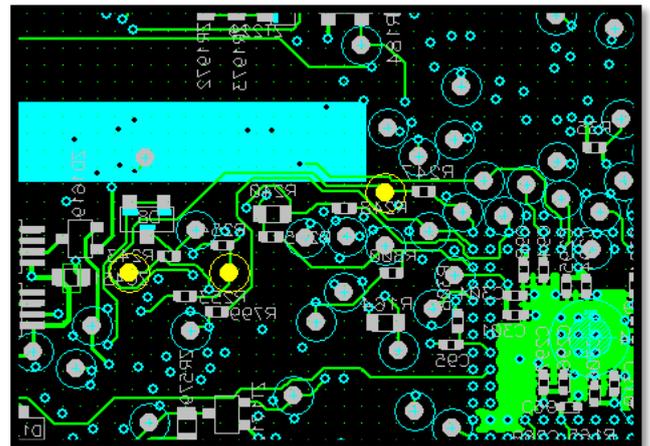


Figure 63: Les pins du "Body" sur le dos "BOTTOM" de la PL7

Concernant le microcontrôleur « Gateway », il possède 5 points de test liés à son interface JTAG :

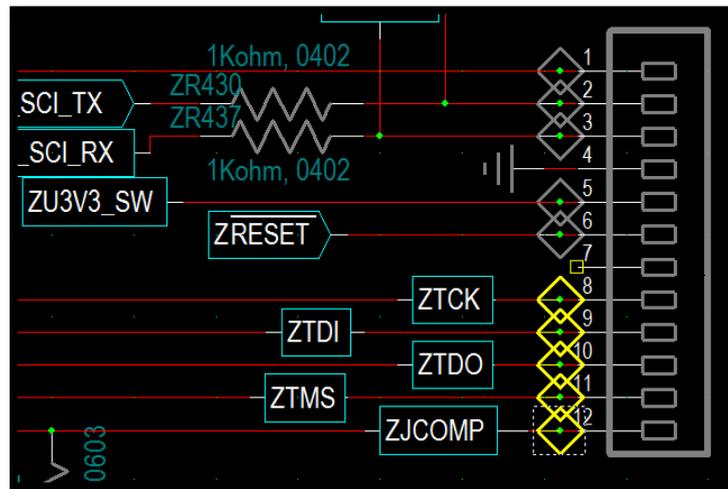


Figure 64: L'interface JTAG du microcontrôleur "Gateway"

Donc, pour flasher le « Gateway », nous avons besoin de 5 pins, l'alimentation et la masse.

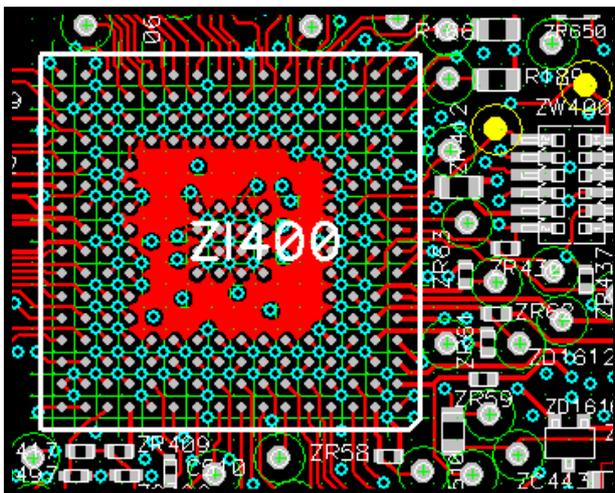


Figure 66: Les pins du "Gateway" sur le "TOP" de la carte

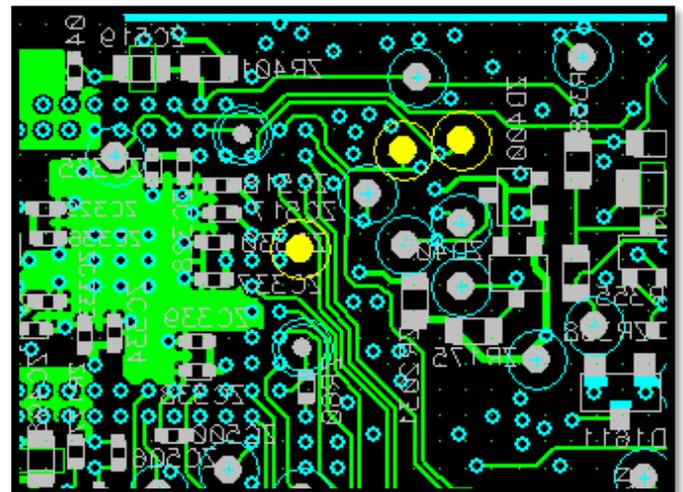


Figure 65: Les pins du "Gateway" sur le "BOTTOM" de la carte

Afin d'améliorer l'outil pour flasher les microcontrôleurs, j'ai proposé à la société de concevoir une machine dotée des pins selon l'emplacement des points de test des microcontrôleurs et qui vont assurer une connexion avec mon circuit réalisé.

Je me suis inspirée de la machine de test « ICT » dans l'amélioration de cet outil.

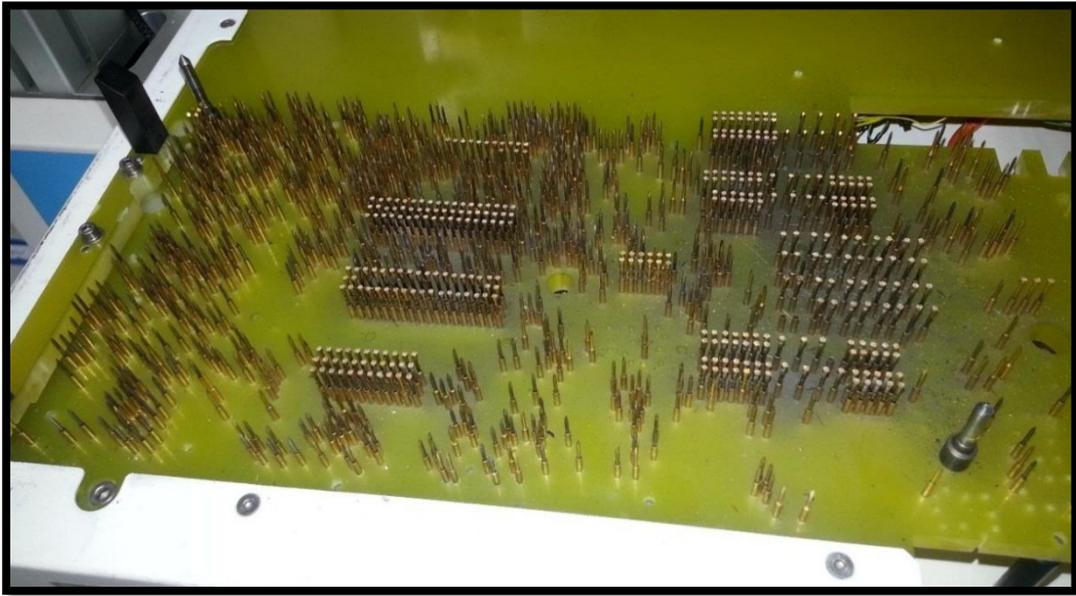


Figure 67: Pins de la machine de test "ICT"

L'idée a été approuvée et la société a envoyé le cahier de charge à un fournisseur afin de concevoir la machine de reflash à base de « JTAG ».

IV. Conclusion :

Dans cette partie j'ai établi l'étude fonctionnelle du projet qui permet de vérifier sa fiabilité, la réalisation de l'outil de reflash à base du « JTAG », ainsi une proposition pour améliorer ce dernier.

Conclusion générale

Le stage que j'ai effectué au sein de la société **Lear Corporation**, m'a été une expérience assez riche et intéressante, dans la mesure où il m'a permis de mettre en pratique et de développer les connaissances acquises lors de mon cursus universitaire, ainsi que tirer profit de l'expérience et des compétences des ingénieurs du département « Test Engineering », qui ont le rôle d'installation et le développement de la production des cartes électroniques.

Durant cette période de stage, je me suis intéressée à l'étude de la ligne de production, les différents produits de la société, la procédure de recherche des vrais défauts afin d'automatiser les tâches manuelles effectuées au niveau du service « Rework », ce qui a permis de réduire le temps de recherche des vrais défauts, et minimiser le nombre de logiciels utilisés, ainsi que le développement, avec l'environnement Visual Basic, d'une interface de supervision à distance des anomalies qui arrivent pendant la production au niveau des machines de test de toute l'usine, cette dernière a assuré une bonne exploitation et une représentation fiable des résultats .

Concernant le côté matériel, j'ai pu concevoir un outil de reflash des microcontrôleurs à travers une connexion directe de leurs pins afin de sauver les cartes électroniques du « Scrap ».

Au-delà des connaissances techniques que j'ai acquises et des compétences que j'ai développées, cette expérience m' a permis de comprendre la réalité du monde du travail et de prendre un contact direct avec le milieu professionnel.

Je tiens à exprimer ma satisfaction car mon travail a été appliqué, ce qui a assuré la réalisation des grands bénéfices à la société et mon projet a été intégré dans le réseau « Best Practice » qui publie les meilleurs projets réalisés au sein du groupe **Lear Corporation**.

Enfin, j'estime que ce stage fut une étape de transition réussie entre les études et le monde professionnel et je tiens à exprimer ma satisfaction d'avoir pu travailler dans de bonnes conditions matérielles et dans un environnement ragoûtant.

Documents annexes

Annexe 1 : Rapport du test fonctionnel

*I/O Test Result Overview (18.02.2016
09:53:04.894)*

Start	18.02.2016 09:53:04.894
Error rate	10 / 325 = 3.08%

I/O Test (18.02.2016 09:53:04.894)

SYSPin_0	TBIO_TEST_START	TC1	CR Errorcode: 0x2	Input Request:	Channel ID: feff	Load Selection: 0	Sub Pin: 0	HLOpen: 1	
SYSPin_1	I_HOTEL_C7_51	TC1	CR Errorcode: 0x2	Input Request:	Channel ID: 13	Load Selection: 0	Sub Pin: 0	HLOpen: 1	
				Exp. Feedback:	Channel ID: 13	Value (DIGITAL): 0	MUX U1: cc	MUX Chan: 00	MUX U2: 00
				Exp. Feedback:	Channel ID: 77	Value (ANALOG): 0--0.066	MUX U1: cc	MUX Chan: 00	MUX U2: 00
				Feedback:	Channel ID: 13	Value (DIGITAL): 0	MUX U1:	MUX Chan:	MUX U2:
				Feedback:	Channel ID: 77	Value (ANALOG): 0	MUX U1:	MUX Chan:	MUX U2:
SYSPin_1	I_HOTEL_C7_51	TC2	CR Errorcode: 0x2	Input Request:	Channel ID: 13	Load Selection: 7	Sub Pin: 0	HLOpen: 1	
				Exp. Feedback:	Channel ID: 13	Value (DIGITAL): 1	MUX U1: cc	MUX Chan: 00	MUX U2: 77
				Exp. Feedback:	Channel ID: 77	Value (ANALOG): 0--0.066	MUX U1: cc	MUX Chan: 00	MUX U2: 77
				Feedback:	Channel ID: 13	Value (DIGITAL): 1	MUX U1:	MUX Chan:	MUX U2:
				Feedback:	Channel ID: 77	Value (ANALOG): 0	MUX U1:	MUX Chan:	MUX U2:
SYSPin_2	I_CENTRAL_LOCK_C7_27	TC1	CR Errorcode: 0x2	Input Request:	Channel ID: 14	Load Selection: 0	Sub Pin: 0	HLOpen: 1	
				Exp. Feedback:	Channel ID: 14	Value (DIGITAL): 0	MUX U1: cc	MUX Chan: 11	MUX U2: 00
SYSPin_2	I_CENTRAL_LOCK_C7_27	TC2	CR Errorcode: 0x2	Input Request:	Channel ID: 14	Load Selection: 7	Sub Pin: 0	HLOpen: 1	
				Exp. Feedback:	Channel ID: 14	Value (DIGITAL): 1	MUX U1: cc	MUX Chan: 11	MUX U2: 77
				Exp. Feedback:	Channel ID: 77	Value (ANALOG): 0.097--0.177	MUX U1: cc	MUX Chan: 11	MUX U2: 77
				Feedback:	Channel ID: 14	Value (DIGITAL): 1	MUX U1:	MUX Chan:	MUX U2:
				Feedback:	Channel ID: 77	Value (ANALOG): 0.14	MUX U1:	MUX Chan:	MUX U2:
SYSPin_3	I_INT_LIGHT_SW_C3_21	TC1	CR Errorcode: 0x2	Input Request:	Channel ID: 16	Load Selection: 0	Sub Pin: 0	HLOpen: 1	
				Exp. Feedback:	Channel ID: 16	Value (DIGITAL): 0	MUX U1: cc	MUX Chan: 22	MUX U2: 00
				Exp. Feedback:	Channel ID: 55	Value (ANALOG): 10.532--13.532	MUX U1: cc	MUX Chan: 22	MUX U2: 00
				Feedback:	Channel ID: 16	Value (DIGITAL): 0	MUX U1:	MUX Chan:	MUX U2:
				Feedback:	Channel ID: 55	Value (ANALOG): 11.808	MUX U1:	MUX Chan:	MUX U2:
SYSPin_3	I_INT_LIGHT_SW_C3_21	TC2	CR Errorcode: 0x2	Input Request:	Channel ID: 16	Load Selection: 7	Sub Pin: 0	HLOpen: 1	
				Exp. Feedback:	Channel ID: 16	Value (DIGITAL): 1	MUX U1: cc	MUX Chan: 22	MUX U2: 77
				Exp. Feedback:	Channel ID: 55	Value (ANALOG): 10.532--13.532	MUX U1: cc	MUX Chan: 22	MUX U2: 77
				Feedback:	Channel ID: 16	Value (DIGITAL): 1	MUX U1:	MUX Chan:	MUX U2:
				Feedback:	Channel ID: 55	Value (ANALOG): 11.778	MUX U1:	MUX Chan:	MUX U2:
SYSPin_4	I_INTERIOR_LIGHT_REAR_SW_C3_9	TC1	CR Errorcode: 0x2	Input Request:	Channel ID: 17	Load Selection: 0	Sub Pin: 0	HLOpen: 1	
				Exp. Feedback:	Channel ID: 17	Value (DIGITAL): 0	MUX U1: cc	MUX Chan: 33	MUX U2: 00
				Feedback:	Channel ID: 17	Value (DIGITAL): 0	MUX U1:	MUX Chan:	MUX U2:

Annexe 2 : Rapport du test traduit en fichier « .xml »

```
Composants.xml  Form1.vb  FEMM.xml X  Form1.vb [Design]  Form3.vb [Design]  Form5.vb [Design]
<?xml version='1.0' encoding='UTF-8'?>
<?xml-stylesheet type="text/xsl" href="xsl_template\femlog.xsl"?>
<TestResult HostVersion="5.2.7">
  <LogisticDataUpdateHistory TimeStamp="03.03.2016 13:21:53.303"/>
  <IOCTest TimeStamp="03.03.2016 13:21:59.495" EndTestTime="03.03.2016 13:23:03.580">
    <IOTC SignalName="TBIO_TEST_START" SyspinName="SYSPin_0" CommonResponseErrorCode="2" TAID="0x10001" Result="Pass">
      <InputRequest>
        <ChannelID>feff</ChannelID>
        <LoadSelection>0</LoadSelection>
        <SubPin>0</SubPin>
        <HLOpen>1</HLOpen>
      </InputRequest>
      <ExpFeedBacks Size="0"/>
      <FeedBacks Size="0"/>
      <SpecialFeedBacks/>
    </IOTC>
    <IOTC SignalName="I_HOTEL_C7_51" SyspinName="SYSPin_1" CommonResponseErrorCode="2" TAID="0x10002" Result="Pass">
      <InputRequest>
        <ChannelID>13</ChannelID>
        <LoadSelection>0</LoadSelection>
        <SubPin>0</SubPin>
        <HLOpen>1</HLOpen>
      </InputRequest>
      <ExpFeedBacks Size="2">
        <ExpFeedBack ErrorCode="0">
          <ChannelID Result="Pass">13</ChannelID>
          <Value Type="DIGITAL" Result="Pass">0</Value>
          <MUXU1 Result="Pass">cc</MUXU1>
          <MUXChan Result="Pass">00</MUXChan>
          <MUXU2 Result="Pass">00</MUXU2>
        </ExpFeedBack>
        <ExpFeedBack ErrorCode="0">
          <ChannelID Result="Pass">77</ChannelID>
          <Value Type="DIGITAL" Result="Pass">1</Value>
          <MUXU1 Result="Pass">cc</MUXU1>
          <MUXChan Result="Pass">00</MUXChan>
          <MUXU2 Result="Pass">77</MUXU2>
        </ExpFeedBack>
      </ExpFeedBacks>
    </IOTC>
    <IOTC SignalName="I_HOTEL_C7_51" SyspinName="SYSPin_1" CommonResponseErrorCode="2" TAID="0x10003" Result="Pass" Sub>
      <InputRequest>
        <ChannelID>13</ChannelID>
        <LoadSelection>7</LoadSelection>
        <SubPin>0</SubPin>
        <HLOpen>1</HLOpen>
      </InputRequest>
      <ExpFeedBacks Size="2">
        <ExpFeedBack ErrorCode="0">
          <ChannelID Result="Pass">13</ChannelID>
          <Value Type="DIGITAL" Result="Pass">1</Value>
          <MUXU1 Result="Pass">cc</MUXU1>
          <MUXChan Result="Pass">00</MUXChan>
          <MUXU2 Result="Pass">77</MUXU2>
        </ExpFeedBack>
        <ExpFeedBack ErrorCode="0">
          <ChannelID Result="Pass">77</ChannelID>
          <Value Type="ANALOG" Result="Pass">0--0.066</Value>
          <MUXU1 Result="Pass">cc</MUXU1>
          <MUXChan Result="Pass">00</MUXChan>
          <MUXU2 Result="Pass">77</MUXU2>
        </ExpFeedBack>
      </ExpFeedBacks>
      <FeedBacks Size="2">
        <FeedBack>
          <ChannelID>13</ChannelID>
          <Value Type="DIGITAL">1</Value>
        </FeedBack>
        <FeedBack>
          <ChannelID>77</ChannelID>
          <Value Type="ANALOG">0</Value>
        </FeedBack>
      </FeedBacks>
    </IOTC>
  </IOCTest>
</TestResult>
```

Annexe 3 : Base de données des composants

```
<?xml version="1.0" encoding="Windows-1252" standalone="yes"?>
<!-- Generated by abcxcel-->
<Records>
  <Record>
    <Row
      A="Nom fonction"
      B="Column2"
      C="Composants de la fonction"
    />
  </Record>
  <Record>
    <Row
      A="TBIO_TEST_START"
      B="TC1"
      C="NO COMPONENT"
    />
  </Record>
  <Record>
    <Row
      A="I_HOTEL_C7_51"
      B="TC1"
      C="C186
        CON6
        CON7
        U22"
    />
  </Record>
  <Record>
    <Row
      A="FR1_BM_C8_32"
      B="TC1"
      C="CON8
        ZL901
        ZR917"
    />
  </Record>
  <Record>
    <Row
      A="FR1_BP_C8_31"
      B="TC1"
      C="CON8
        ZL901
        ZR915"
    />
  </Record>
  <Record>
    <Row
      A="FR2_BM_C8_30"
      B="TC1"
      C="CON8
        ZL902
        ZR908"
    />
  </Record>

```

Bibliographie

[1] Schéma électrique de la carte PL7 avec SCHview.

[2] Schéma du PCB de la carte PL7 avec PCBview.

[3] Manuel SPEA pour la machine de test ICT.

[4] Documentation CAN-Case.

[5] Cours Systèmes Embarqués: Le Bus CAN

[6] Datasheet Max232.

Webographie

[7] <http://www.lear.com>. (29/02/2016)

[8] http://vector.com/vi_cancase_xl_log_de.html. (09/05/2016)

[9] <http://si.lycee-desfontaines.eu/spip.php?article137>. (09/05/2016)

[10] <http://claude.dreschel.free.fr/composants/max232.htm>. (13/05/2016)