



UNIVERSITE SIDI MOHAMMED BEN ABDELLAH

FACULTE DES SCIENCES ET
TECHNIQUES DE FES

Master Sciences et Techniques

Département Génie Industriel

Projet de Fin d'Etudes

Sujet :

Amélioration du rendement test de la zone micromodule et
performances des machines d'inspection visuelles AVI

Réalisé par :

Mr.Ennair Elghazi

Mr.Elghzizal Achraf

Dirigé par:

Prof. Bine Elouidane Hassane

Jury:

Année scolaire : 2012/2013

Sommaire

INTRODUCTION	1
Chapitre I	2
Présentation de STMicroelectronics et du cahier de charge	2
I.1 Présentation de STMicroelectronics.....	3
I.1.1 Historique.....	3
I.1.2 STMicroelectronics.....	3
a) Segments de marché.....	4
b) Infrastructure industrielle.....	4
c) Récompenses et certificats.....	5
I.1.3 ST Bouskoura 2000 BE.....	5
a) Site ST Bouskoura 2000.....	5
b) Organisation de ST Bouskoura BE.....	5
I.2 Département Micro Modules.....	6
I.2.1 Organisation.....	6
I.2.2 Processus de fabrication de produit COCO.....	7
a) Assemblage.....	7
b) Test & Finish.....	10
I.3 Cahier de charge.....	12
I.3.1 Besoins exprimés.....	12
I.3.2 Planing de projet.....	13
Chapitre II	14
Analyse de l'existant et proposition des actions	14
II.1 Analyse de la problématique.....	15
II.1.1 Introduction au produit COCO.....	15
II.1.2 Introduction au produit Smart Card D6.....	16
II.2 Analyse de l'existant.....	17
II.2.1 Liste de défauts.....	17

II.2.2 Pareto des taux de rejets des lots processés durant le mois de Mars.....	17
a) Interprétation.....	18
b) Localisation de sources de défauts critiques.....	19
II.2.3 Analyse des rejets à l'étape de préparation.....	20
II.2.4 Analyse des rejets au niveau de la machine AVI.....	21
a) Résultat suivi 1.....	22
b) Résultat suivi 2.....	23
II.2.5 Pareto des taux de rejets des lots D6 processés durant le mois de Mars.....	27
a) Localisation des sources des défauts critiques.....	28
b) Comparaison entre les deux AVI 4 et 5.....	28
Chapitre III	32
Calcul de gain	32
III.1 Détails des actions faites sur le produit COCO.....	33
III.1.1 Action 1 : Ajustement des caméras.....	33
III.1.2 Action 2 : Reprogrammation/Intégration des limites de la spécification.....	35
III.1.3 Action 3 : Mise en place d'une procédure de nettoyage des AVI (7 et 8).....	35
III.1.4 Action 4 : Modification des limites de détection de l'enfoncement.....	36
III.1.5 Action 5 : Ajustement de la roue d'indexage de la machine potting.....	36
III.2 Détails des actions faites sur le produit D6.....	37
III.2.1 Action 1 : Implantation de nouveau programme d'inspection.....	37
III.2.2 Action 2 : Ajustement des limites de détection d'excès de résine (Flash).....	40
III.2.3 Action 3 : Mise en place d'une procédure de nettoyage des AVI (4 et 5).....	40
III.3 Calcul de gain.....	41
III.3.1 Gain produit COCO.....	41
III.3.2 Gain produit D6.....	42
III.4 Calcul de gain économique.....	44
Conclusion	45
Annexe.....	46

Liste des figures :

<i>Figure I.1.a Distribution des segments de marché</i>	<i>4</i>
<i>Figure I.1.3.b Organisation de ST Bouskoura.....</i>	<i>5</i>
<i>Figure I.2.1 Organisation du département Micro Module</i>	<i>6</i>
<i>Figure I.2.2.a Montage des wafers.....</i>	<i>7</i>
<i>Figure I.2.2.a2 Opération de die Bonding.....</i>	<i>8</i>
<i>Figure I.2.2.a3 Plan de montage du produit COCO.....</i>	<i>8</i>
<i>Figure I.2.2.a4 Opération de Wire Bonding.....</i>	<i>8</i>
<i>Figure I.2.2.a5 Die enrobée par la résine : produit COCO.....</i>	<i>9</i>
<i>Figure I.2.2.a6 Opération de Potting.....</i>	<i>10</i>
<i>Figure I.2.2.b1 Inspection automatique visuelle.....</i>	<i>11</i>
<i>Figure I.3.2 Planing du projet.....</i>	<i>13</i>
<i>Figure II.1.1 Les contacts du produit COCO.....</i>	<i>15</i>
<i>Figure II.1.2 Les contacts des Smart Card.....</i>	<i>16</i>
<i>Figure II.2.2.a Excès de résine.....</i>	<i>19</i>
<i>Figure II.2.4.b Why Why Analysis.....</i>	<i>25</i>
<i>Figure II.2.4.b5 Plan d'action COCO.....</i>	<i>26</i>
<i>Figure II.2.4.b6 Why Why Analysis.....</i>	<i>30</i>
<i>Figure II.2.4.b7 Plan d'action D6.....</i>	<i>31</i>
<i>Figure III.1.1.a1 Rejet de désalignement du film.....</i>	<i>33</i>
<i>Figure III.1.1.a2 Modification de l'ondulation du film.....</i>	<i>33</i>
<i>Figure III.1.4 Mesures des paramètres du programme.....</i>	<i>36</i>
<i>Figure III.1.5 Roue d'indexage.....</i>	<i>36</i>
<i>Figure III.2.2 Modification de l'excès de résine.....</i>	<i>40</i>

Liste des tableaux :

Tableau II.2.1 Liste des défauts.....	17
Tableau III.2.1 Actions faites sur D6.....	37
Tableau III.4 Récapitulation de gain total.....	40

Liste des graphes :

Graphe II.2.2 Liste des défauts du mois de Mars.....	18
Graphe II.2.3 Analyse des débordements à l'étape de préparation.....	20
Graphe II.2.4 Taux de rejets AVI.....	21
Graphe II.2.4.a1 Suivi 1 par échantillon.....	22
Graphe II.2.4.a2 Suivi 1 par voie.....	22
Graphe II.2.4.b1 Suivi 2 par échantillon.....	23
Graphe II.2.4.b2 Suivi 2 par voie.....	23
Graphe II.2.4.b3 Pareto des rejets de la caméra Resin Check.....	24
Graphe II.2.3 Pareto des rejets du mois de Mars.....	27
Graphe II.2.3.b4 Pareto de comparaison AVI 4 et 5.....	28
Graphe III.1.1.a3 Résultat du suivi de modification de désalignement film.....	34
Graphe III.3.1.a Evolution des rejets produit COCO.....	41
Graphe III.3.1.b Evolution du rendement.....	42
Graphe III.3.2.a Evolution des rejets produit D6.....	42
Graphe III.3.2.b Evolution du rendement produit D6.....	43
Graphe III.4.1 Evolution des dépenses économiques.....	44

Résumé

Dans le cadre de la minimisation des coûts de production, Les managers du département MICRO MODULE nous ont proposé le sujet d'amélioration du rendement. Celui-ci est impacté par les différentes défaillances, anomalies et interventions humaines sur le processus de fabrication.

Ces différents aléas donnent naissances à des défauts fonctionnels qui altèrent le fonctionnement électrique de ces produits, mais aussi des défauts cosmétiques comme des rayures, des tâches, des débordements ou des déformations qui sont refusées par les clients.

Ainsi, Il a fallu maîtriser le processus de fabrication, soulever les problèmes fréquents et localiser les étapes critiques qui génèrent ces défauts cosmétiques.

D'autre part, lorsque ces cartes à puces sont fabriquées, Ils subissent une inspection automatique visuelle comme dernière étape de *l'engineering test and finishing* afin de rejeter les pièces jugées hors spécification de qualité. Cette étape est réalisée par les machines AVI, à travers lesquelles défilent les bandes de produit COCO et smart cards pour subir des prises d'images sous plusieurs couches et angles de lumières afin de détecter les défauts par traitement d'image.

La problématique réside dans le fait que ces machines rejettent des pièces bonnes ou acceptent des pièces défectueuses qui sont par la suite bloquées par le contrôle de qualité final. Donc une étude des paramètres et critères de rejets des pièces et leur ajustement s'est avérée nécessaire afin de minimiser les pertes dues aux rejets de pièces bonnes, et le temps perdu à traiter les lots à pièces défectueuses refusées par le contrôle de qualité.

Remerciements

Nous présentons nos vifs remerciements à notre encadrant à l’FSTF Monsieur Bine Elouidane Hassane pour l’aide, les encouragements, les conseils et le soutien qu’il nous a apporté dans ce travail.

Nous exprimons vivement notre gratitude à nos professeurs du département Génie Industriel pour le plaisir qu’ils nous ont donné à travers leurs cours et le savoir qu’ils nous ont enseigné. Nous remercions aussi Monsieur xxxxxxxxxxxx ET Monsieur xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx qui ont accepté de juger notre travail, et pour le soin qu’ils ont apporté à l’examen de ce document.

Nous remercions Mr.KHALKHAL Abdelaziz, Manager du département Micro Module pour nous avoir accueillie dans son équipe, Mr.OMARI Abderrahim pour ses conseils pertinents, pour les remarques utiles qu’il nous a apportés au cours de ce projet, pour nous avoir sérieusement impliquée dans l’équipe d’amélioration du rendement, et son expérience qui nous a permis de prendre le bon chemin.

Nous exprimons notre gratitude et nos vifs remerciements à notre encadrant Mr GHARIB Ahmed, Responsable de maintenance de la zone test pour son accompagnement dans toutes les étapes du projet, pour nous avoir fait son mieux pour nous faciliter l’accès à l’information, pour avoir veillé au bon déroulement du projet, et la formation industrielle qu’il a mis à notre disposition.

Nous exprimons notre reconnaissance auprès de toute personne dont l’intervention au cours de ce projet a favorisé son bon déroulement.



Dédicace

Nous dédions ce modeste travail :

A nos parents,

Qui ont fait tous leur possible pour pouvoir nous aider, pour leur encouragement et leur soutien durant notre formation.

A la famille Elghzizal et la famille Ennair,

Qui nous ont donné la main d'aide durant toute la période de notre stage de fin de formation,

Au personnel de STMicroelectronics,

Qui n'ont pas hésité à nous former dans tous les domaines tels que la gestion de qualité, la base de la microélectronique et les techniques de management que ça soit en gestion de production ou en gestion de maintenance.

A tous nos amis.

Et à tous ceux qui nous aiment, et qui nous ont aidés de près ou de loin dans nos études.

Glossaire

AVI	<i>Automatic Visual Inspection</i>
CQF	<i>Contrôle de Qualité Final</i>
EMAS	<i>Eco Management and Audit Scheme</i>
GV	<i>Grey Value</i>
IC	<i>Integrated Circuits</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MM	<i>Micro Modules</i>
MTD	<i>Month to date</i>
NRS	<i>New Revolution System</i>
OHSAS	<i>British Standard Occupational Health and Safety Assessment Series</i>
PPM	<i>Pièces Par Million</i>
Q	<i>Quarter</i>
RF	<i>Radio Frequency</i>
RFU	<i>Reserved for Further Use</i>
RPN	<i>Risk Priority Number</i>
SA	<i>Stand Alone</i>
SIO	<i>Serial Input Output connector</i>
Spec	<i>Spécification</i>
T	<i>Track</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TQM	<i>Total Quality Management</i>
VM	<i>Visual Mechanical</i>
Se	<i>Semaine</i>
Scrap	<i>Rejets</i>

Lexique

<i>Bande d'amorce</i>	bande de puces qui se trouve au début de chaque lot pour les essais.
<i>Intercalaire</i>	Bande noire entourée avec le film pour séparer les couches de pièces.
<i>Module</i>	Pièce
<i>Over rejects</i>	Faux rejets.
<i>Punch</i>	Un trou estampé fait par la machine sur les modules défailants aux normes.
<i>Rework</i>	Traitement répétitif des lots refusés par le contrôle de qualité final.
<i>Scrap</i>	Rejet
<i>Tape</i>	Bande de puces.
<i>Wafers</i>	Disque de <i>dies</i> connectées entre elles.

INTRODUCTION

Le marché international des semi-conducteurs nourrit divers domaines notamment l'automobile, les communications, la mécanique et l'aéronautique...

Il évolue selon leur évolution et innove selon leurs besoins. Ce marché est sujet à une grande concurrence mondiale créée par des entreprises de grande réputation et fiabilité. STMicroelectronics faisant une partie prenante de ces entreprises opte pour la qualité supérieure de ses produits et une grande interaction avec ses clients pour répondre à ses exigences. Ainsi, une gestion maîtrisée de la production et la maintenance, et l'amélioration du rendement pour élimination des pertes et diminution des coûts ont constitué la démarche d'excellence durable à STMicroelectronics.

Dans ce cadre, Le département Micro Module de ST Bouskoura Back End travaille sur l'amélioration de son rendement notamment celui des produits COCO et les produits moulés smart cards qui sont régis par des exigences client sévères. L'amélioration du rendement concerne les différentes phases d'assemblage, de moulage et du test des produits, ainsi que la dernière étape avant le contrôle de qualité final, celle de l'inspection automatique visuelle.

Le traitement au niveau de l'inspection automatique visuelle étant compliqué, Il fut nécessaire de mettre en évidence les différents paramètres qui impactent le rejet des pièces afin de les optimiser, d'éviter les pertes de pièces et d'améliorer la rentabilité dans le cadre d'une production sans pertes en quantité juste au temps juste.

Ainsi, le présent rapport contient en premier chapitre la présentation de STMicroelectronics, de ses produits et de la zone Micro module. Le deuxième chapitre concernera l'analyse de la problématique. En troisième chapitre, nous présenterons le sujet d'amélioration en terme de gain des action appliquées durant notre période de stage.

Chapitre 1 :

Présentation de STMicroelectronics et du cahier de charge.

Dans ce chapitre, nous présenterons d'abord STMicroelectronics, ses départements, et son portefeuille de produits. Ensuite nous aborderons le cahier de charge du projet et son planning.

I.1 Présentation de STMicroelectronics

1.1.1 Historique

Créée en 1952 par la compagnie générale de télégraphie sans fil, la société de fabrication radioélectrique marocaine est devenue filiale de THOMSON CSF et a vu ses activités se diversifier. Ce n'est qu'en 1974 que la fabrication de semi-conducteurs est lancée et elle n'a cessé de progresser jusqu'à devenir la seule activité de l'usine vers la fin des années 80. Ci-après une liste des années qui ont marqué l'histoire de STMicroelectronics au MAROC :

Juin 1987 : Une fusion de THOMSON Semi-conducteurs (France) et SGS MICROELECTRONICA (Italie) a eu lieu.

Janvier 1989 : La SFRM a changé de nom pour devenir SGS-THOMSON Microelectronics S.A Maroc.

Une nouvelle usine à BOUSKOURA fut inaugurée, SGS -THOMSON S.A Maroc est devenu l'un des sites les plus importants du groupe à l'échelle mondiale.

Décembre 1994 : La société entre en bourse, cotée simultanément sur les marchés de Paris, Milan et New York.

Mai 1998 : Le nom de la société a changé pour devenir STMicroelectronics, et la création d'un deuxième site à Bouskoura avec un investissement planifié sur 5 ans de 250 à 300 millions de dollars.

2000 : Démarrage de la production à BOUSKOURA 2000. Les trois usines se sont fusionnées et ont pris place à celle-ci.

1.1.2 STMicroelectronics

Raison sociale : STMicroelectronics.

Statut : SA

Effectif : 53 000 personnes

Chiffre d'affaire : 10.35 milliards de Dollars en 2010.

Produits : mémoires, micromodules, circuits logiques et analogiques..

Clients principaux : Philips, Panasonic, Samsung, Siemens, IBM, Nokia, Motorola...

a) **Segments de marché :**

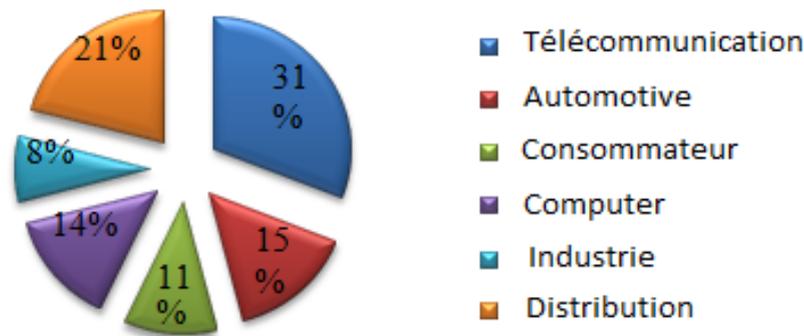


Figure I. 1.a : Distribution des segments de marché

ST occupe la première place mondiale dans la production et les ventes des:

- Semi-conducteurs pour applications industrielles et les têtes d'impression à jet d'encre qu'elle fabrique pour HP.
- Microsystèmes électromécaniques (MEMS) pour produits portables et grand public.
- Décodeurs MPEG et les circuits intégrés pour cartes à puce.
- Circuits intégrés automobiles, les périphériques informatiques et les produits sans fil de ST-Ericsson.

b) **Infrastructure industrielle :**

En matière d'infrastructure industrielle STMicroelectronics s'est positionné un peu partout dans le monde: France, Italie, Singapour, Inde, Etats unis et Maroc. Totalisant globalement les chiffres suivants :

- 53000 employés.
- 13 sites de production principaux.
- 16 centres de recherche & développement avancés.
- 39 centres de conception et d'applications.
- 78 bureaux de vente directe dans 36 pays.

STMicroelectronics s'organise en deux divisions: Une division Front-End (FE) qui assure le développement et la conception, et une division Back -End (BE) qui se charge de l'assemblage et la fabrication des composants électroniques.

c) Récompenses et certificats

STMicroelectronics a reçu plus de 100 prix et récompenses à l'échelle mondiale:

- ✓ Trophée de la qualité décerné par le Premier ministre de Malaisie, Trophée de la qualité de Malte et Trophée Européen de la qualité.
- ✓ Trophée 1999 de la Qualité de Singapour pour l'Excellence Professionnelle.
- ✓ Le Trophée National US de la qualité « Malcom BALDRIGE » en 1999. Cette récompense est la plus haute distinction nationale qu'une entreprise américaine puisse obtenir dans le domaine de la qualité.
- ✓ En Février 2000, les activités de ST au Maroc ont reçu le Trophée National Marocain de la qualité.
- ✓ Certifications de ST Bouskoura: ISO – OHSAS 18001– EMAS - ISO/TS16949 Version 2000 – QS 9000.

I.1.3 ST Bouskoura 2000 BE

a) Site ST BOUSKOURA 2000

Ce site est divisé en cinq zones (*Areas*) : NRS (*New Revolution System*), RF (*Radio Frequency*), SA (*Stand Alone*), MM (*Micro Modules*), et *Power IC*. La production est entièrement tournée vers l'export sur commande de clients (flux tiré).

- Capacité de production : 25 millions de circuits intégrés par jour.
- Salle blanche : 32000 m²
- Magasin : 4000 m².

b) Organisation de ST Bouskoura BE

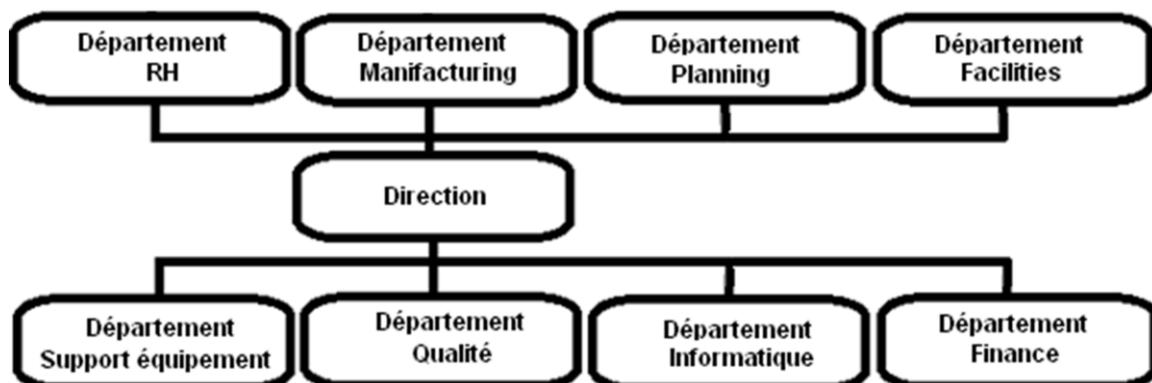


Figure I.1.3.b : Organisation de ST Bouskoura

Département *Planning*: Se charge des plannings de production, de l’approvisionnement, du stockage, de la réception et de la livraison des matières premières et des produits finis.

Département *Manufacturing*: A pour mission la gestion de toutes Les opérations de fabrication, de maintenance des équipements et de l’optimisation des rendements.

Département *Ressources Humaines* : Est le responsable du recrutement et de la formation.

Département *Central Engineering* : Son rôle est d’introduire et qualifier les nouveaux processus et nouveaux produits, d’optimiser les processus existants et de superviser les programmes de développement avec les divisions et le *central Back End*.

Département *Support Equipement* : Ce service se charge de la mise en place et la qualification des nouveaux équipements de production.

Département *Qualité* : A pour rôle principal de mettre en place un système qualité conforme aux normes internationales les plus sévères afin de satisfaire les clients.

Département *Finances* : S’occupe des achats et des contacts avec les fournisseurs.

Département *Informatique et Telecom*: S’occupe de la gestion des machines de traitement de l’information, leur installation et leur maintenance hardware et software. Il s’occupe aussi de tout ce qui est partie informatique dans les machines de production, et les outils de télécommunications.

Ces départements gèrent les différentes lignes et zones de production (NRS, MicroModules, Stand Alone...) qui sont dirigées par des managers de zones.

I.2 Département Micro Module

I.2.1 Organisation

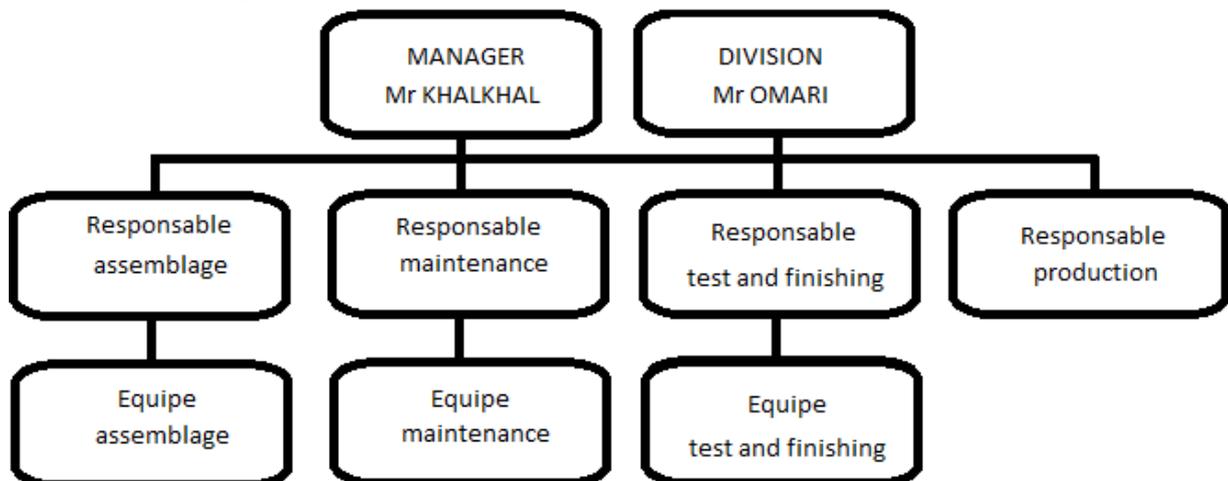


Figure I.2.1.a : Organisation du département Micro Module

I.2.2 Processus de fabrication des produits COCO.

a) Assemblage

Le principe de fabrication du produit COCO consiste en le collage du dies à circuits intégrés sur un substrat. Et ensuite souder les contacts de ce substrat avec les emplacements correspondants de la *die*. Les *dies* sont conçues à STMicroelectronics ROUSSET Front End puis sont envoyées à STMicroelectronics Bouskoura Back end pour fabrication et montage des puces. La *die* est le cœur de la carte à puce, elle peut être une mémoire, un microcontrôleur ou un microprocesseur.

- *Wafer Mounting*

Le wafer est un disque sur lequel sont collées les dies. L'atelier est alimenté en lots de *wafers* par le magasin. Les *wafers* sains sont placés dans des cassettes, qui sont mises par la suite dans la machine de Collage. Celle-ci se charge de coller chaque wafer sur un ruban adhésif bleu d'épaisseur 70 μm , maintenu par un anneau métallique (*Ring*) afin d'assurer que les puces sont bien maintenues.

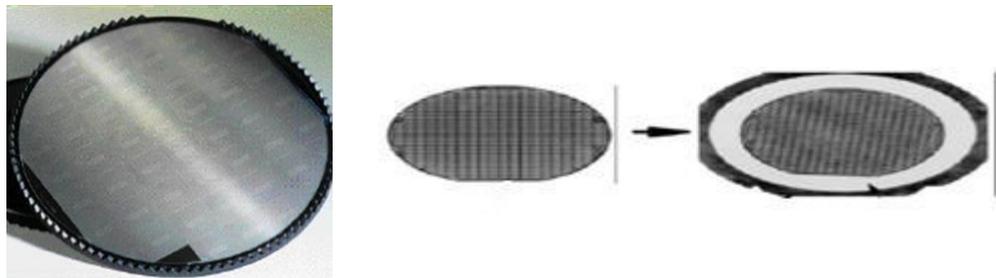


Figure I.2.2.a1 : Montage des wafers

- *Wafer Sawing*

C'est une opération de sciage par un outil de diamant (*Blade*), qui consiste à séparer les puces les unes des autres. Cette opération est suivie d'un contrôle des puces.

- *Die bonding*

Le terme Die bonding désigne l'application de puces sur une bande à modules IC (substrat). Les puces sont le plus souvent fixées à l'aide de colle sur la face arrière de la bande. La position exacte de prise de la puce sur le wafer est vérifiée par les systèmes de vision.

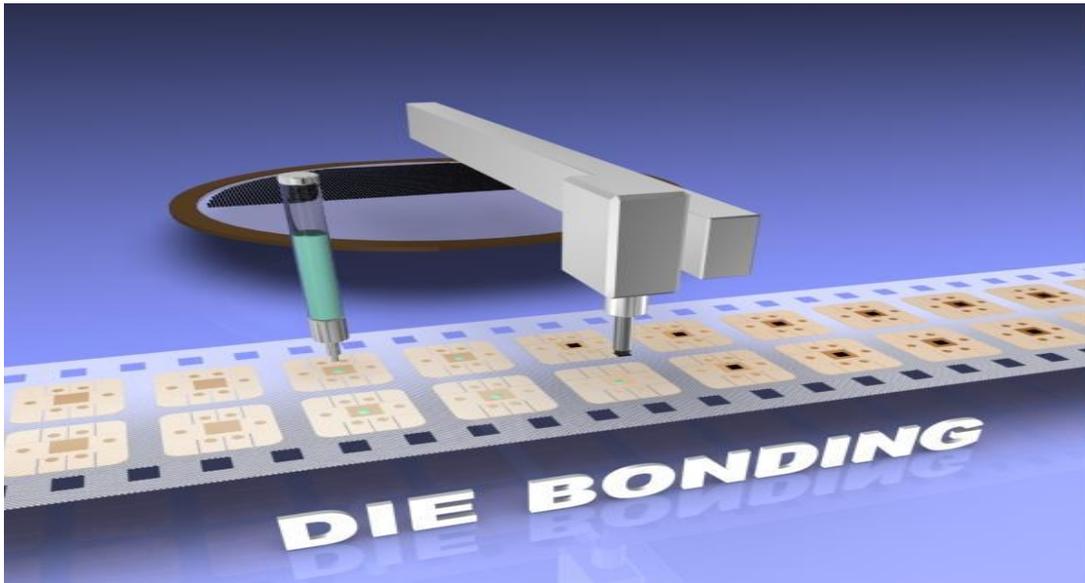


Figure I.2.2.a2. Opération de die bonding

- *Wire Bonding*

À l'aide de fils en or d'environ 25 microns, les points de contact de la puce sont connectés électriquement aux points de contact de la bande. Pendant la procédure de soudage thermosonique, les fils sont fixés sur les points de contact.

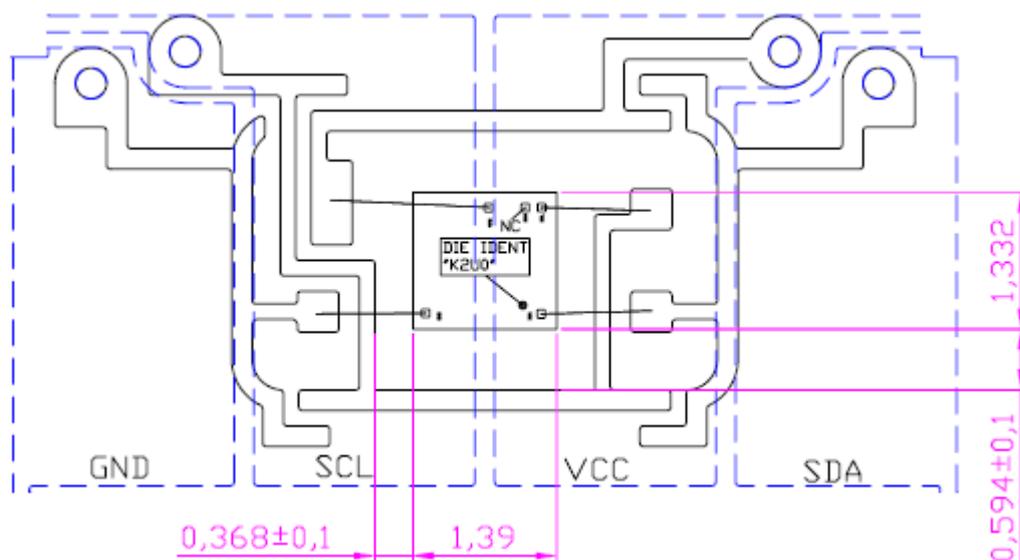


Figure I.2.2.a3. Plan de montage du produit *COCO*

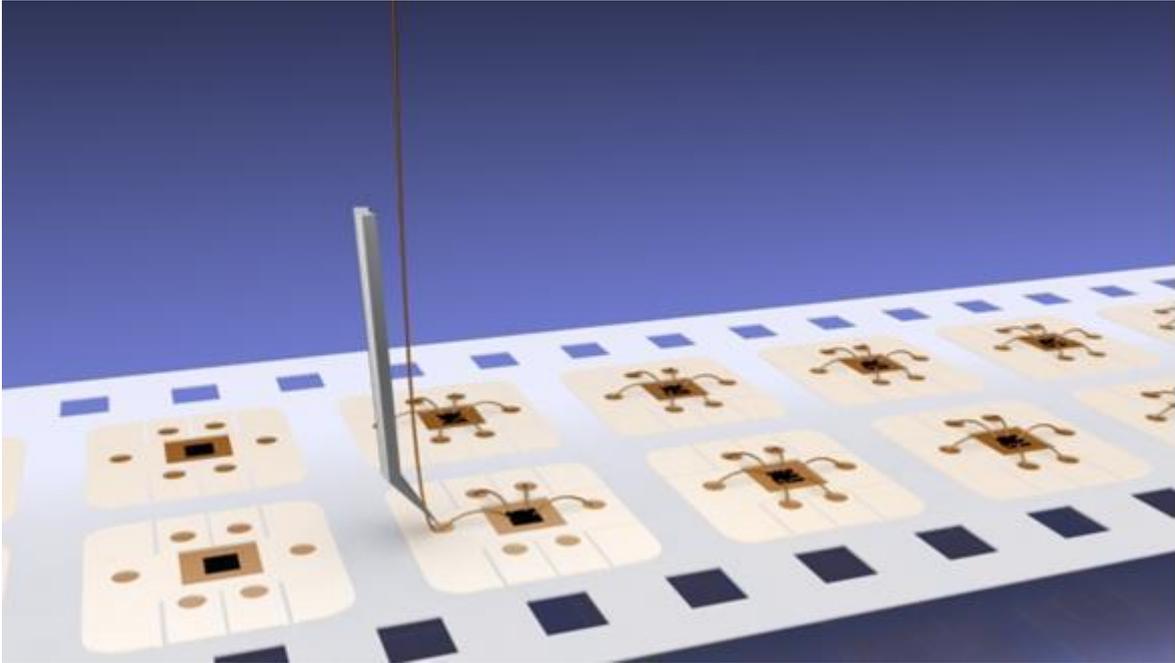


Figure I.2.2.a4. Opération de *wire bonding*

- *Potting*

Acheminées de la station *wire bonding*, le film subit une opération de moulage qui consiste à enrober la die par la résine afin de conférer aux pièces une protection contre le milieu extérieur et permettre une manipulation des puces sans qu'elles soient détériorées.

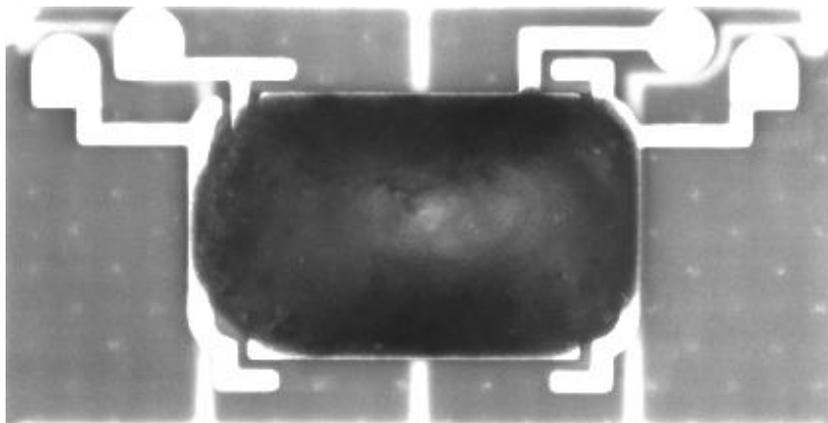


Figure I.2.2.a5. Die *enrobée par la résine* : Produit COCO

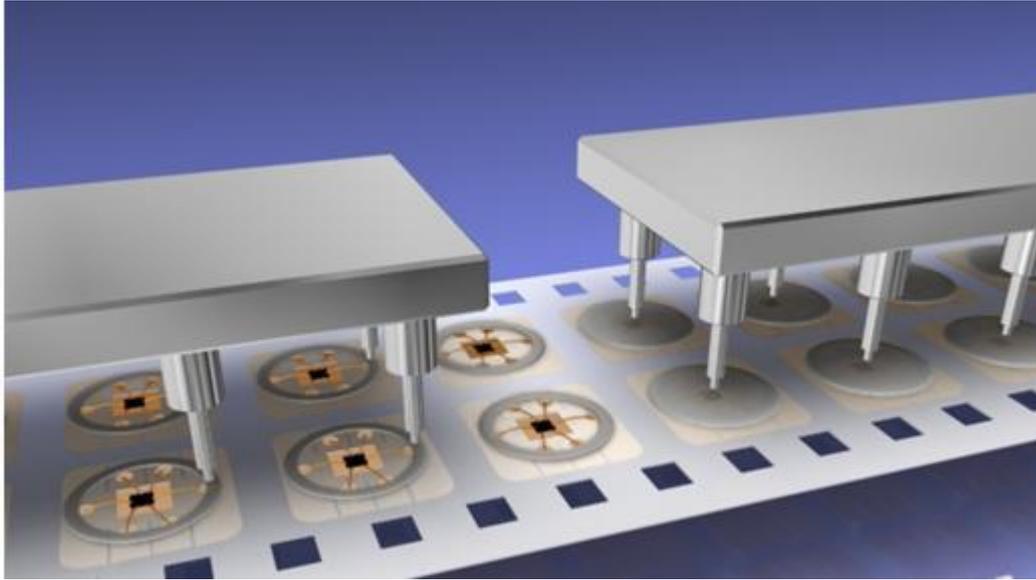


Figure I.2.2.a6. Opération de Potting

b) Test & finishing

Préparation :

- Changement de bobine :

La bande de *COCO* est déroulée des bobines métalliques et enroulée dans des bobines en plastique.

- Table de VM (visual mechanical):

Dans cette étape les opératrices:

- Enlèvent les bandes d'amorce et les remplacent par des bandes d'amorce grises.
- Enlèvent les raccords (assemblage & fournisseur) et mettent des nouveaux raccords.

- A.V.I (Automatic visual Inspection):

A cette étape se fait la visualisation des modules par un traitement d'image, pour chercher des défauts visuels sur la face contact et la face résine du module. La bonne détection et la minimisation des rejets de cette inspection fut la partie essentielle de ce projet. Les machines responsables de cette inspection sont les TI2270. Il existe 2 machines : AVI 7 et AVI 8 pour COCO et AVI 4 et 5 pour D6.

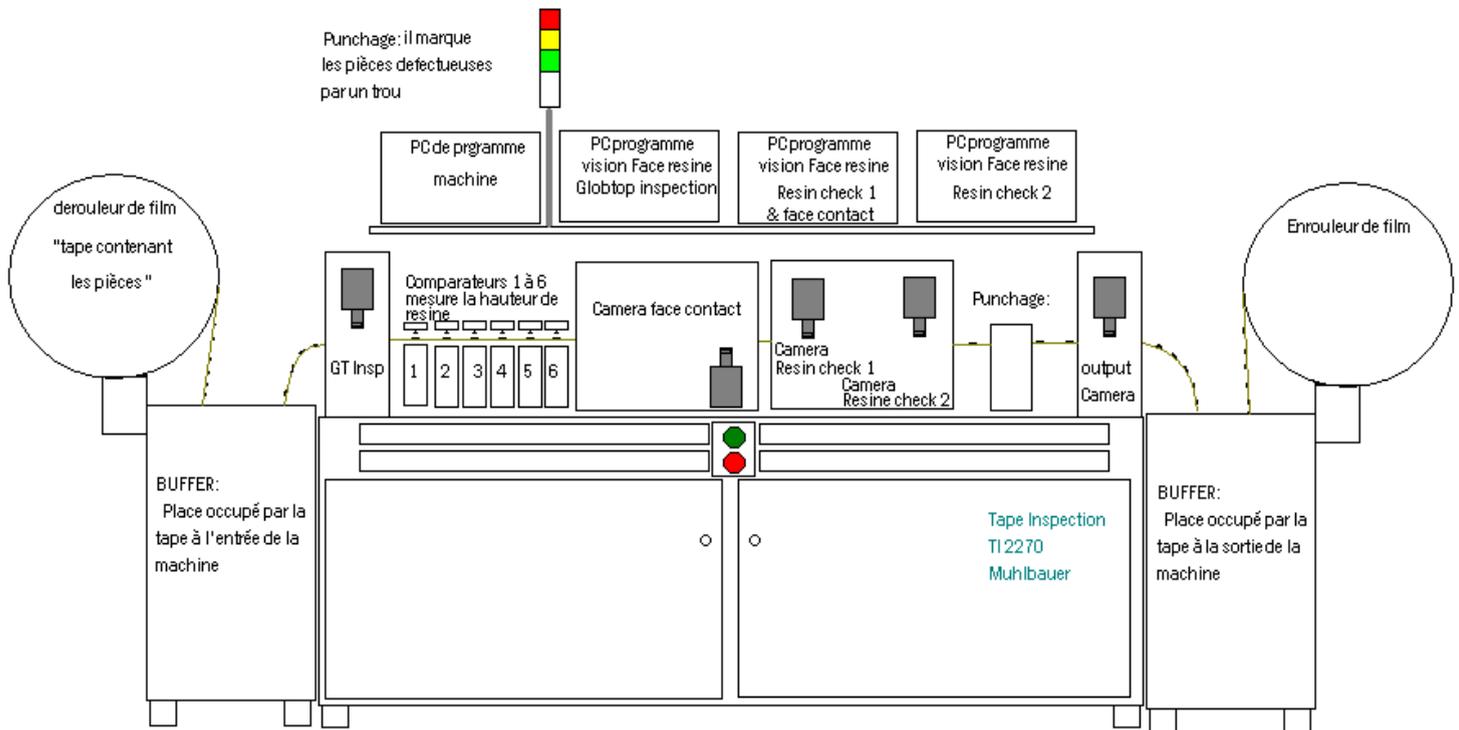


Figure I.2.2.b1. Inspection automatique visuelle

- Tri visuel :

Dans cette étape les opératrices vérifient les défauts échappés de la machine et enlèvent les rejets consécutifs.

- Test électrique :

La tâche principale de cette étape est de tester électriquement la connexion des fils aux modules, tester les paramètres du module et tester le fonctionnement de la *die*.

- Control final de qualité (CQF):

Le CQF est la dernière étape avant l'emballage et l'expédition vers les clients. Les pièces sont contrôlées une deuxième fois visuellement, pour s'assurer de leur conformité.

I.3 Cahier de charges :

Ayant toujours le souci de développer son activité et d'améliorer sa productivité, STMicroelectronics établit des partenariats avec ses fournisseurs pour pouvoir créer des machines adéquates au processus dans le cadre de son automatisation. Ainsi, après de longues études et recherches, MUHLABAUER a livré en Octobre 2011 les AVI qui, effectuent l'inspection automatique visuelle. Cependant, Les paramètres de celle-ci ne satisfont toujours pas les critères de rejet spécifiés par le contrôle de qualité. Nous présentons ci- dessous un résumé du cahier de charges de notre mission.

I.3.1 Besoins exprimés :

La chute de rendement des produits COCO et *smart cards*, la génération accrue de défauts, les refus journaliers du contrôle de qualité, les *over rejects* et les défaillances des machines AVI responsables de l'inspection automatique visuelle ont créé le besoin d'approfondir et d'optimiser les paramètres de traitement à cette étape cruciale de l'engineering test and finishing,.

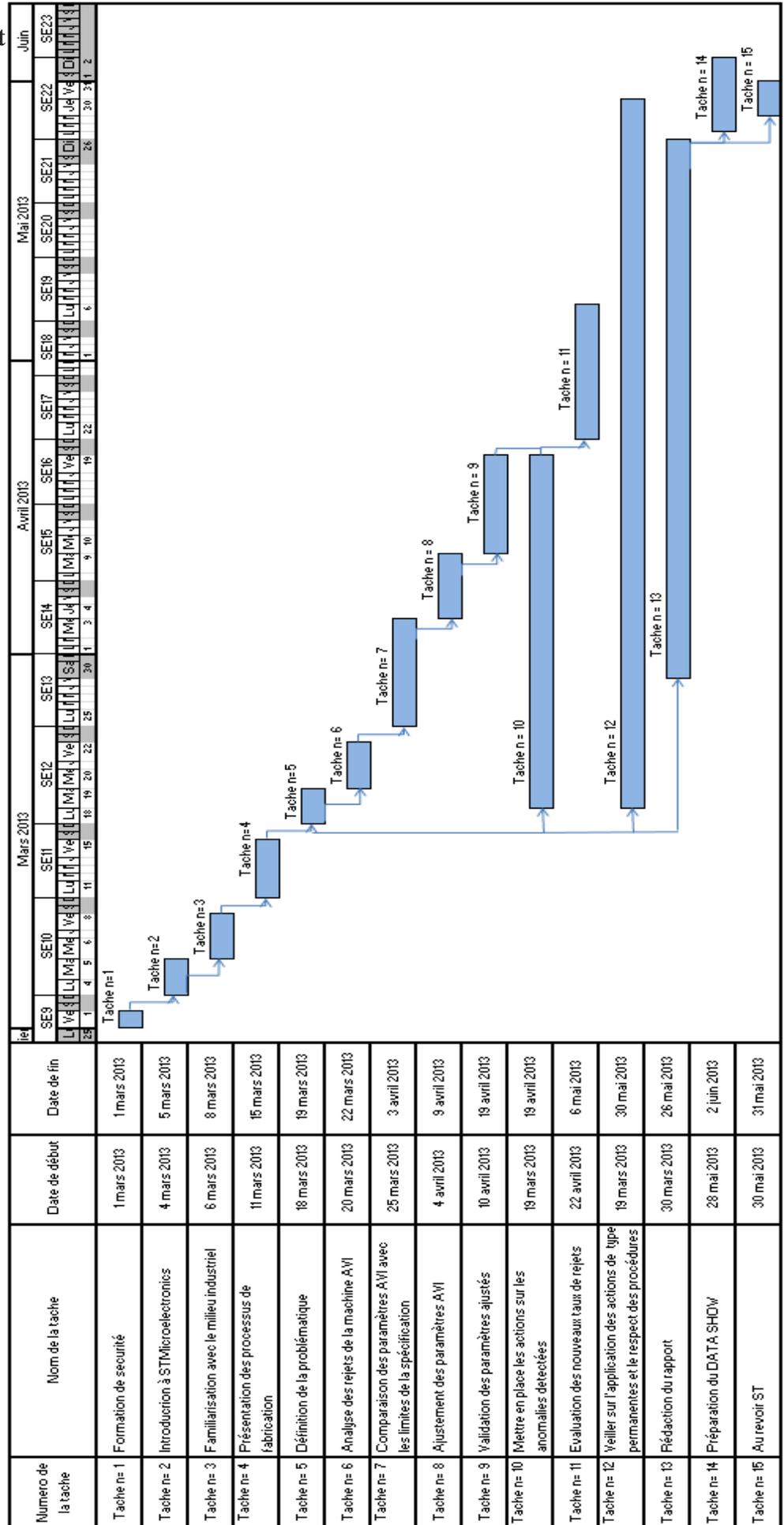
Les différentes tâches à accomplir sont résumées comme suit :

- Détermination des problèmes les plus critiques de la ligne.
- Elaboration d'un document de formation basique et claire sur les machines AVI responsables de l'inspection automatique visuelle.
- Mise en évidence des anomalies relatives à cette inspection.
- Amélioration des paramètres d'inspection.
- Elimination des *over rejects* → Amélioration du rendement.
- Correspondance entre les critères de qualité et les paramètres de rejet de l'inspection automatique visuelle.

I.3.2 Planning du projet

Au début du stage nous avons élaboré un planning à l'aide de la méthode GANT pour organiser le déroulement du projet. La page suivante contient description qui montre cet ordonnancement:

Figure I.3.2 Planning du projet



Chapitre 2

Analyse de l'existant et proposition des actions

Dans ce chapitre, nous présenterons dans un premier lieu une analyse de l'existant, puis nous allons mettre en évidence les solutions que nous avons proposées pour les problèmes auxquels elle mène.

II.1 Analyse de la problématique

II.1.1. Introduction au produit coco

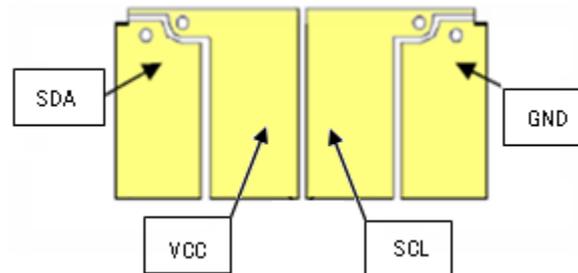


Figure II.1.1 Les contacts du produit COCO

- Vcc : est le potentiel d'alimentation qui munit la puce de puissance avec un courant de consommation maximal de 200mA.
- GND : est la tension du substrat ou de la masse par rapport à laquelle Vcc est mesurée.
- SDA : SDA (**S**ignal **D**Ata), est utilisé pour transmettre les données.
- SCL : SCL (**S**ignal **C**Lock) est utilisé pour transmettre un signal d'horloge synchrone (signal qui indique le rythme d'évolution de la ligne SDA).

Une puce particulière peut avoir plusieurs types de mémoires (ROM, PROM, EPROM, EEPROM, RAM).

II.1.2 Introduction aux *smart cards*

ISO utilise le terme « carte à circuit intégré » au lieu de celui de *smart cards* pour désigner tout circuit intégré contenu dans une carte. Les *smart cards* sont de deux types : avec contacts et sans contacts. Les cartes avec contact sont soit des mémoires, des logiques câblées ou des microprocesseurs. Le standard ISO 7816-2 définit huit contacts pour ces cartes. Cependant, seulement 6 contacts sont utilisés pour communiquer avec le monde extérieur.

Caractéristiques électriques des *smart cards* :

Les six contacts sont modélisés dans la figure suivante :

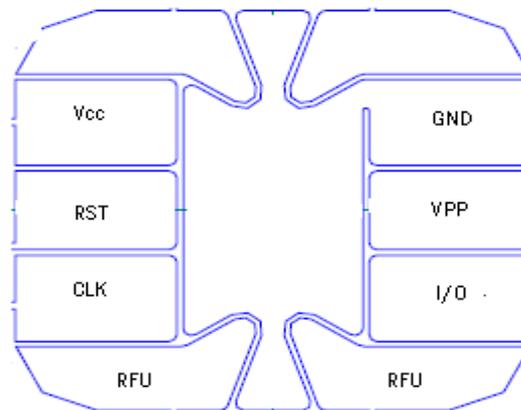


Figure II.1.2 : Contacts des smart cards

- Vcc : est le potentiel d'alimentation qui munit la puce de puissance avec un courant de consommation maximal de 200mA.
- GRD : est la tension du substrat ou de la masse par rapport à laquelle Vcc est mesurée.
- Reset : est le signal utilisé pour initialiser l'état du circuit intégré sous tension.
- CLK : est le signal qui cadence la logique du circuit intégré et qui est utilisé dans les communications à lien série. Les deux fréquences les plus utilisées sont 3.57 MHz et 4.92 MHz.
- Vpp : est utilisé pour le signal à haut potentiel nécessaire pour la programmation de la mémoire EPROM.
- I/O : C'est le connecteur série d'entrée sortie « *serial input/output connector (SIO)* ».
- RFU : Contacts réservés pour utilisation supplémentaire éventuelle.

Une puce particulière peut avoir plusieurs types de mémoires (ROM, PROM, EPROM, EEPROM, RAM).

II.2 Analyse de l'existant :

Nous avons fait un inventaire de tous les lots produites en mois de Mars afin de tracer un Pareto qui focalise les défauts les plus pertinents et qui apparus avec des taux élevés. L'entreprise utilise des codes pour définir ses défauts, ci-après une liste qui regroupe chaque défaut accompagné de son code et sa désignation :

II.2.1 Liste des défauts :

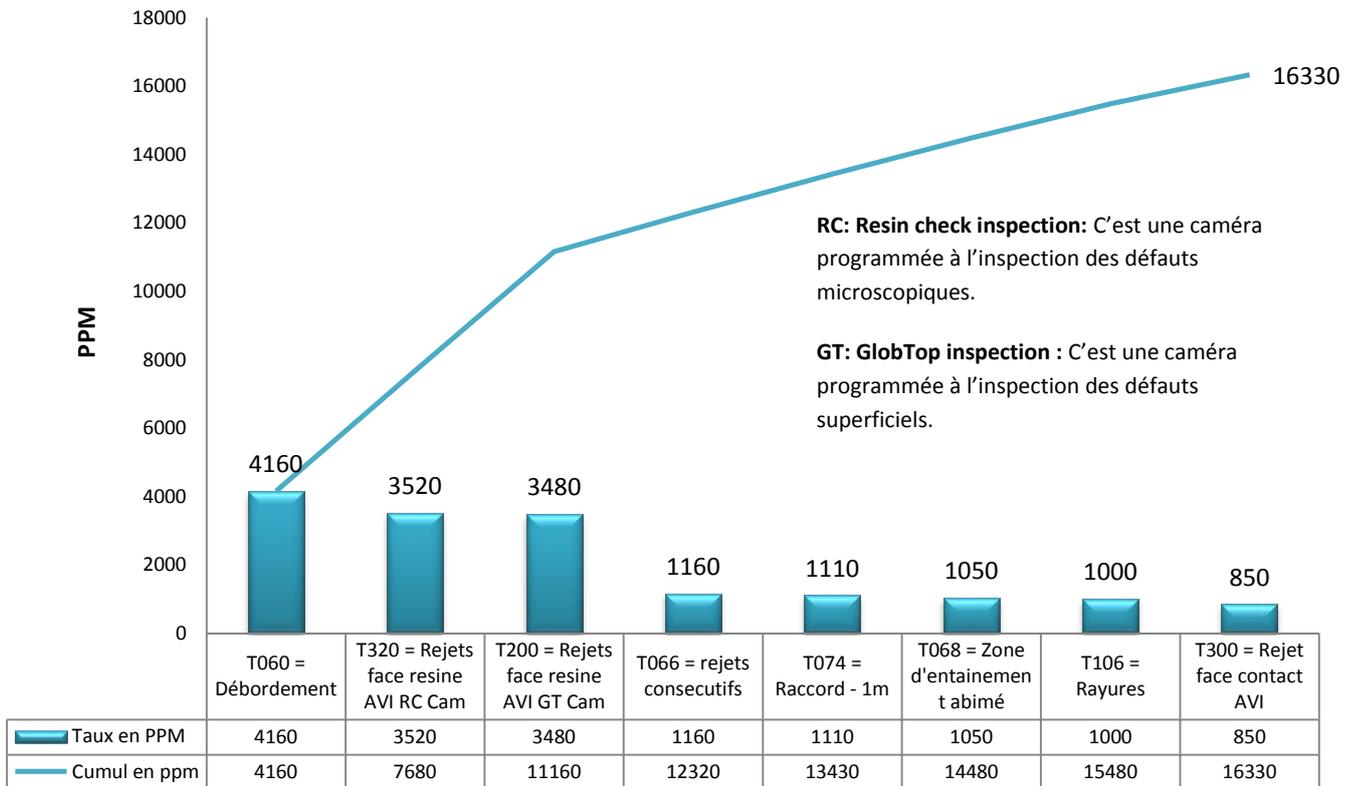
Code	Désignation
T004	Défaut de test électrique CC ou CO
T063	Décoloration film
T066	Rejets consécutifs
T067	Prélèvementt
T070	Pliure/cassure film
T072	Trou sur film
T078	Problème de décourcircuitage
T079	Ecart quantité
T087	Problème raccords
T106	Rayures
T107	Enfoncement
T300	Défauts contact AVI
T310	Tâches
T320	Rejet AVI face résine
T059	Trou de résine
T060	Débordement
T061	Fils Apparent
T065	Pbs film fournisseur
T304	Déformation film
T200	Manque de résine

Tableau II.2.1. Liste de défauts

II.2.2 Pareto des taux de rejets des lots COCO processés durant le mois de Mars :

Après le suivi de tous les lots produits durant le mois de Mars, on a essayé de les regrouper afin de déterminer tous les défauts par ordre de criticité et les causes correspondants pour savoir le taux de rejets et l'état du rendement du mois de Mars. Ci-après le Pareto d'analyse des lots produits durant ce mois :

Pareto des rejets produit COCO



Graphes II.2.2 : Pareto des rejets de mois de Mars

a) Interprétation :

Le Pareto montre que le débordement prend la première place avec un taux de 4160 PPM, suivi par les rejets de la face résine détectés par l'AVI (T320 et T200).

- Le T060 est un débordement rejeté au niveau de la préparation des lots, c'est quoi le débordement ?
- ➔ Le débordement est un défaut critique qui se manifeste par un excès de résine qui ne respecte pas les spécifications du client (spécification : 200µm hors anneau métallique) (Voir figure suivante).

La source de ce problème est dû à l'état de résine en terme de température, degré de polymérisation, ainsi aux différents paramètres de réglage de la machine tel que l'indexage qui se considère une source de décalage de résine autrement dit un débordement d'un côté et manque de l'autre. Il peut être aussi apparaît au niveau des fours de stabilisation de résine qui font partie de la machine potting (traitement thermique de la résine).

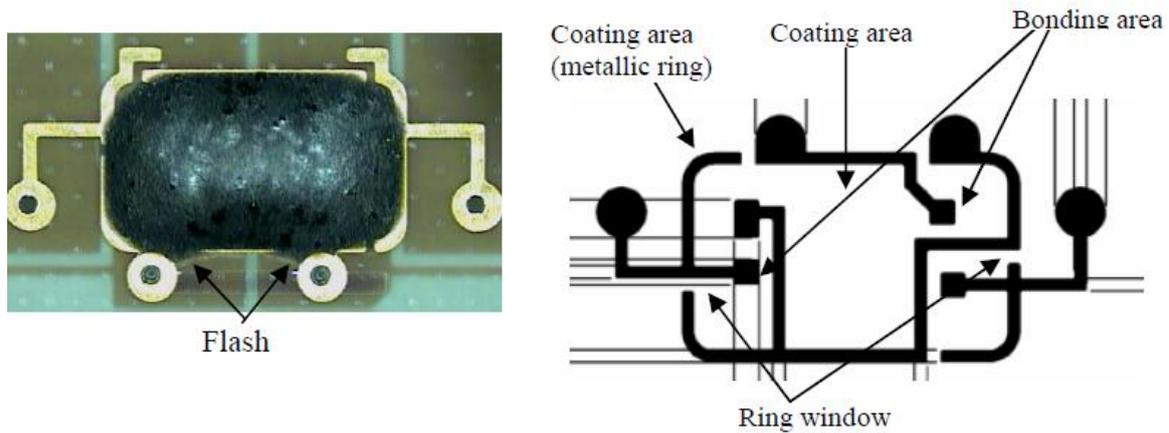


Figure II.2.2.a : Excès de résine.

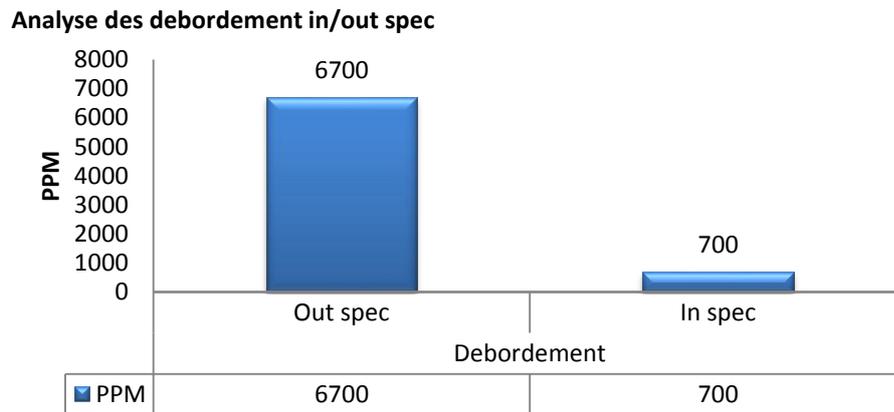
- Les T320 sont des rejets de la machine d'inspection visuelle. Il se subdivise en plusieurs d'autres rejets définie sur le diagramme de cheminement d'inspection de la camera face résine. Ces rejets sont :
 - Crack : fissure microscopique sur la résine.
 - Visible wire : Fil apparent à cause d'un mauvais enrobage de la résine.
 - Void : Trou de résine : est une déformation de l'état de surface de la résine.
- Les T200 sont aussi des rejets de la machine d'inspection visuelle automatique, ils englobent plusieurs défauts tel que :
 - Incomplet fill : Est un manque de résine dû aux plusieurs problèmes au niveau de la machine potting, à titre d'exemple : blocage de la tête d'injection, temps de purge de résine non respecté...etc.
 - Flash : Excès de résine qui dépasse certaines limites données par la spécification des clients.

b) Localisation des sources des défauts critiques :

Le Pareto précédent montre 3 taux énorme des rejets commençant par le débordement. Ces rejets sont souvent vrais. Ils sont causés au niveau de la machine potting, et nous devons les scrapés (rejetés). Mais, le problème qui gêne, c'est que parmi ces pièces considérées non conforme, il existe d'autres qui ont le même défaut (débordement) mais avec des limites qui entrent dans la spécification, ce sont les over rejects (rejet de pièces conforme) que nous devons éliminer.

Ce problème -de rejeter des pièces conforme- ne se manifeste pas seulement à l'étape de préparation (rejet T060) mais aussi à l'étape d'inspection automatique (machine AVI), qui rejette des pièces bonnes à cause de la sévérité de son programme, (les tolérances sont plus petites par rapport à la spécification → il s'agit de la sur qualité). Pour se faire, nous avons lancé des suivis et des analyses pour trouver le remède adéquat à ces problèmes.

II.2.3 Analyse des rejets à l'étape préparation :



Graphe II.2.3: analyse des débordement à l'etape de preparation

Interprétation :

A l'étape du contrôle visuelle manuelle, nous avons trouvé 7400 ppm dont 6700 sont des rejets confirmés et 700 ppm sont des faux rejets, parce qu'ils respectent les limites inscrit dans la spécification (200 μ m). Les mesures trouvées des pièces mesurées (in SPEC) sont:

Module 1 : Résine débordée de 190 μ m hors de l'anneau métallique.

Module 2 : Résine débordée de 185 μ m.

Module 3 : Résine débordée de 189 μ m.

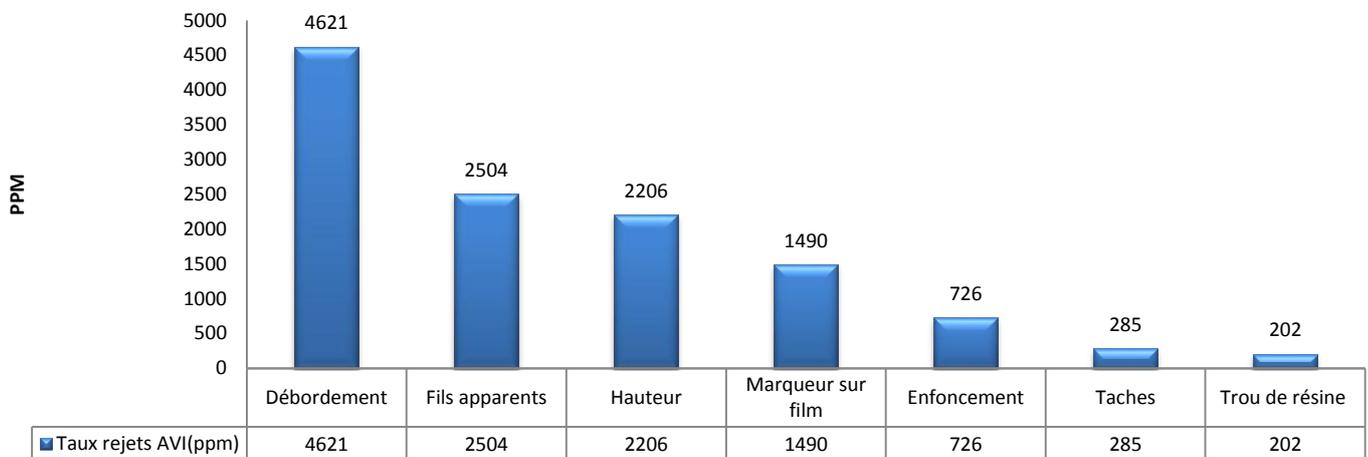
Ces 700 ppm sont des rejets conformes à gagner en terme de production et par conséquent à l'amélioration du rendement. Ils sont rejetés à cause de la difficulté de savoir s'il y a un débordement accepté ou non juste à l'œil nu des opératrices qui font l'opération du contrôle visuelle. Pour remédier, une formation été nécessaire pour les opératrices responsables de ces postes. Ainsi, nous avons reprogrammer la machine d'inspection visuelle à détecter ce type de rejets - à l'aide des prélèvements des pièces non conformes - dont le but est d'éliminer l'inspection de la face résine à l'étape contrôle visuelle manuelle et l'insérer d'une façon correcte et définitive au niveau de la machine d'inspection automatique (AVI).

Cela ne veut pas dire que nous avons abandonné les 6700 ppm, nous avons consulté la machine potting – responsable majeur de ce défaut – pour analyser quelques lots en production et localiser la source gênante afin de sortir avec un plan d’action à réaliser pour réduire le taux de ces rejets (Baisser les 6700ppm).

II.2.4 Analyse des rejets au niveau de la machine AVI.

En ce qui concerne les rejets au niveau de la machine d’inspection visuelle automatique, Il existe toujours des vrais et des faux rejets que nous devons réduire ou éliminer. A l’entrée de la machine, les pièces subissent une analyse des défauts (Manque et débordement) par une caméra qui s’appelle Globtop Inspection (Inspection de la face résine). Puis, il vient le contrôle de la face contact et la vérification de la face résine, s’il existe des fissures ou des fils apparents, sur cette dernière par une caméra qui utilise un système d’agrandissement très performant qui peut y aller jusqu’à une résolution de (6.43 ; 6.42 $\mu\text{m}/\text{Pix}$). Ces caméras génèrent un rapport qui porte tous les types des rejets. Ci-après un Pareto définissant ces défauts par taux en PPM (Pièce Par Million) :

Taux de rejets AVI(PPM)



Graphe II.2.4 : Taux de rejets AVI

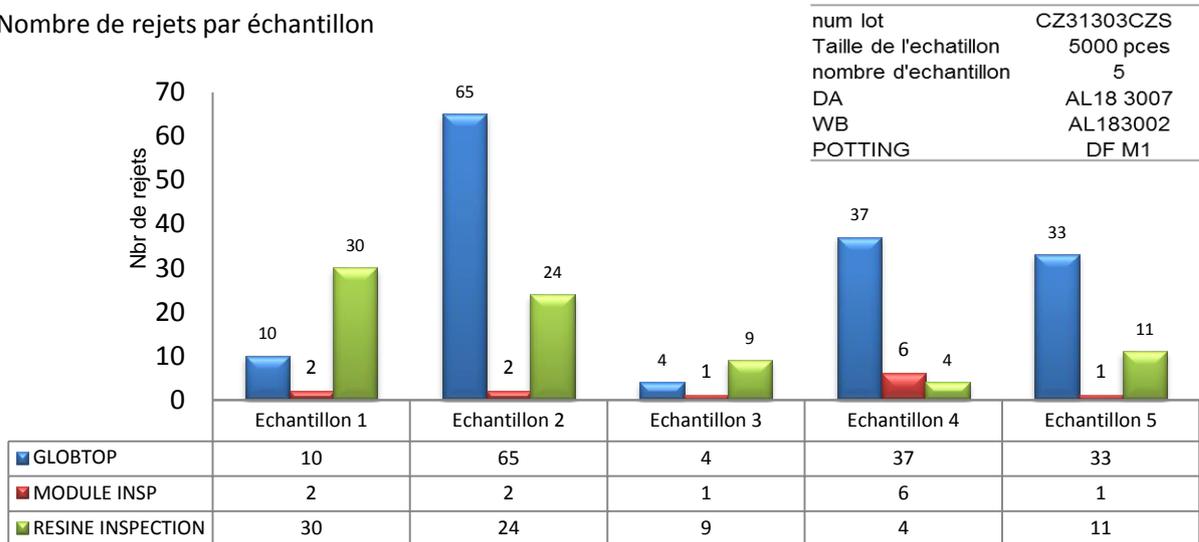
Interprétation :

Au niveau des machines AVI, le débordement prend la première place par un taux de 4621 ppm dont on trouve toujours les faux rejets. Les fils apparent prend la deuxième place par 2504 ppm, il se constitue de deux partie: la première qui porte sur les vrais défauts avec un faible pourcentage que nous devons rejeté, et une deuxième qui porte sur les faux rejets à cause de la poussière ou des corps étrangers volant qui se posent sur la résine et se manifeste comme des fils

apparents. L'objectif est d'éliminer ces rejets. Pour se faire, nous avons lancé des suivi pour voir une idée sur le comportement de la machine lors qu'elle détecte une pièce défectueuse, ci-après les résultats des suivis:

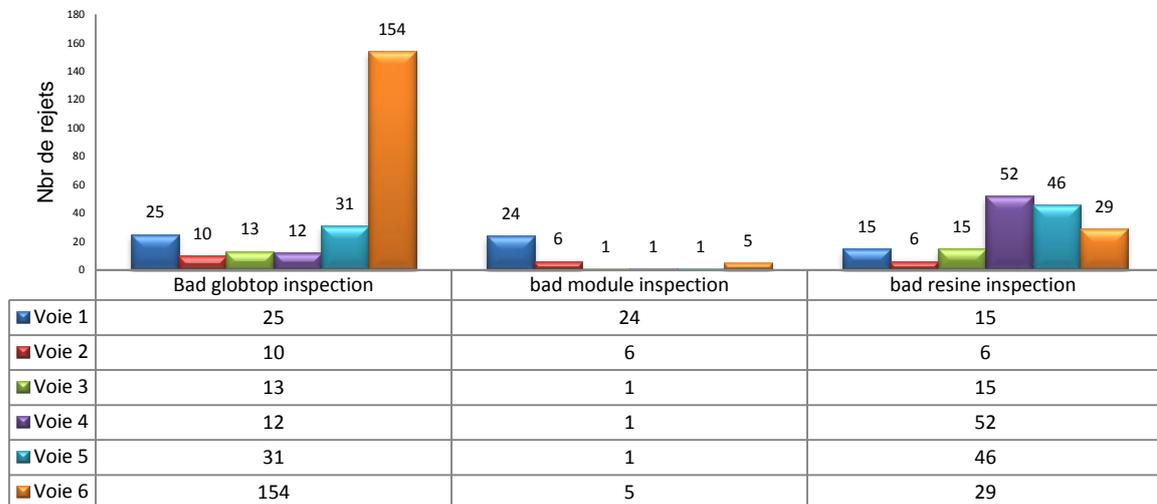
a) Résultat Suivi 1 :

Nombre de rejets par échantillon



Graphe II.2.4.a1 : Suivi 1 par échantillon

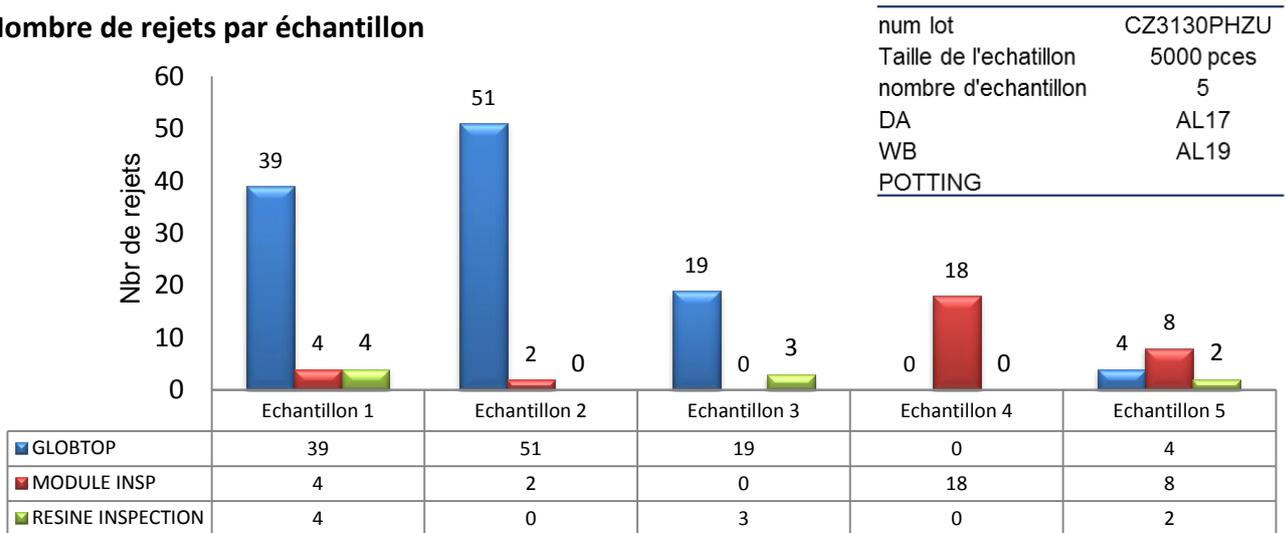
Rejets par voie



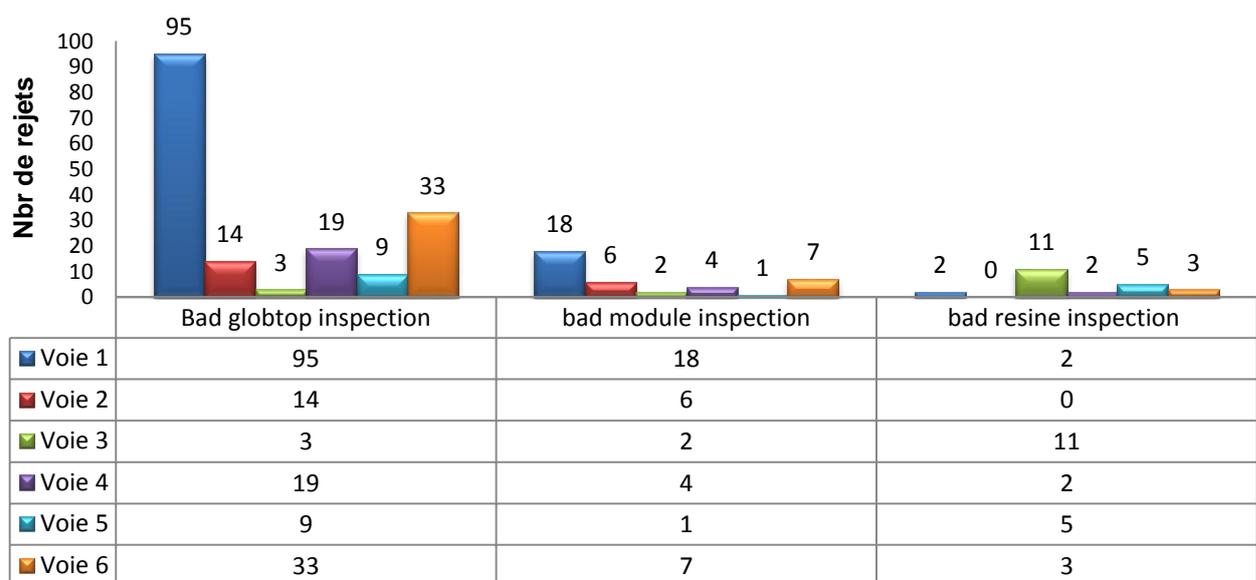
Graphe II.2.4.a2 : Suivi 1 par voie

Interprétation :

Les rejets détectés par la camera Globtop inspection sont reparties sur tout le lot, spécialement sur la 6eme voie.

b) Résultat suivi 2 :
Nombre de rejets par échantillon


Graphe II.2.4.b1 : Suivi 2 par échantillon

Rejets par voie


Graphe II.2.4.b2 : Suivi 2 par voie

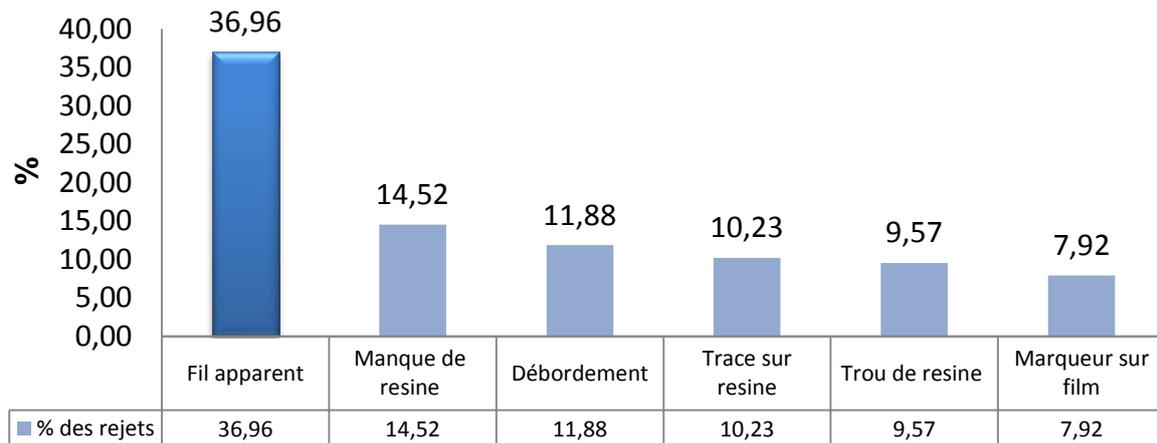
Interprétation :

Le nombre de rejets est important au niveau face résine surtout au début de lot « du 1er au 3eme échantillon », à cause des over rejets détectés. La source du problème est le désalignement du film lors de l'inspection du globtop.

Pour améliorer la qualité de notre travail, nous avons mené à traiter un ensemble d'images des pièces considérées défectueuses, enregistrées dans l'historique de la machine.

Une analyse est faite sur 300 images afin d'avoir la criticité des rejets par types. Le Pareto suivant décrit les types les plus critiques:

Pareto des Rejets RC « Resin check»



Graphe II.2.4.b3: Pareto des rejets de la camera Resin Check.

Interprétation :

- Les 37% présenté au sommet du fil apparent comporte des vrais rejets + les over reject (faux rejets) causé par la poussière.
- Le fait de souffler, au début de chaque lot, dans le boîtier de caméra aide à activer le mouvement des particules gênantes, et par conséquent on constate l'augmentation des rejets inattendus qui se manifeste comme des fils apparents..
- les photos analysées montrent que les 14.52% au niveau manque de résine sont des vrais rejets donc il faut les rejeter parce qu'ils ne répondent pas aux critères de la spécification.
 - Les traces de résine sont causés par le frottement entre le film et :
 - Comparateur : pour mesurer la hauteur de la résine au niveau de la machine potting.
 - Roue d'indexage : qui sert au transport du film au niveau de l'assemblage.

Ces problèmes nous ont poussé d'aller plus plus loin dans notre recherche, chose pour laquelle nous avons utilisé la méthode d'analyse des cinq pourquoi afin de regrouper les sources des défauts et sortir avec un plan d'action efficace. Ci-après le WWA des défauts critiques :

STMicroelectronics Bouskoura BE
 WHY WHY ANALYSIS REF:
 PACKAGE/OPERATION: COCO prd/AVI TEST
 AREA: TEST & FINISH
 EQUIPE : N/A
 PROCESS: COCO LINE
 AUTEURS: ENNAIR EL GHAZI
 ELGHZIZAL ACHRAF
 DATE: 27-AVR-2013

PHENOMENE	WHY1	WHY2	WHY3	WHY4	Vérification
REJETS FACE RESINE	DEBORDEMENT	Vrai rejets (Potting)	Problème d'indexage de tape (film)	Modification des parametres de la machine	OK
			Problème d'injection de résine	Zone d'entraînement abimée blocage tape	OK
			Fours de stabilisation de résine	température de résine polymérisation de résine blocage de la tête d'injection	NG
			Decalage au niveau vision	indication erronée des mesures de température Résistance chauffante qui dépasse les limites de température	OK
			Faux rejets (AVI)	problème d'indexage de tape	OK
				Zone d'entraînement abimée	NG
				mauvais raccord	NG
				Les intervalles d'inspection ont des limites très rapprochés	NG
				Mauvais emplacement des zones d'inspection au niveau vision	NG
				Mauvaise gestion des caméras d'inspection	NG
FILS APPARENT		Vrai rejets	Manque de fixation de film à la camera "Giobtop Inspection"		NG
			Manque de résine au niveau potting		OK
			excès de fils au niveau wire bonding (soudage des connexions)		OK
			poussières qui se trouve dans les boîtiers des caméras d'inspection		NG
MANQUE DE RESINE		Faux rejets	Bavures de la tape (film de produit)	Frottement du film avec les rails de la machine Debrilles causé par le puncheur	NG
			Potting	blocage de la tête d'injection température de résine polymérisation de résine problème au niveau des cellules	NG

Figure II.2.4.b4: Why Why Analysis

Ci-dessous le plan d'action qui correspond aux problèmes du WWA précédent :

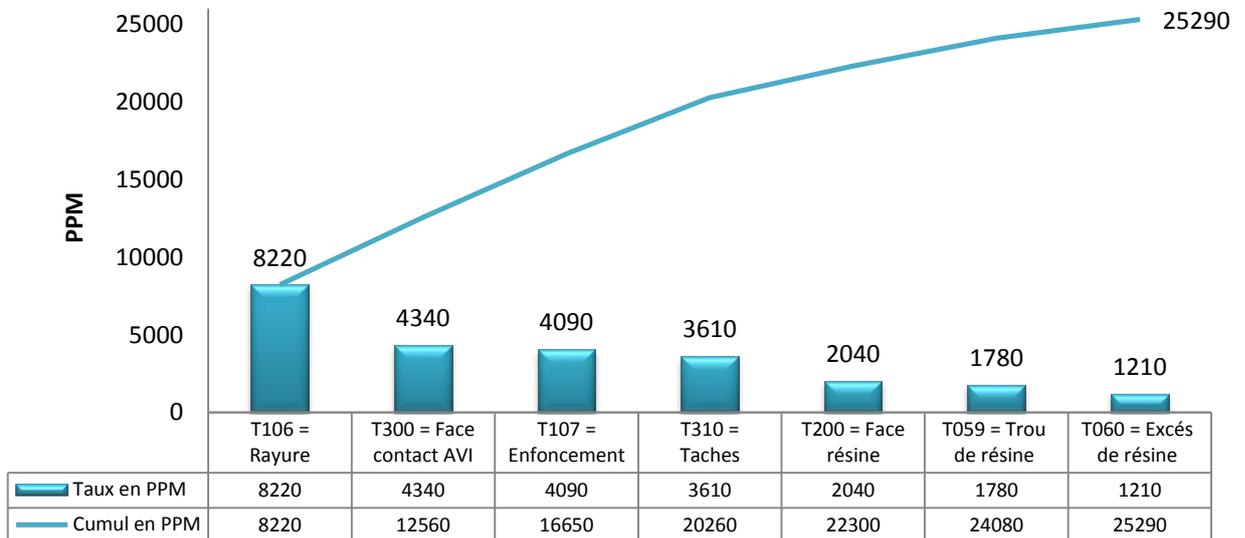
ETAPE	PROBLEME	ACTION	PROPRIETAIRE	TEMPS
Potting	blochage de la tete d'injection	veiller sur le respect de la durée de nettoyage de la tete d'injection	Mr Hassnaoui tech mce	Se 14
	problème d'indexage de tape: au niveau du servo moteur responsable de cette tache	Vérification de la capacité du servo moteur par des interventions sur le bon fonctionnement de ses composants.	Mr Hassnaoui tech mce	Se 15
	problème au niveau des cellules de détection de position de module	Vérifier les paramètres de réglage des cellules et les changer si nécessaire. Ainsi que l'état des fibres optiques responsable d'envoi de l'information.	Mr Hassnaoui tech mce	Se 15
AVI	Les intervalles d'inspection automatiques sont mal définis	Reprogrammation de la machine avec des paramètres qui répondent aux critères des clients (Avec Intégration des limites de la spécification).	Mr.ENNAIR/Mr. Gharib Resp	Se 15
	Mauvais emplacement des zones d'inspection au niveau vision	Ajustement des zones d'inspection pour répondre aux données de la spécification client.	Mr.ENNAIR/Mr. ELGHZIZAL	Se 15
	Mauvaise gestion des cameras d'inspection	Activation de détection du débordement sur le camera "Resin check" et son désactivation sur celle du "Globtop inspection" pour des raisons de maintien.	Gharib/ENNAIR/ ELGHZIZAL	Se 15
	Frottement du film avec les rails de la machine: generation des particules	Ajouter dans la procédure d'utilisation de la machine ,une action de nettoyage par soufflette et aspirateur avant le début de chaque lot.	Mr.ENNAIR/Mr. ELGHZIZAL	Se 16

Figure II.2.4.b5: Plan d'action COCO

Le plan d'action regroupe toutes les actions faites ainsi que celles en cours de validation, que nous avons mis en place afin d'aboutir à notre objectif au niveau d'amélioration du rendement (objectif 98%).

II.2.5 Pareto des taux de rejets des lots D6 processés durant le mois de Mars :

Pareto des rejets produit D6



Graphe II.2.3 : Pareto de rejets de mois de Mars

Interprétation :

Le Pareto montre que les rayures prennent la première place avec un taux de 8220 PPM, suivi par les rejets de la face contact T300 (face contact AVI) et les T107 (enfoncement).

- Les rayures sont des défauts cosmétiques rejetés au niveau des étapes : préparation des lots, contrôle visuelle manuelle et contrôle visuelle automatique.

Les rayures se considèrent le problème le plus critique. La vitesse manuelle d'indexage élevée et les bobines desserrées sont parmi les causes majeures qui génèrent des rayures, on trouve aussi d'autres sources des rayures telles que Le cumul du film dans les buffers qui cause une détérioration du film, ainsi La tape qui entre en contact avec les différents objets sur la table de préparation ou de contrôle visuelle manuelle, ce qui génère des rayures aléatoires.

- Les T300 (face contact AVI) sont des rejets de la machine d'inspection visuelle automatique, ils regroupent plusieurs défauts tel que les rayures (automatiquement inspectées), les taches sur film, les enfoncements...etc.

- Les T107 (enfoncement) : sont des défauts détectés à l'étape de préparation, Ils se manifestent comme des déformations sous forme de points sur la face contact du module.

a) Localisation des sources des défauts critiques :

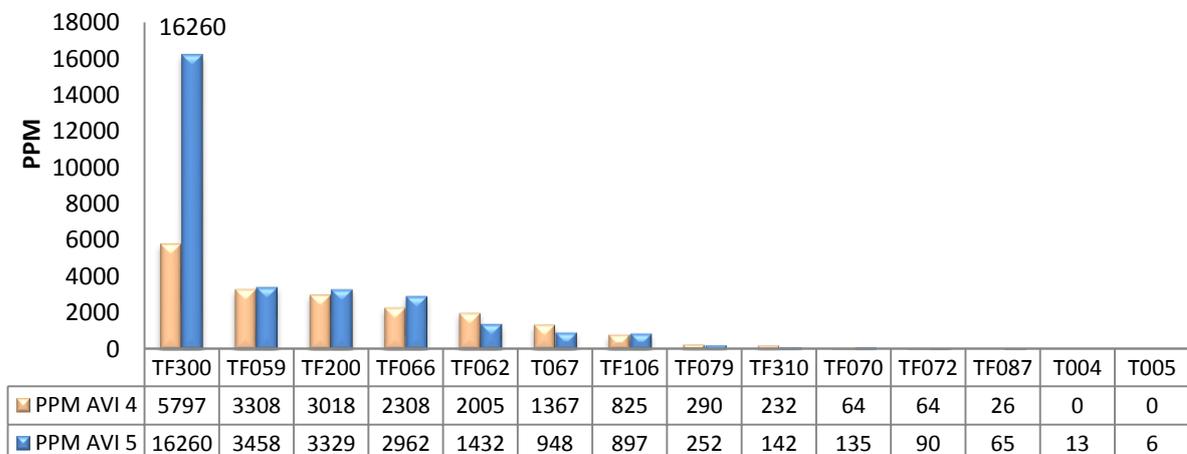
Les défauts qui impactent le rendement sont reliés aux défauts de face contact en premier lieu, puis ceux de la face résine. Les défauts mécaniques, les courts circuits ou les circuits ouverts (Open/short), les défauts paramétriques, et les défauts fonctionnels sont dus aux connexions des contacts et aux séparations électriques entre les pièces.

Parmi les problèmes majeurs de la face contact, on trouve dans un premier temps les rayures qui apparaissent avec un taux de rejet très élevé, et qui impact directement sur le rendement. Afin de détecter l'étape la plus susceptible de générer les rayures et les autres défauts, nous avons fait une analyse et un suivi pour détecter les postes les plus susceptibles de générer ces problèmes afin de trouver des solutions. Puis nous avons mis en évidence les défaillances des machines d'inspection automatique visuelle de ces produits pour éliminer les pertes de temps et les défauts générés à cette étape suite aux défaillances qui surgissent au niveau de celle-ci.

Ci-après un Pareto qui présente la moyenne de rejet par lot des AVI 4 et 5 sur un échantillon de 17 lots (moyenne : 1 lot contient 8500 pièces) par AVI.

b) Comparaison entre les 2 AVIs (AVI4 et AVI5) :

Pareto des rejets par AVI



Graphes II.2.3.b : Pareto de comparaison des AVI 4 et 5

Interprétation :

Le Pareto nous montre que l'AVI 5 a un taux de rejet très élevé par rapport à l'AVI 4, surtout au niveau des rejets T300, avec une différence de 10463 PPM, mais les autres sont un peu près similaires avec une différence qui ne dépasse même 200PPM.

D'après les statistiques, l'AVI 5 est plus sévère en terme de rejets de face contact par rapport à l'AVI 4 est donc la différence remarquable de la capacité des AVI se justifie.

D'après certain analyses faite sur les rejets des deux AVI, Nous avons trouvé que l'AVI 5 rejette des pièces qui entrent dans la spécification, par contre l'AVI 4 laisse passer des pièces défectueuses. Chose qui nous a amenés à faire un inventaire des paramètres des programmes des deux machines pour une analyse de correction.

Comme résultat de cette analyse, nous avons réalisé un nouveau programme avec des nouveaux paramètres qui répond à la spécification pour les deux machines. Ce programme est en cours de validation. . Ci-après le WWA des défauts critiques :

STMicroelectronics Bouskoura BE
 WHY WHY ANALYSIS REF: **D6.prdITest**
 PACKAGE/OPERATION: **D6.prdITest**
 AREA: **MICROMODULES**
 EQUIPE: **IVA**
 PROCESS: **T&F D6 Smart Card**
 AUTEURS: **ENNAIREL GHAZI**
ELGHZIZAL ACHRAF
 DATE: **03-Mai-2013**

PHENOMENE	WHY'1	WHY'2	WHY'3	Vérification
REJETS FACE CONTACT	frottement avec la roue d'indexage de moule	La roue d'indexage est mal positionnée	Roue d'indexage décalée	NG
	Etat d'intercalaires ' changement de bobines'	Manque d'intercalaires	Element de fixation détérioré	OK
	Frottement du film avec la roue d'indexage du Test électrique	Encombement d'intercalaire		NG
	Frottement avec les outils sur la table VM	Mauvais raccord d'intercalaire		NG
	Encombement du film dans les buffers	Positionnement de la roue d'indexage	Décalage de la roue d'indexage	NG
		Désordre des outils	Element de fixation détérioré	OK
		Vitesse d'inspection visuelle des operatices est accelerée par rapport à celle du moteur d'enroulement/déroulement film	Manque d'organisation au niveau du poste	OK
		Défaut de découvrage décalé mais dans la spécification	Moteur d'enroulement film est lent	OK
		Rayures légères inférieur à 0,7mm (mesure de la spécification)	Cellule de détection de présence film non fonctionné	OK
		Enfoncement inférieur à 300µm (mesure de la spécification)	Severité d'Intervalle d'inspection des rayures	NG
REJETS FACE RESINE	Décalage du film	Mauvais raccord	Severité d'Intervalle d'inspection des enfoncements	NG
		Zone d'entraînement abimé		OK
	Excès de résine	Fermeture incomplète du moule	Présence des déchets de résine sur les sandwiches métalliques	NG
		Décalage de film au niveau du moule	Chutte de pression	OK
	Décalage de résine	Décalage au niveau vision (faux défaut)	Mauvais raccord	OK
			Zone d'entraînement abimée	OK
			Intervention sur la machine à la présence d'un lot en moulage	OK
			Mauvais raccord	OK
			Zone d'entraînement abimée	OK
			Peite tolérance d'inspection (intervalle rétrécie	NG
		Manque de nettoyage de moule (Mélamine et le conditionnel)	NG	

Figure II.2.4.b6: Why Why Analysis

Ci-dessous le plan d'action qui correspond aux problèmes du WWA précédent :

PROBLEME	ACTION	PROPRIETAIRE	TEMPS
Encombrement intercalaires	Avoir des raccords convenables avec des raccordeuse speciales pour les intercalaires	Operatrices	Permanent
Mauvais raccord d'intercalaire			
Décalage de la roue d'indexage	Fixation correcte (Ajustement) de la roue d'indexage.	Tech. Mce	Systematiquement
Défaut de décourcircuitage décalé mais dans la spécification	reprogrammation des paramètres de vision de décourcircuitage.	Mr.ENNAIR/Mr. ELGHZIZAL	Se 17
Severité d'Intervalle d'inspection des rayures	Calcul des nouvelles limites des intervalles d'inspection des rayures.	Mr.ENNAIR/Mr. ELGHZIZAL	Se 17
Severité d'Intervalle d'inspection des enfoncements	Calcul des nouvelles limites des intervalles d'inspection des enfoncements.	Mr.ENNAIR/Mr. ELGHZIZAL	Se 17
Présence des déchets de résine sur les sandwichs métalliques	Nettoyage permanent du sandwich métallique.	Tech. Mce	Permanent
Petite tolérance d'inspection (intervalle rétreie)	reparametrage des intervalles d'inspection de la machine par des données de base qui correpond à la spécification.	Mr.ENNAIR/Mr. ELGHZIZAL	Se 18
Manque de nettoyage de moule (Mélamine et le conditionnel)	Respect des frequence de mise en place du melanine et conditionnel	Tech. Mce	Permanent

Figure II.2.4.b8 : Plan d'action D6

Ce plan d'action englobe tous les types de problèmes détectés durant notre stage en ce qui concerne les rejets du produit D6 soit de la face contact ou bien celles de la face résine, correspondant aux actions faits ou qui sont en cours de validation.

Chapitre III :

Calcul de gain

Dans ce chapitre, nous allons décrire les travaux effectués en termes de chiffres, ainsi que des explications de toutes les tâches réalisées en détails. Et nous allons terminer par une comparaison des rejets du mois de Mars (Début de notre stage) jusqu'au mois de Mai (Fin de notre stage) pour mettre en évidence notre valeur ajoutée durant cette période.

III-1 Détails des actions faites sur le produit COCO :

III.1.1 Action 1 : Ajustement des caméras :

La caméra d'inspection Globtop (face résine) donne des rejets, sous-titre de débordement, très élevés (une valeur d'environ 13000 PPM). D'après les résultats recueillis et les traitements des images faites sur les AVI, nous avons trouvé que le film subit un désalignement lors de son inspection par la caméra Globtop (face résine). Ce problème se crée par manque des éléments de fixation de film chose qui donne une petite déviation des modules de la 1ere et 6eme voie (les voies qui se trouvent au extrémités du film par ce qu'elles subissent des fluctuations majeure lors du désalignement), et par conséquent des débordement imaginaire (qui n'existe pas). C'est ce que nous appelons les over reject au niveau du débordement.

Pour remédier, nous avons changé le mode de détection de débordement à une caméra autre que celle du "Gloptop inspection", c'est la camera de "Resin Check". Le fait de choisir cette caméra c'est qu'elle contient un système de fixation de film à base de dépression (Vaccum) chose qui donne un maintien exact du film et par conséquent une inspection correcte.

Ci-dessous un dessin expliquant la modification faite sur les deux AVI de produit COCO (AVI 7 et AVI 8):



Figure III. 1. 1.a1 : Rejet de désalignement du film

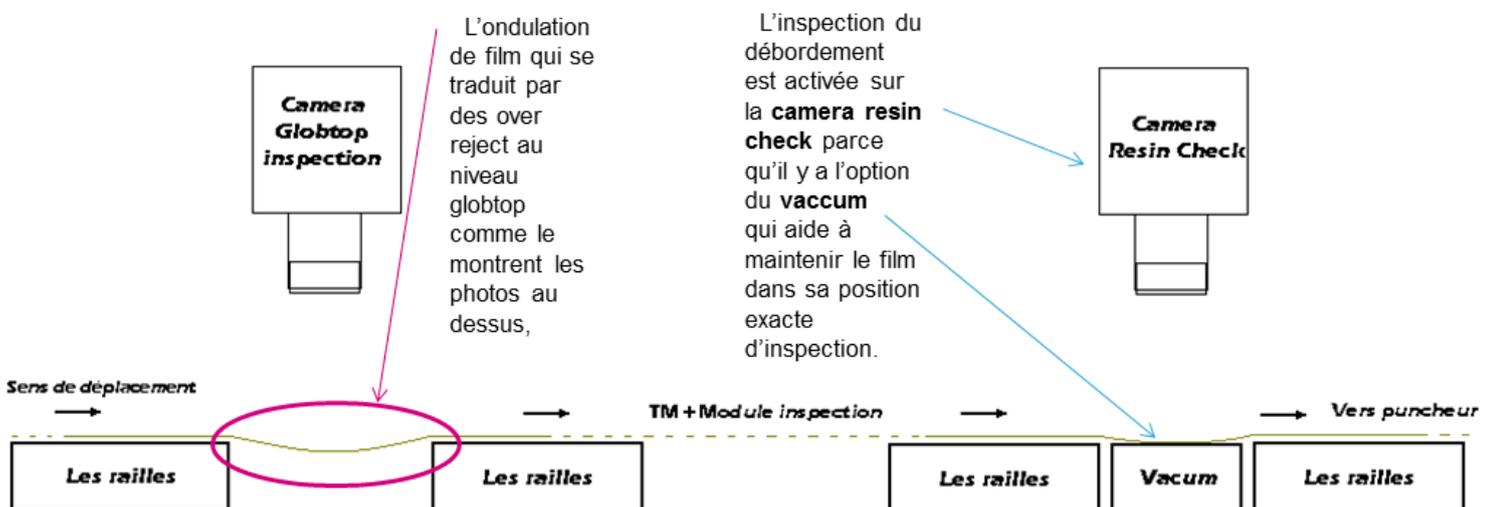
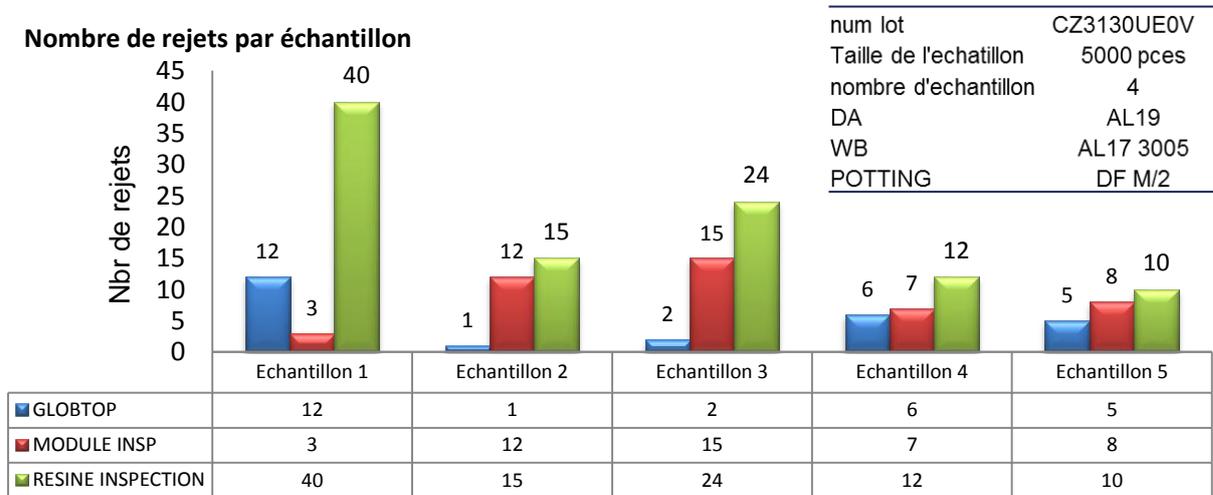


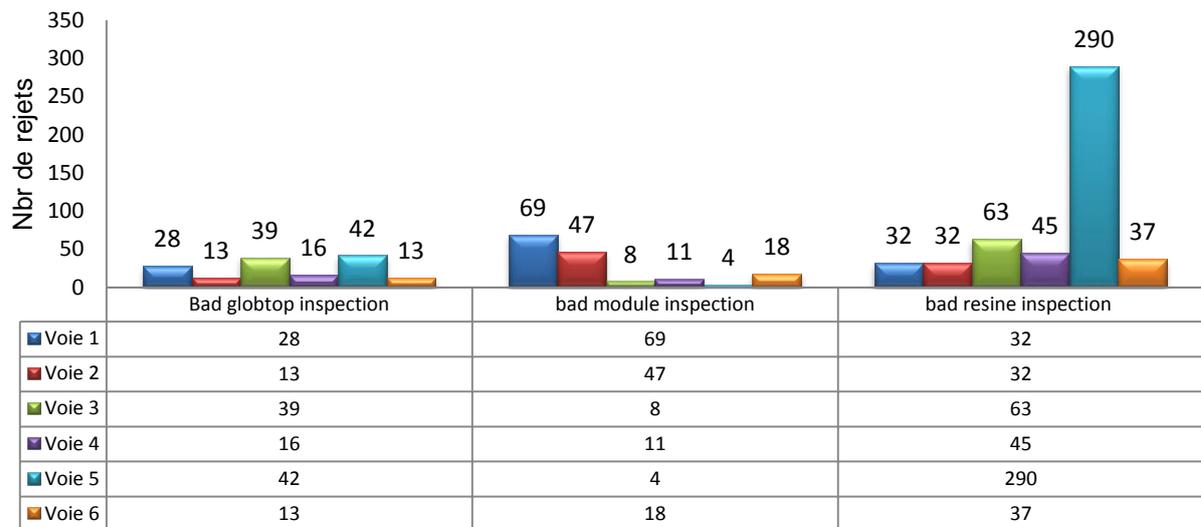
Figure III.1.1.a2 : Modification de l'ondulation du film

Pour s'assurer que cette modification ne perturbe pas le mode de production normale, nous avons lancé un suivi pour valider la modification. Ci- après les résultats du suivi :



Graphe III.1.1.a3 : Suivi par échantillon.

Analyse des Rejets par voie



Graphe III.1.1.a4 : Suivi par voie.

Interprétation :

Les deux graphes montre bien que les rejets au niveau de la camera globtop inspection sont réduites par contre celle de la camera Resin check sont augmentés, ce qui est remarquable chez la 5 ème voies. Après le contrôle et l'analyse fait sur les images de ce lot (lot suivi), nous avons trouvé que ces rejets sont des vrais défauts y compris des rejets proches de la limite, chose qui nous a poussés à optimiser encore plus le programme d'inspection en le renouvelant par des paramètres qui répond aux limites de la spécification. Il s'agit de la 2eme Action.

III.1.2 Action 2 : reprogrammation / Intégration des limites de la spécification :

D'après les analyses qu'on a fait sur les AVI, nous avons trouvés que certains paramètres ne conviennent pas aux celles de la spécification, chose qui nous a donnée des problèmes au niveau de l'inspection des modules, et par conséquent la génération des faux rejets. C'est pour cela nous sommes menés à reprogrammer la machine par les limites décrits dans la spécification. Nous avons élargie les marges d'inspection du débordement à ($200\mu\text{m}$ hors de l'anneau métallique) sur la camera Resin check. Ci-dessous les modifications :

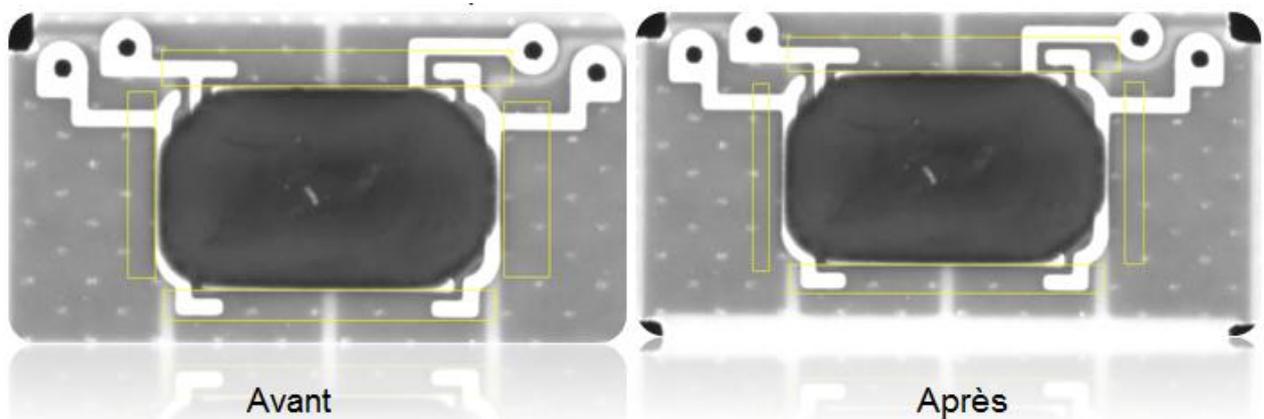


Figure III.1.2 : Zones d'inspection.

Avant la modification des paramètres, on observe bien que les rectangles en jaunes qui représentent les limites de l'inspection du débordement, sont proches de l'anneau métallique, chose qui ne convient pas aux limites données dans la spécification ($200\mu\text{m}$ hors anneau). Nous avons trouvés des pièces qui entrent dans la spécification dont les valeurs mesurées de résine hors anneau sont les suivants : $120\mu\text{m}$, $110\mu\text{m}$, $115\mu\text{m}$. Malgré que Ces valeurs sont inférieurs à $200\mu\text{m}$, ils sont rejetées à cause de la mauvaise définition des zones d'inspection.

Après les modifications, le taux des pièces dont nous avons parlés précédemment a diminué .et par conséquent une amélioration remarquable au niveau du rendement.

III.1.3 Action 3 : Mise en place d'une procédure de nettoyage des machines AVI (7 et 8):

A cause des frottements du film avec les rails de la machine, se crée des particules gênantes se considèrent par l'AVI comme des fils apparents. Pour remédier à ce problème, nous avons mis en place une procédure de nettoyage des machines afin de dégager ces corps étrangers.

Procédure de nettoyage :

Au début de chaque lot, l'opératrice doit nettoyer judicieusement la machine avec un système de nettoyage qui se compose d'une soufflette sous pression et un aspirateur jusqu'à ce que le système de vision des caméras soit propre.

III.1.4 Action 4 : Modification des limites de détection de l'enfoncement :

La machine rejette des pièces contenant des enfoncements acceptés par le client (diamètre inférieur à 0.4mm), à cause des paramètres erronés du programme. Ci-après des exemples que nous avons mesurés :

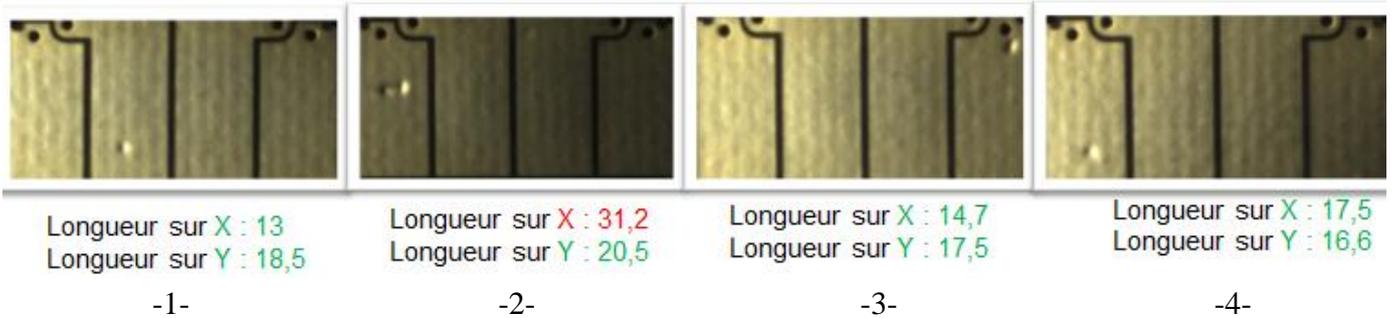


Figure III.1.4 : Mesures des limites de détection d'enfoncement du programme.

Interprétation :

Sachant que les paramètres de la camera sont : ($X=21.202\mu\text{m}/\text{pix}$; $Y=21.285\mu\text{m}/\text{pix}$), les photos 1, 3 et 4 sont in SPEC, elles donnent des valeurs $< 500\mu\text{m}$. La photo 2 est hors SPEC parce qu'elle donne une valeur suivant X de $668\mu\text{m} > 500\mu\text{m}$.

Comme action, nous avons corrigé les limites de détection d'enfoncement en respectant l'intervalle des tolérances données par le client ($400\pm 100\mu\text{m}$).

Le résultat de cette action c'est que nous avons pu sauver ces pièces bonnes d'être rejetées et par conséquent une augmentation au niveau du rendement.

III.1.5 Action 5 : Ajustement de la roue d'indexage de la machine potting :

Les traces, sur la face résine, se créent par contact entre film et comparateur (dispositif de mesure de la hauteur de résine) que l'opératrice utilise pour la prise des échantillons. Ainsi, pendant le déplacement de film sur machine, il existe un frottement entre le film et la roue d'indexage. La photo suivante montre bien le phénomène de frottement :

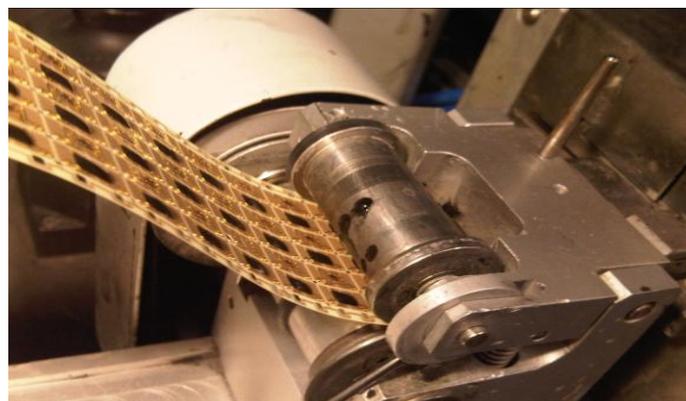


Figure III.1.5: Roue d'indexage.

Pour ce faire, une action est faite sur le mode de fixation de la roue pour qu'elle soit loin du film, donc, réduction des rejets de la face résine par élimination des traces causées à cette étape.

III-2 Détails des actions faites sur le produit D6 :

III.2.1 Action 1 : Implantation du nouveau programme d'inspection :

Suite à la comparaison faite entre les AVI 4 et 5, nous avons trouvé qu'il y a des différences au niveau de leurs rejets alors qu'elles inspectent les mêmes pièces. Pour cela, nous avons créé un nouveau programme comme compromis des deux machines. Voici le détail des actions et modifications faites sur le nouveau programme qui est en cours de validation :

			AVI4		AVI5		Commentaires	Actions
			voie1	voie2	voie1	voie2		
bright defect	global defect thresholds	max	255	255	124	180	les valeurs max de l'AVI 5 sont inférieur à celles de l'AVI4	Mettre toutes les valeurs à 255
		min	0	0	0	0		
	local GV deviation	darker defects	255	255	255	255	Il y a presque les meme valeur de gris	egaliser les valeurs : 40 GV
		brighter defects	33	46	40	32		
	connect defect		4	4	4	4		
	optimize grid size		5	5	5	5		
	ignore defects if		60	60	60	60		
	defects len				100		defect len est active seulement au niveau de la voie 1 AVI 5	Activer la detection de défaut par longueur au niveau des voies 1 et 2 AVI 4 , et voie 2 AVI 5. val 100 GV
	defects area			100			defect area est active seulement au niveau de la voie 2 AVI 4	Activer la detection de defect area au niveau des voies 1 AVI 4 , et des deux voies AVI 5. val = 100GV
	defect sum		6000	6000	1000	6000	La voie 1 AVI 5 a une valeur de 1000 pour le defect sum	
bright vertical scratch	global defect	max	255	255	255	255		
		min	0	0	0	0		
	local GV deviation	darker defects	255	255	255	255	Il y a presque les meme valeur de gris	egaliser les valeurs : 49 GV. Objectif : Elargir l'intervalle de detection des défauts blanc en noir
		brighter defects	75	49	91	62		
	connect defect		1	1	1	1		
	optimize grid size		20	20	20	20		
	ignore defects if		80	60	60	60		
	defect sum		600	600	700	700		
defect len		125	125	160	160	une difference de 35 entre les voies de AVI4 et l'AVI5	Augmenter le nombre de pixel du parametre de detection de longueur chez l' AVI4 à 160 pix afin d'avoir les meme valeurs sur les deux machine	

			AVI4		AVI5		Commentaires	Actions
			voie1	voie2	voie1	voie2		
contami nation	global defect	max	255	255	255	255		
		min	0	0	0	0		
	local GV deviation	darker defects	44	44	91	137	Les valeurs de l'AVI 4 sont egaux par contre de celles de l'AVI 5	Elargir et egaliser les intervalles des deux voies de l'AVI 5. nous allons mettre l'intervalle : [44-255] similaire à celui de l'AVI 4
		brighter defects	255	255	255	255		
	connect defect		1	1	1	1		
	optimize grid size		80	80	80	50	la voie 2 de l'AVI 5 n'a pas la meme valeur que les autre voies.	Une mise à niveau de la taille de la grille: optimisation à 80 pix --> Egal aux autres voies
	ignore defects if		20	20	20	20		
	defect area		300	300	300	300		
defect sum		1000	1000	1000	1000			
dark defect	global defect thresholds	max	255	255	255	255		
		min	81	55	100	45	les valeur sont aléatoires	Mettre la moyenne de ces valeurs au niveau des 4 voies --> val à mettre = 70 GV
	local GV deviation	darker defects	55	131	40	46	la valeur en GV de la voie 2 AVI 4 est trop élevée par rapport aux autres	
		brighter defects	67	70	80	70	Il y a presque les meme valeur de gris	
	connect defect		1	1	1	1		
	optimize grid size		30	30	60	30	Voie 1 AVI5 egal au double des valeurs dess autre voies	Augmenter les tailles des grilles des voies 1,2 AVI4 et voie 2 AVI5. --> Val à mettre = 60 Pix
	ignore defects if		20	20	20	20		
	defect sum		400	600	225	404	valeures aleatoire	mettre la moyenne de ces valeurs au niveau des 4 voies --> val à mettre = 400 Pix
defect len		30	30	30	225	la longueur de defauts au niveau de la voie 2 AVI 5 est trop grande par rapport au autre voies	diminuer la valeur de detection de longueur au niveau de la voies 2 AVI 5 à 30 Pix : --> egalisation avec les autres voies	
finger print	global defect thresholds	max	255	255	255	255		
		min	0	0	0	47	La voie 2 AVI 5 presente un intervalle rétrécie par rapport aux voies restantes	Elargissement et egalisation des intervalles: --> modification au niveau de la voie 2 AVI 5, nous allons mettre l'intervalle :
	local GV deviation	darker defects	29	26	50	26	la valeur en gris de la voie 1 AVI5 est élevée	Elargir l'intervalle de detection des finger print : nouveau intervalle à mettre : --> [26- 255]
		brighter defects	255	255	255	255		
	optimize grid size		75	75	75	75		
	ignore defects if		50	50	50	50		
	defect area			100			Defect area est active seulement au niveau de la deuxieme voie de l'AVI 4	Activation de detection de defect area au niveau de toutes les voies
defect sum		500	500	500	500			

			AVI4		AVI5		Commentaires	Actions
			voie1	voie2	voie1	voie2		
marks	global defect	max	255	255	255	255		
		min	0	0	0	0		
	local GV deviation	darker defects	255	255	255	255		
		brighter defects	31	31	40	148	La voie 2 AVI 5 a une valeur trop supérieur aux autres voies (intervalle rétrécie --> voie trop sévère)	Elargir la marge brighter defect chez le parametre local gv deviation des voies 1 et 2 AVI5--> Val à mettre 31 GV
	optimize grid size		40	40	30	40	Il y a presque les meme valeur de gris	
	ignore defects if		10	10	10	10		
	defect len		22	22	15	22	Il y a presque les meme valeur de gris	Egalisation des valeurs à 22 Pix
stain	global defect	max	255	255	255	255		
		min	0	0	0	0		
	local GV deviation	darker defects	70	70	78	36	la valeur de la deuxieme voie AVI 5 est egal à la moitié par rapport aux autres voies	Augmenter la valeur de la deuxieme voie AVI 5 à 70 GV
		brighter defects	255	255	255	255		
	optimize grid size		15	15	15	15		
	ignore defects if		9	9	9	9		
	defects area					30	Defect area est active seulement au niveau de la deuxieme voie de l'AVI 5	Activation de defect area au niveau de toutes les voies --> Val à mettre 30,
defect len		25	27	15	42	la longueur de defauts au niveau de la voie 1 AVI 5 est trop petite par rapport au autre	Mettre toutes les valeurs à 27 Pix "Moyenne des valeurs"	
defect sum		225	225	225	225			
sun bright defect	global defect	max	255	255	255	255		
		min	0	0	0	0		
	local GV deviation	darker defects	255	255	255	255		
		brighter defects	50	50	45	38	Valeur de la deuxieme voie AVI 5 est min par rapport au autres voies	egalisation des valeurs des parametres: --> brighter defects val = 50 GV
	connects defect		1	1	1	1		
optimize grid size		20	20	20	20			
ignore defects if size		80	80	100	50	puisque nous inspectons le meme produit, il faut que les tailles chez les 4 voies soient les memes	Egalisation des valeurs chez les 4 voies : --> Val à mettre = 100 Pix " la plus grande"	

Tableau III.2.1 : Actions faites sur le produit D6

III.2.2. Action 2 : Ajustement des limites de détection d'excès de résine (Flash) :

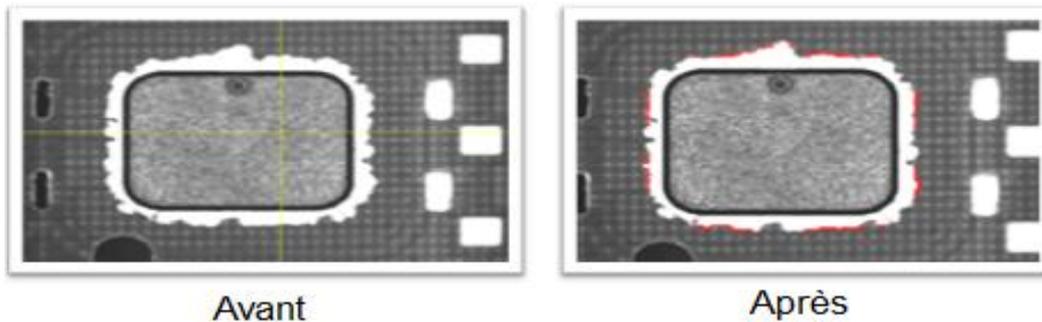
Parmi les défauts détectables au niveau de la face résine, on trouve le problème d'excès de résine (Flash). Ce dernier génère des rejets non confirmés nécessitant des actions à faire.

Pour cela, et suite au message du service qualité concernant un retour client sur le flash résine, on a pris un prélèvement pour faire une mise à jour de programme d'inspection de la face résine. Les modifications sont les suivantes :

Local GV déviations:

Brightness déviation : de 110 à 33 GV (Gray Value).

Activation de defect len, à condition que la longueur ne dépasse pas 10 Pix.



Remarque: la couleur rouge signifie que le problème est détectable.

Figure III.2.2 : Modification de l'excès de résine.

Cette action permet de détecter des pièces défectueuses qui sont considérées bonnes avant sa mise en production. Elle a un impact sur le rendement par ce qu'elle a augmenté les rejets de la face résine. Par contre, du côté qualité de production, nous avons gagné une amélioration visible des pièces afin d'éviter les retours clients de ce type.

III.2.3. Action 3 : Mise en place d'une procédure de nettoyage des AVI (4 et 5) produit D6 :

Pendant l'inspection, le film subi des frottements avec les rails de la machine, chose qui permet l'apparence des corps étrangers au niveau de la face résine, qui sont considérés comme des défauts à rejeter. C'est pour cela, nous avons mis en place une procédure de nettoyage des machines dont le but est l'élimination de ces particules gênantes.

Procédure de nettoyage :

A chaque début de lot, et après chaque intervention maintenance, l'opératrice doit nettoyer attentivement la machine, par des souffleurs et des aspirateurs, afin de diminuer l'existence des particules étrangères (poussière).

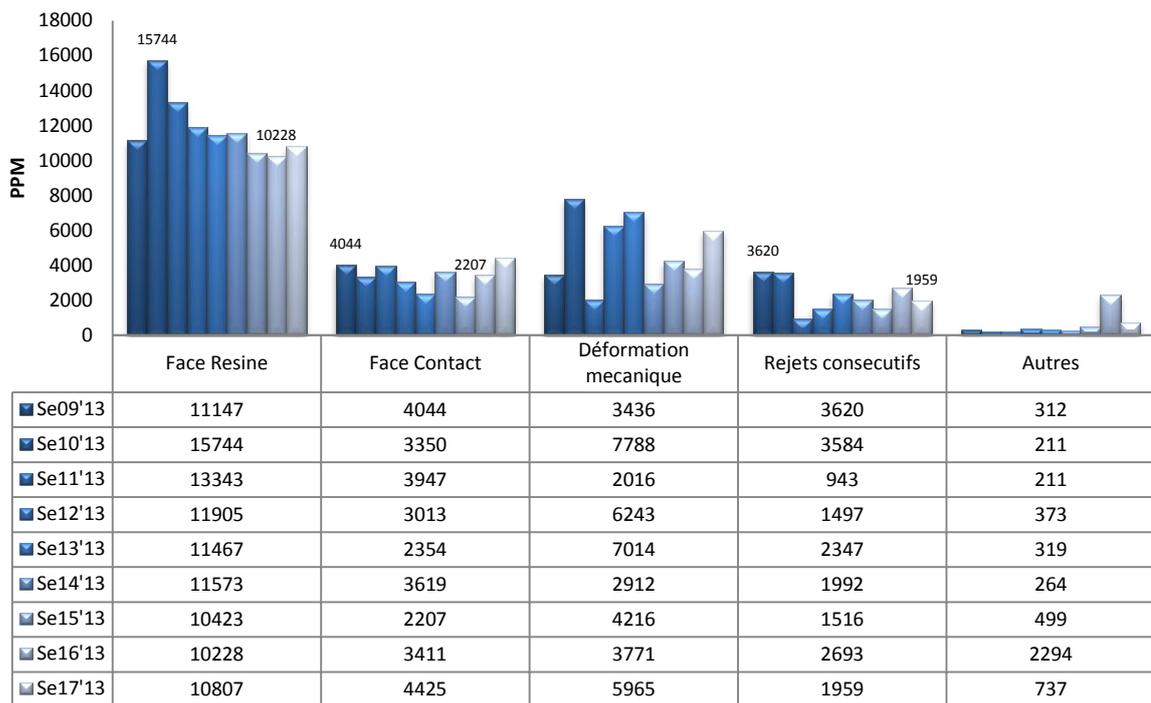
III-3 Calcul de gain:

Bien entendu, chaque travail a son mérite, chaque projet a ses actions, et chaque action a son gain. Donc pour que nous puissions mettre en évidence notre valeur ajoutée, il faut calculer le gain de notre travail en termes de rendement ainsi qu'en terme économique.

III.3.1. Gain produit COCO :

Ci-après deux graphes qui montrent l'évolution des rejets et du rendement :

Evolution des rejets durant la periode de stage

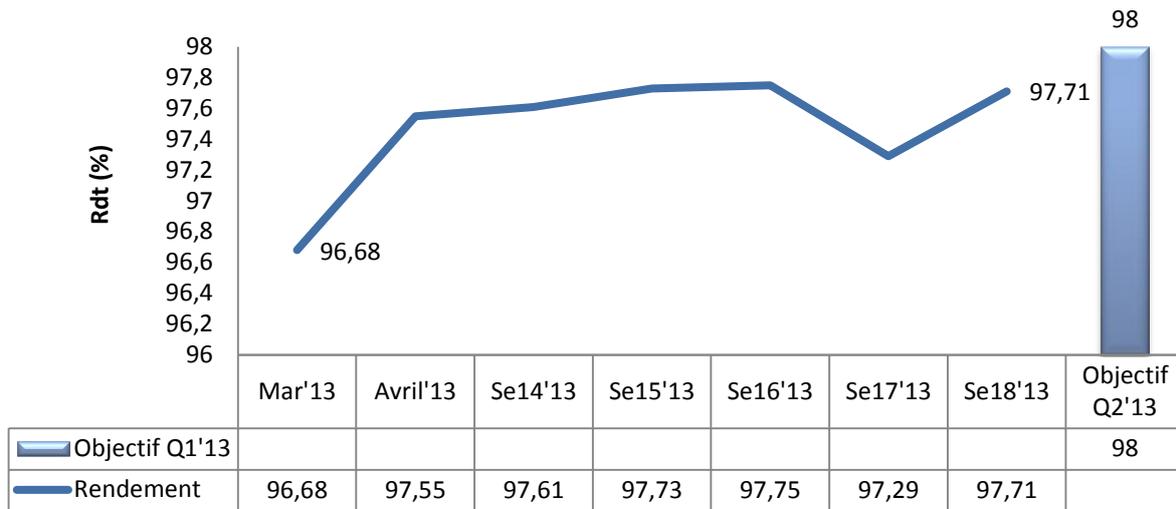


Graphe III.3.1.a : Evolution des rejets produit COCO.

Interprétation:

La majorité des actions sont réalisées sur la face résine, chose qui a donné une dégradation de ses rejets de 15744PPM à 10228PPM, donc un gain de 5515 PPM. Ainsi les taches faites sur la face contact ont donné leurs fruits par un gain de 2000PPM. Cela se voit aussi au niveau d'amélioration du rendement (voir graphe d'évolution du rendement ci-dessous) :

Evolution du rendement produit COCO



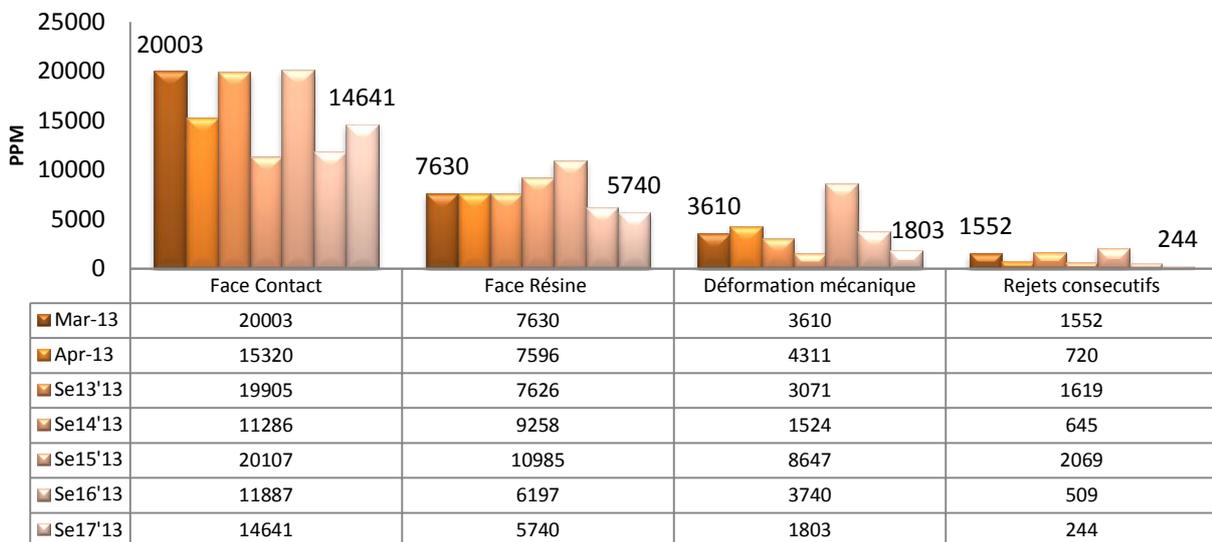
Graphe III.1.b : Evolution du rendement COCO.

Interprétation :

La dégradation des rejets précédemment présentés se traduit par une évolution de rendement de 1.03%. Il s'agit de la différence des états avant et après la mise en place des actions proposées au cours de nos analyses.

III.3.2. Gain en produit D6 :

Evolution des rejets durant la période de stage:



Graphe III.3.2.a : Evolution des rejets produit D6.

Interprétation :

Le nouveau programme sur la face contact a donné son résultat positif par un gain de 5362PPM, une évolution remarquable entre les rejets du mois de Mars et la semaine 17 (Mois de Mai).

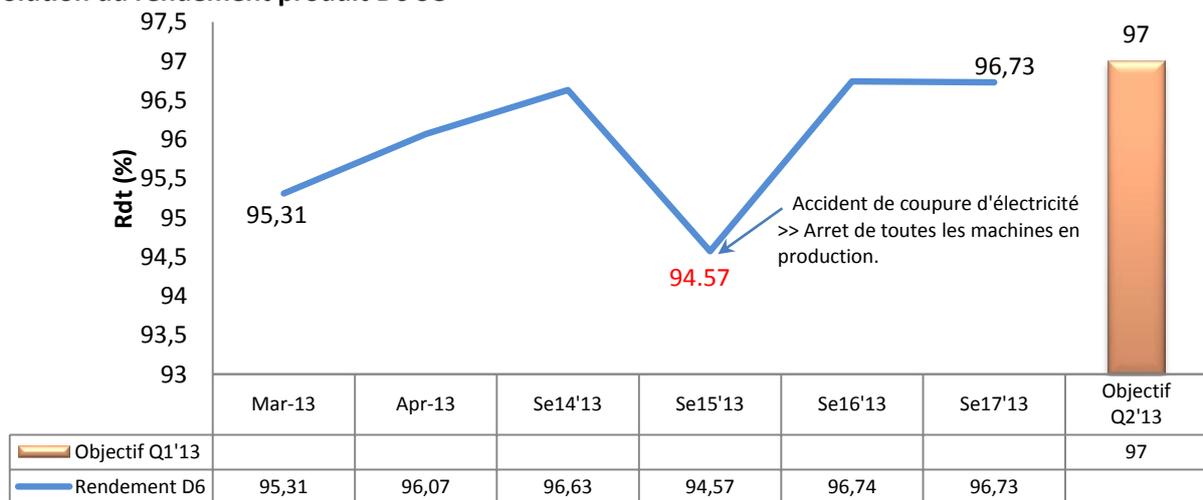
Sans oublier la dégradation des rejets au niveau de la face résine, Les actions faites sur celle-ci – la reprogrammation du paramètres de détection d’excès de résine (analyse du retour client) et le nettoyage avant le début de chaque lot- ont baissé le taux de ces rejets par 2000PPM.

Ces actions, permet de dire que nous produisons des pièces de bon qualité, chose qui a un effet positif sur les autres rejets tel que :

- Réduire le taux des rejets consécutifs par un gain de 1300PPM.
- Eviter les déformations mécaniques qui peuvent se générer à la zone test (Ondulation ou cassure de film). La différence entre le début de stage et la dernière semaine a donné un gain de 1800PPM.

L’analogie de dégradation des rejets avec l’évolution du rendement de ce produit se présente sur le graphe suivant :

Evolution du rendement produit D6 SC



Graphe III.3.2.b : Evolution du rendement produit D6

Interprétation:

Le graphe montre bien que durant la période de notre stage, nous avons pu améliorer le rendement par 1.15%.

La chute de rendement, visible à la semaine 15, est causée par un arrêt total des machines en production à cause d’une coupure d’électricité qui se considère comme un problème majeur, chose qui donne beaucoup des rejets surtout au niveau du moule qui peut dépasser une heure pour reprendre son fonctionnement normal.

III .4. Calcul de gain économique :

Si on prend en considération juste les produits COCO et D6 Smart Card, la zone micromodules perde plus de 180200\$ par mois, c'est un petit taux par rapport à son gain grâce à sa grande production d'environ 6425000\$ mensuellement. Donc on ne doit pas se contenter de cette situation, il faut toujours essayer de réduire le taux de rejets que nous, considérons énorme, en mettant en place les actions adéquates pour cet objectif.

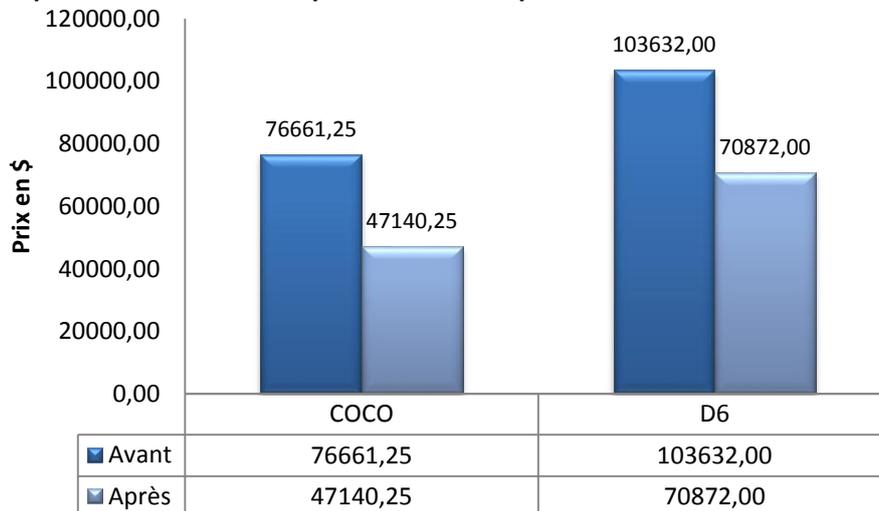
Economiquement parlant, nous avons réussi à augmenter le gain de la zone Micromodules par 62200\$/Mois. Ci-après un tableau expliquant le calcul du gain:

		Taux de pertes				Gain en \$	Gain total en \$/jour	Gain total en \$/Mois	
		Avant la mise en place des actions		Après la mise en place des actions					
		Nombre de rejets	Prix en \$	Nombre de rejets	Prix en \$				
Produit	COCO "PU = 0.25\$"	Jour	10300	2575.00	6333	1583.25	991.75	2079.75	62281.00
		Mois	306645	76661.25	188561	47140.25	29521.00		
		%	2.34	0.59	1.44	0.36	0.23		
		PPM	23408	5852.00	14394	3598.50	2253.50		
	D6 Smart Card "PU = 1.00\$"	Jour	3443	3443.00	2355	2355.00	1088.00		
		Mois	103632	103632.00	70872	70872.00	32760.00		
		%	3.28	3.28	2.24	2.24	1.04		
		PPM	32795	32795.00	22428	22428.00	10367.00		

Tableau III.4 : Récapitulation de gain total.

Ci-après le graphe d'évolution de dépenses économique :

Graphe d'évolution des dépenses économiques / mois



Graphe III.4.1 : Evolution des dépenses économiques.

Interprétation :

D'après les résultats précédents, on remarque bien que nous avons pu diminuer le taux des dépenses économiques à cause des actions faites sur la majorité des défauts des deux produits (COCO et D6).

Conclusion générale :

Le rapport a commencé par une analyse de l'existant et s'est enchaînée par la localisation de l'étape critique afin de minimiser la génération des défauts qui impactent le rendement.

Le changement de la caméra d'inspection du débordement permettra l'amélioration du rendement quant à la génération des faux rejets, optimisation du diagramme de cheminement et surtout la méthode d'inspection. Finalement, l'analyse des paramètres d'inspection est un projet qui a permis de clarifier le principe d'inspection, les limites et les types des rejets afin de sensibiliser les intervenants sur les machines à propos de la criticité des paramètres vis-à-vis des rejets des pièces.

Ces travaux ont été réalisés et évalués et ils ont donné des résultats acceptables. Cependant, il est important de les suivre afin de garder une évolution dans la créativité et l'amélioration continue qui rentre d'ailleurs dans l'esprit d'excellence durable à STMicroelectronics.

Le rendement au département Micro Module est le premier indicateur d'une industrie solide, régie par un système de management efficace, et gérée par les méthodes industrielles les plus avancées du monde. Le travail sur le rendement est donc une expérience qui nous a permis d'intégrer une équipe déterminée à soulever les défis et créer le changement et de développer un esprit d'amélioration continue.

Herbier des défauts COCO:

Face résine

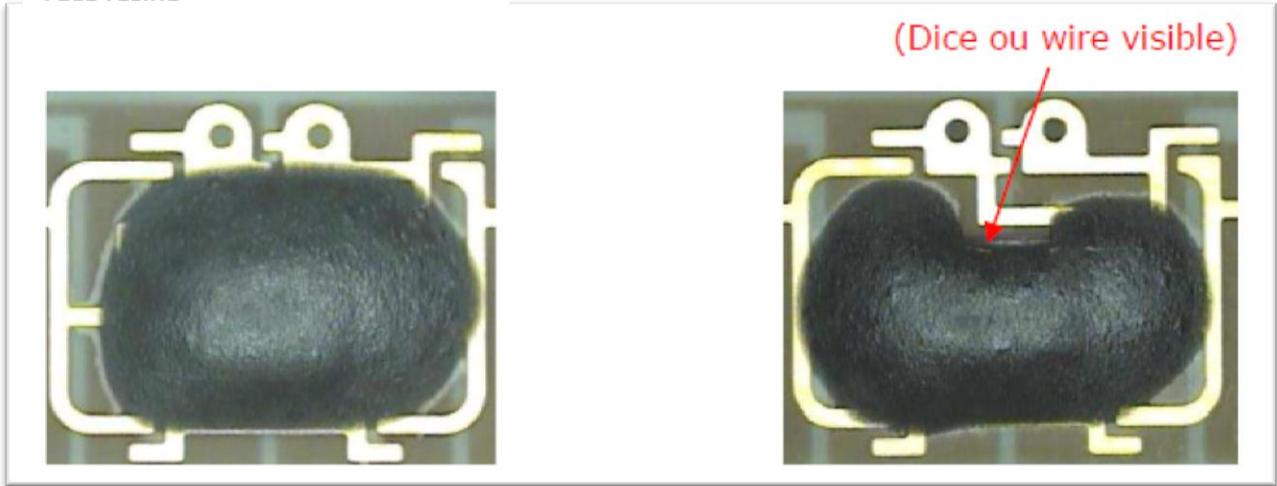


Figure : Manque de résine.

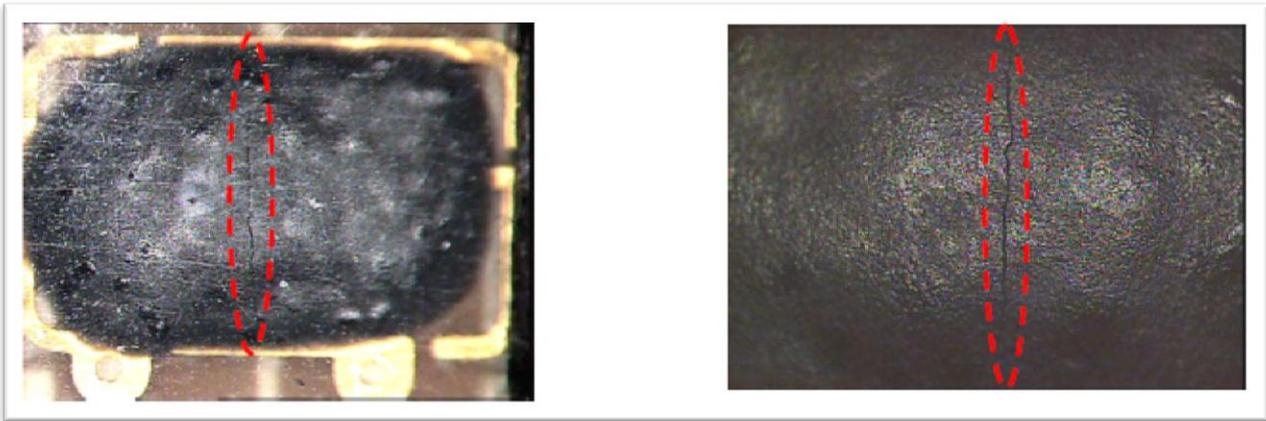


Figure : Fissure sur la résine.

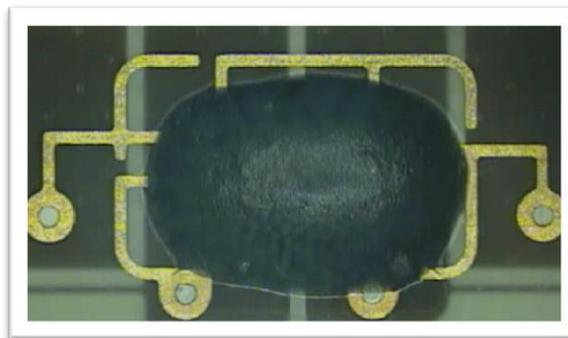


Figure : Débordement de résine hors l'anneau métallique.

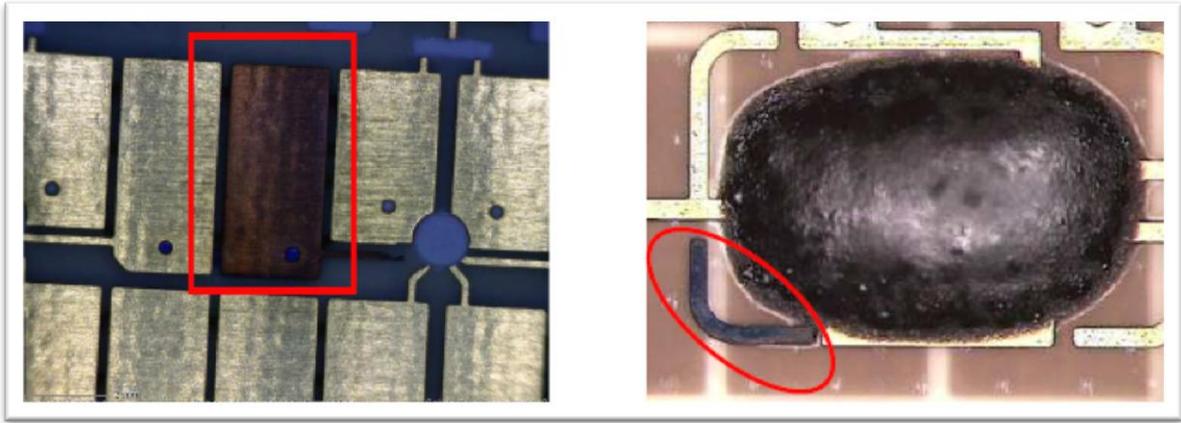


Figure : Manque de métallisation.

Face contact :

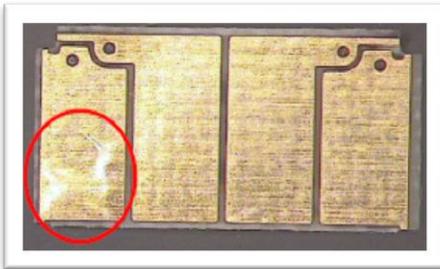


Figure : délamination face contact

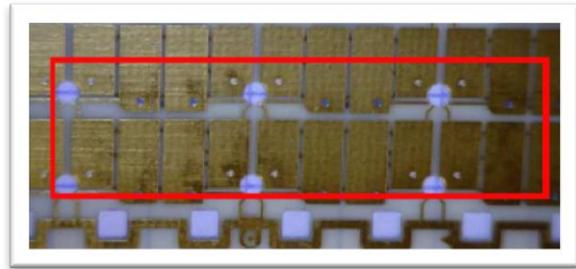


Figure : Tache face contact



Figure : Enfoncement.

Herbier des défauts D6 :

Face contact :

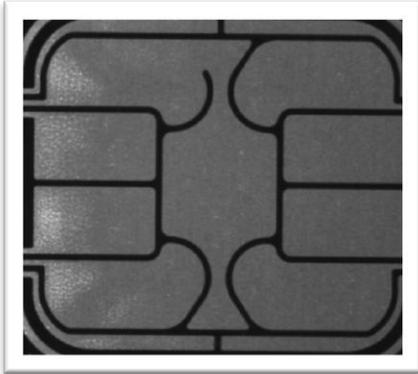


Figure : Trace de moule.

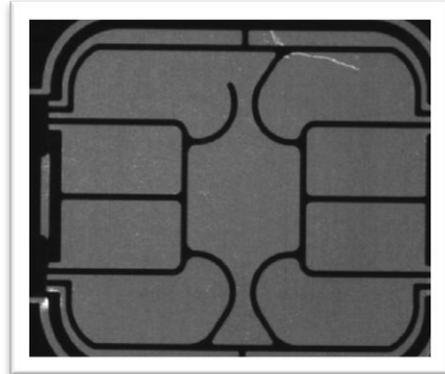


Figure : Rayure.

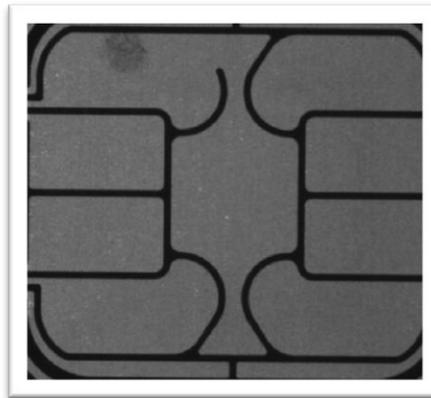


Figure : Tâche.

Face résine :

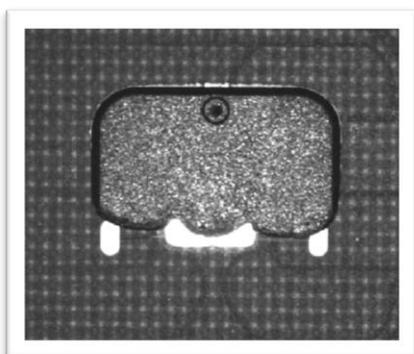


Figure : Manque de résine.

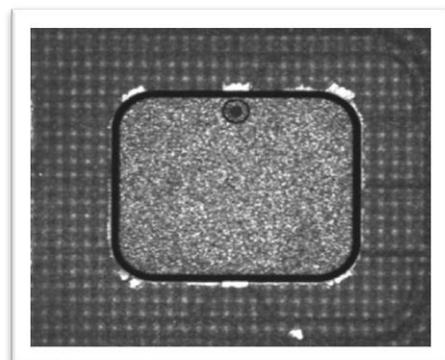


Figure : Colle sur film.