

**Projet de Fin d'Étude
Rapport de Synthèse**

*« Recherche de méthode d'estimation de volume de
production à risque »*

Équipe 5^{ème} Année : Team-War

Jaafar AMRANI-MESBAHI

Fabien GARCIA

ABDELALI NAIT BELKACEM

Rahma NAKARA

Philippe NGUYEN



Génie Industriel et Informatique

Tuteurs :

Claudia Frydmann

Jacques Pinaton

Mercredi 19 Janvier 2011

Team-war@prunetwork.fr



Table des matières

Table des figures	4
Introduction	5
partie 1. Contexte de l'étude	6
Chapitre 1. Présentation de STMicroelectronics	7
Chapitre 2. Cahier des charges	8
2.1. Cahier des charges fourni	8
2.2. Formalisation du cahier des charges à partir du besoin du client	8
2.3. Mission du PFE	9
2.4. Plan de l'étude	9
partie 2. Etat de l'art	10
Chapitre 3. Bilan sur l'état de l'art	11
3.1. Conclusion de l'état de l'art	14
partie 3. Développement de la solution	15
Chapitre 4. Algorithme du marcheur	16
4.1. Présentation générale	16
4.2. Détails de l'algorithme	16
4.3. Implémentation de l'algorithme	18
4.4. Test	19
4.5. Pistes d'amélioration	21
partie 4. Gestion de projet	22
Chapitre 5. Organisation du projet	23
5.1. Organisation de l'équipe	23
5.2. Gestion de projet	23
5.3. Bilan	24
partie 5. Gestion des coûts	25
Chapitre 6. Gestion des coûts	26
6.1. Objectifs	26
6.2. Solution	26
6.3. Estimation des coûts	26
Conclusion	28
Bibliographie	29

Table des figures

1.0.1 Principaux sites de production	7
4.3.1 Diagramme de classe des différentes entités	19
4.4.1 Représentation des résultats après calculs	20
4.4.2 Représentation des résultats après calculs	21
5.2.1 <i>Structure Globale de la méthode SCRUM</i>	24
5.2.2 Planning du projet	24

Introduction

Pour subsister dans le domaine de la micro-électronique et rester compétitif, les entreprises ont comme moyens d'action la réduction de la non qualité sans l'augmentation des prix de ventes ; l'objectif étant de tendre vers « le zéro défaut ».

Consciente de ces enjeux, l'entreprise STMicroelectronics investit dans la recherche et c'est dans cette optique qu'ils nous ont contacté afin de commencer à élaborer un projet pour détecter et diminuer la non qualité de leurs produits.

Ce type d'entreprise possède un certain nombre de contraintes propres, (salle blanche, contrôles des produits longs et coûteux, production non linéaire....etc). Devant cet état de fait, il est impossible d'appliquer des méthodes simples et classiques pour résoudre ce problème.

Notre travail consiste à répondre à un besoin client qui se manifeste par la recherche d'une méthode réduisant la non qualité en terme de temps et d'argent.

Cette méthode permettra d'optimiser le contrôle des produits et des machines de façon à détecter de manière rapide, automatique et fiable les rebuts possibles.

Le présent rapport se décompose de la manière suivante :

- Le contexte de l'étude dans lequel il y a une présentation de l'entreprise et de son activité suivie du cahier des charges et de sa spécification
- L'état de l'art des différentes méthodes existantes et employées dans l'industrie pour cette problématique
- Le développement de notre propre solution. La solution sera d'abord définie, ensuite adaptée à notre cas d'étude , puis implémentée et testée et finalement nous analyserons les résultats obtenus pour proposer des pistes d'amélioration.
- Une synthèse de notre gestion et organisation de projet.
- Une gestion des coûts comprenant une estimation et un bilan sur les hypothèses avancées
- La conclusions et les perspectives sur la faisabilité de ce projet

Première partie

Contexte de l'étude



Présentation de STMicroelectronics

STMicroelectronics^[1] (plus connue sous le nom de ST) est une multinationale du semi-conducteurs, créée en 1987, suite à la fusion de *SGS Microelettronica* et de *Thomson Semiconducteurs*, sous le nom de *SGS-THOMSON*. Renommée en *STMicroelectronics*, après le retrait de *Thomson* en 1998. Cette entreprise développe, fabrique et commercialise des puces électroniques à travers le monde.

Elle est organisée de la manière suivante :

- la société mère *STMicroelectronics* est de droit hollandais (enregistrée à Amsterdam),
- la direction administrative est regroupée en grande partie sur le site de Genève en Suisse,
- la direction opérationnelle du groupe est italienne, implantée sur le principal site du groupe à Agrate (à côté de Milan).

Société en expansion économique depuis sa création, son chiffre d'affaire a doublé en dix ans depuis son changement de nom « *STMicroelectronics* » (CA : \$9,84 milliards en 2008 contre \$4,25 milliards en 1988).

S'appuyant sur sa technologie et son expertise, *ST* se positionne au 5^e rang mondial dans la fabrication des semi-conducteurs depuis 2005. *ST* emploie environ 51000 personnes répartis dans 15 sites de production (cf Fig 1.0.1), 39 centres de R&D¹ et plus de 78 bureaux de vente à travers le globe.

FIGURE 1.0.1. Principaux sites de production



Cette carte indique la répartition des usines de production de ST à travers le monde

1. Recherche et développement

CHAPITRE 2

Cahier des charges

2.1. Cahier des charges fourni

Nous donnons le cahier des charges tel qu'il nous a été donné au commencement du projet :

« Le travail consistera en une étude de faisabilité sur l'évaluation des « wafer@risk » (WAR). Actuellement nous comptons le nombre de plaque de silicium travaillées entre deux contrôles (mesures). Ce comptage peut être référencé par rapport à une machine de production ou par rapport à une technologie. Ce comptage ne tient pas compte de l'existence de plusieurs type de paramètres ni de l'interaction potentielle entre paramètres. Pour l'instant les mesures effectuées sur des plaques de production et les mesures sur plaque de test liées aux qualifications périodique sont prisent en compte de la même manière sans tenir compte de la signification de la mesure. Cette méthode ne nous permet pas de régler nos outils d'échantillonnage par rapport à un risque maximal garanti. »

2.2. Formalisation du cahier des charges à partir du besoin du client

La pratique actuelle de STMicroelectronics consiste à compter le nombre de plaques de silicium travaillées entre deux mesures. Ce comptage peut être associé à une machine de production ou à une technologie. Par contre, il ne prend pas en compte l'existence de plusieurs type de paramètres ni de l'interaction potentielle entre ces paramètres.

Leur cycle de production moyen dure trois mois, suivi par un système GPAO. La production est de type « jobshop¹ » par lots de 25 plaques de silicium. Elle ne suit pas le principe FIFO² et ce qui constitue une des difficultés majeure de cette étude.

Il existe deux types de contrôle pour assurer les volumes de production à risque :

- Contrôle de qualité sur des plaques de silicium³ travaillées à l'aide des appareils de métrologie. Ce type de contrôle est très onéreux et nécessite plusieurs heures pour peu de plaques.
- Contrôle de fiabilité des machines de production, c'est une tâche de maintenance périodique consistant à vérifier son bon fonctionnement à l'aide d'une plaque de silicium vierge. Ce type de contrôle n'est ni onéreux ni long mais engendre l'indisponibilité de la machine .

Les règles de contrôle sont basées sur l'expérience des contremaîtres, sans procédure définie. Cette méthode ne permet donc pas de pouvoir régler les outils d'échantillonnage par rapport à un risque maximal garanti.

1. Production en atelier, mouvement brownien des produits dans le cycle de production.

2. First In First Out

3. Contrôle du produit par échantillonnage

2.3. Mission du PFE

Le coût de la non-qualité est souvent la raison de la faillite d'une entreprise. D'une part, celui-ci ne participe pas à la valeur ajoutée du produit, et d'autre part rend impossible la prise de pouvoir économique sur le marché.

Notre travail consiste donc à rechercher une ou des solutions susceptibles d'améliorer la gestion des contrôles et de pouvoir maîtriser la production à risque.

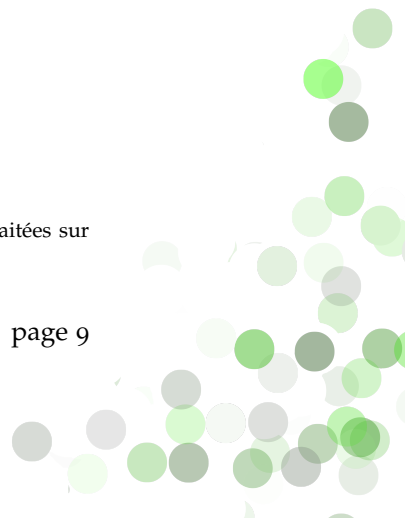
La mission telle qu'elle a été mentionnée dans le sujet de notre PFE est la suivante : « **Le travail consistera en une étude de faisabilité sur l'évaluation des 'wafer@risk'⁴** ».

Notre action se limite à la recherche des solutions et à l'étude de leur faisabilité. Étant donné que le domaine est limité en source d'informations (à cause de la confidentialité et de l'ultra compétitivité de la micro-électronique), nous serons peut-être amenés à concevoir notre propre solution.

2.4. Plan de l'étude

Une étude préliminaire pour balayer le sujet et les pistes de recherche d'information possibles. Ce qui nous amène à l'étude de l'art, une sorte de travail de *Benchmarking*. A partir du bilan de cette étude, de fouille d'information, nous essaierons de trier et de garder les solutions pertinentes pour une étude plus approfondie. Dans le cas où l'état de l'art ne permet pas de répondre pertinemment à nos attentes. Une tentative solution sera développer par notre équipe pour répondre à notre problème d'optimisation, suivi de la phase de simulation et de validation de la solution.

4. « Wafers At Risk » (W@R) est un indicateur qui représente le nombre de plaques traitées sur un équipement depuis la dernière tâche de contrôle.



Deuxième partie

Etat de l'art



CHAPITRE 3

Bilan sur l'état de l'art

Suite à l'énoncé des contraintes du client, nous avons analysé et évalué plusieurs approches possibles. Voici le résumé de ces méthodes et notre avis sur celles-ci. Nous détaillerons les forces et les faiblesses de chacune.

Document	Résumé	
Ouvrage « Utilisation du jugement d'expert en sûreté de fonctionnement » [?]]	Objectif	Repose sur une démarche qualitative et quantitative qui se traduit par l'analyse des modes de défaillance de leurs effets et de leurs criticités (AMDEC). AMDEC repose sur une décomposition fonctionnelle de la machine. Elle permet d'identifier et de classer les modes de défaillances. Afin de définir des actions préventives ou correctives adaptées.
	Avantages	Évaluer et garantir : la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité, la sécurité et le rendement maximum au moindre coût.
	Inconvénients	Ne permet pas de combiner plusieurs défaillances, en effet elle ne peut détecter qu'une défaillance à la fois.
	Conclusion	Cette démarche n'est pas faisable, elle requiert un niveau de détails trop important pour une production de ce type (non linéaire, multi produits, interaction de nombreux paramètres et grand nombre d'étape de fabrication).
Dossier « Principes généraux de gestion du risque » [3]	Objectif	Une étude pour la détection et la réduction du risque, elle rentre dans la prévention des phénomènes dangereux et a pour objectif d'apprécier le risque et de le réduire.
	Avantages	Une démarche complète et entière, qui gère et corrige le risque grâce à des actions en amont et en aval.
	Inconvénients	Une démarche très longue et qui exige une connaissance parfaite des machines. Elle ne traite que les phénomènes dangereux liés à la machine.
	Conclusion	Si les ressources de l'entreprise le permettent, elle peut constituer une étude annexe intéressante pour identifier, classer et pondérer le niveau des risques des machines afin de mieux gérer la maintenance des machines.

Document	Résumé	
Article « Optimized Design of Control Plans Based on Risk Exposure and Resources Capabilities »[3]	Objectif	Une méthode d'élaboration d'un plan de contrôle en deux étapes : la première étape consiste à identifier les risques possibles et de faire une répartition de risque. Ensuite ajuster le plan construit en ajoutant ou en supprimant des contrôles selon la capacité.
	Conclusion	Cette méthode ne peut être retenue pour notre cas d'étude car il faut identifier tous les risques possibles ainsi que la capacité de contrôle.
Article « An Approach for Operational Risk Evaluation and its Link to Control Plan »[4]	Objectif	Basé sur l'évolution de la défektivité potentielle. Cette évolution est supposée linéairement croissante avec le nombre d'exécution (traitement par la machine), sans contrôle, sur un horizon donné. Ce risque potentiel est réinitialisé, à une valeur seuil, après chaque tâche de contrôle ou de maintenance. L'évolution la défektivité potentielle dépend de la gestion des tâches de qualité et de maintenance. De plus s'ajouter à cela une fonction d'évaluation de la valeur ajoutée des tâches de contrôles mises en place afin de déterminer la bonne planification de ces tâches pour un résultat optimal du risque.
	Avantages	Réduit fortement le risque du processus
	Inconvénients	La proportionnalité de la réduction du risque dépend du nombre de plan de contrôle
	Conclusion	Cette méthode n'est pas industriellement viable dès lors qu'on exige un niveau de fiabilité élevé pour les processus car cela engendrait d'important temps d'indisponibilité des machines
Article « Optimizing Return On Inspection Trough Defectivity Smart Sampling »[6]	Objectif	Repose sur une méthode d'échantillonnage « intelligente » qui permet d'identifier seulement les produits (échantillons pertinents) à contrôler sans perte d'information.
	Avantages	Un algorithme a été développé pour identifier et contrôler un critère sur les produits inspectés.
	Inconvénients	Cette approche ne permet pas de réduire les risques en défektivité mais seulement l'échantillonnage pour la mesure.
	Conclusion	Cette méthode peut être retenue pour être exploitée en complément avec une solution qui traite plus le cœur de notre problème en terme de défektivité.



Document	Résumé	
Article « Computation of Wafer-At-Risk from Theory To Real Life Demonstration »[7]	Objectif	Porte sur l'évaluation des risques et l'optimisation de l'utilisation des équipements de contrôle en introduisant les indicateurs W@R et W@R-Réduction. Cette méthode permet d'aboutir à une réduction importante des risques, évitant ainsi jusqu'à 35% de produits inspectés inutilement. Cependant, les résultats obtenus varient fortement en fonction du type de recette.
	Avantages	C'est une méthode très prometteuse au niveau des résultats.
	Inconvénients	Complexe, exige beaucoup d'information.
	Conclusion	Par manque de consistance des informations, cette méthode n'a pas été retenue comme solution sous réserve qu'il y aurait des informations plus détaillées permettant de prononcer sur sa faisabilité.
Présentation « Operational Risk Evaluation and Control Plan Design »	Objectif	Une méthode d'évaluation des risques opérationnels aidant à la prise de décisions pour les plans de contrôle. L'idée consiste à évaluer les risques du processus (machines). A chaque traitement, la fiabilité du processus diminue (usure de la machine) jusqu'à la tâche de qualité (maintenance) soit effectuée pour redresser son niveau de fiabilité.
	Avantages	Traite la fiabilité de la machine.
	Inconvénients	Demande beaucoup de traitement.
	Conclusion	Ce support de présentation n'apporte pas plus d'information pertinente que le 2ème article, cette présentation n'a pas été retenue comme solution pour les mêmes raisons que l'article.
Présentation « A Novel Approach to Minimize the Number of Controls in the Defectivity Area »	Objectif	Cette étude repose sur l'indicateur « Wafers At Risk » (W@R), qui représente le nombre de plaques traitées sur un équipement depuis la dernière tâche de contrôle. Cet indicateur sera exploité par un algorithme de calcul des « Permanent Index per Context (PIC) ». Les résultats de l'implémentation de l'algorithme sur une ligne de production montrent, au bout de deux semaines, qu'une réduction de 35% des produits qui peuvent être exemptés de contrôle sans incident sur le taux de défectivité de la production.
	Conclusion	Nous aboutissons à la même conclusion que l'article « Optimizing return on inspection through defectivity smart sampling » qui traite plus ou moins la même approche. Cette approche n'a pas donc été retenue comme solution pour notre étude.

Document	Résumé	
Article « A New Competitive Algorithm for Group Testing »[2]	Objectif	Évoque une méthode quantitative basée sur l'analyse systématique d'ensemble de produit, en effet elle est décrite sous la forme d'un algorithme qui cherche les produits défectueux en optimisant le nombre de test.
	Avantages	Cette méthode est programmable et a priori correspond au sujet.
	Inconvénients	Demande beaucoup de tests et donc systématique.
	Conclusion	Nous avons décidé de garder cette méthode au début, mais une fois que nous avons commencé à faire la correspondance avec notre étude, nous nous sommes rendu compte que cette dernière demande beaucoup de tests dans le cas où dans le premier échantillon il n'y a aucun éléments défectueux, de plus nous avons une taille de lot fixe et nous ne pouvons faire des tests simultanés sur plusieurs lots et finalement cette méthode imposera l'arrêt de la production plusieurs fois afin de prélever l'échantillon à tester, la taille de ce dernier peut devenir très grande. Cette méthode s'applique dans un cadre où la taille de l'échantillon n'est pas fixe et que le contrôle n'en est pas perturbé ¹ . Malheureusement les contraintes fortes liées au contrôle des lots nous empêchent d'avoir des contrôles des tailles de lot de plus en plus importante.

3.1. Conclusion de l'état de l'art

Au terme de cette analyse, il s'est avéré qu'aucune solution concrète ne s'est détachée. Aussi avons-nous décidé de concevoir et développer notre propre méthode de détection.

L'idée étant d'utiliser les contraintes industrielles pour élaborer notre propre algorithme de calcul. Nous détaillerons celui-ci ainsi que ses résultats dans la partie suivante.



Troisième partie

Développement de la solution



CHAPITRE 4

Algorithme du marcheur

4.1. Présentation générale

La recherche de solution déjà faite pour répondre à notre problématique étant infructueuse, nous avons développé une méthode tenant compte des contraintes et permettant d'effectuer une analyse des données pour déterminer les lots à contrôler. L'idée pour expliquer cet algorithme est assez simple. Nous cherchons à déterminer la chance qu'a un marcheur de se faire attaquer en se baladant dans une grande ville.

4.2. Détails de l'algorithme

4.2.1. Idée de l'algorithme. L'idée de l'algorithme est un peu saugrenue, on se propose de regarder quelle est la probabilité qu'un marcheur ¹a d'être attaqué dans une grande ville. Pour cela nous allons faire quelques hypothèses pour construire notre modèle.

- Le marcheur se promène dans des quartiers plus ou moins dangereux ², plus un promeneur reste dans des quartiers réputés dangereux plus il aura de chance d'être agressé.
- Un quartier devient de plus en plus dangereux quand il est laissé à l'abandon par la police. En effet, plus les voyageurs passent dans un quartier, plus cela attire la convoitise des bandits et plus le quartier devient dangereux. Jusqu'au jour où la police arrive et envoie tous les bandits en prison. Le quartier sera alors de nouveau sûr et recommencera à devenir de plus en plus dangereux au fur et à mesure des nouvelles visites.
- Si un marcheur sortant d'un quartier est contrôlé par un médecin et que ce dernier constate que l'état de santé du marcheur est bon. Alors on change d'opinion sur la dangerosité du dernier quartier et il est remis à nouveau à un seuil de confiance.
- Si un marcheur est petit et mince il a plus de chance de se faire agresser que si il est grand et fort.

Ensuite nous calculerons l'indice de santé du marcheur en fonction des quartiers qu'il a traversé et de son physique. Dans l'absolu un marcheur petit et maigre qui reste dans des quartiers désertés par la police aura de plus fortes chances d'être blessé qu'un grand qui se balade dans des quartiers avec une forte présence policière ³.

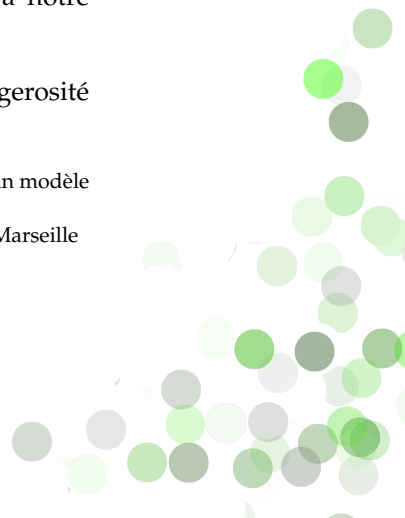
4.2.2. Adaptation de l'algorithme. Pour adapter notre algorithme à notre problème industriel nous faisons les associations suivantes :

- Un marcheur est un lot (*Batch*)
- Un quartier est une machine de production (*Workstation*) et la dangerosité du quartier sera la fiabilité de la machine

1. Le nom « modèle du marcheur » est un clin d'oeil à « la marche de l'ivrogne » qui est un modèle utilisé en thermodynamique et pour modéliser le mouvement brownien des particules.

2. Par exemple les quartiers nord sont plus dangereux que le quartier du vieux port à Marseille

3. Même si cette règle ne s'applique pas au cas de la Tunisie actuellement



- Une descente de police est une tâche qualité sur une machine (MSE)
- Un contrôle du docteur est une mesure sur lot (MSL)
- L'état de santé du marcheur sera l'indice de santé du lot (ou fiabilité du lot)

L'algorithme prend en entrée un fichier contenant un historique des opérations de production, dans ce fichier chaque opération est caractérisée comme suit : « taskID », « date », « batchName », « operation », « quantity », « event », « technology », « workstationID ».

Explication :

TaskID: l'identifiant de la tâche.

date: la date de la tâche.

batchName: le nom du lot.

operation: ce champs qualifie le type d'opération effectués sur le lot.

quantity: le nombre de plaques dans le lot.

event: permet de préciser le type d'évènement (PRP , MSL , MSE).

technology: le nom de la technologie, il y a 5 types de technologies(T1,T2,T3,T4,T5).

workstationID: l'identifiant de la machine dans laquelle l'opération va être exécutée.

Notre calcul se décompose en deux parties,

- nous calculons la fiabilité d'une machine,
- nous nous intéressons à l'indice de santé du lot.

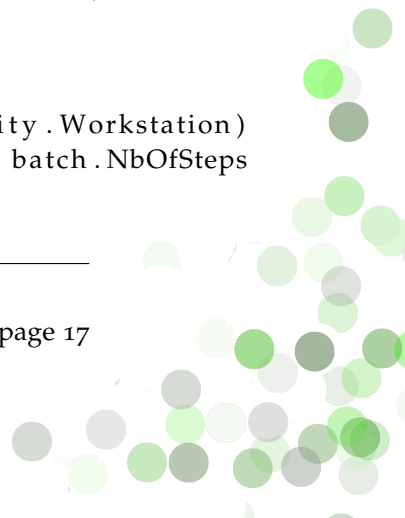
Algorithm 1 Algorithme du marcheur en séquentiel

Algorithm Marcheur

```

for each batch in ListOfBatches
Do
    for each tracability in batch.tracabilities
    Do
        if tracability is a MSL operation then
            batch.fiability = DEFAULT_FIABILITY_BATCH
            setFiability(tracability.previousWorkstation) =
                DEFAULT_FIABILITY_WORKSTATION
        end if
        batch.fiability = batch.fiability *
            calculateWorkstationFiability(tracability.Workstation)
        batch.progress = NbTracabilityProgressed / batch.NbOfSteps
    End for
End for

```



Algorithm 2 Algorithme du calcul de fiabilité de la machine

```

Algorithm du calcul de la fiabilité de la machine
  set(FIABILITY_MIN_WORSKATION)
  for each tracability in Workstation.tracabilities
    Do
      if tracability.event is a control operation (MSE or MSL) then
        Workstation.fiability=DEFAULT_FIABILITY_WORKSTATION
      else
        Workstation.fiability=DEFAULT_FIABILITY_WORKSTATION
          – countNBEventsSinceLastControl(Workstation)
      End if
  // on définit un seuil minimal pour la fiabilité de la machine
  return max(Workstation.fiability ,FIABILITY_MIN_WORSKATION)
  End for

```

Le calcul de la fiabilité du lot prend en compte la fiabilité de la machine qu'il traverse (Cf Algorithme 1 et Algorithme 2) et il tient compte des contrôles *MSE* et des *MSL*, qui sont les deux leviers possibles pour améliorer la qualité des lots. En sortie de l'algorithme chaque lot dispose d'un indice de santé et de son état d'avancement. Cet indices de santé nous permet de savoir si le lot a besoin d'être contrôlé ou non.

4.3. Implémentation de l'algorithme

Dans le but de valider et de concevoir un prototype pour vérifier le bon fonctionnement de notre algorithme , nous l'avons implémenté en utilisant le langage de programmation Java.

4.3.1. Choix du langage. Le choix du langage de la maquette s'est porté sur « Java » pour différentes raisons :

- Clarté du langage.
- Projet n'étant qu'une maquette et ne servant qu'à la validation de notre algorithme. La performance n'était donc pas une contrainte
- Langage maîtrisé au sein de l'équipe.
- Simplicité de la modélisation.
- Grand catalogue de fonctionnalités pré-définies.
- Gratuité de la licence d'utilisation.

Pour toutes ces raisons, l'utilisation du « Java » nous a paru évidente. Nous nous intéressons ensuite à la description de l'implémentation.

4.3.2. Structure du projet.

Notre projet analyse le fichier de données en entrée. Chaque ligne du fichier fait l'objet d'une opération et chaque opération est une instance de la classe *Traçability*. Ensuite il y a des classes *Extractors* qui associent les bonnes traçabilités au bon lot et à la bonne machine . Les classes principales dans notre projet son illustrées dans le diagramme (Cf Fig 4.3.1). Chacune de ces classes contient sa mémoire propre et est capable de calculer sa fiabilité et/ou son indice de santé.

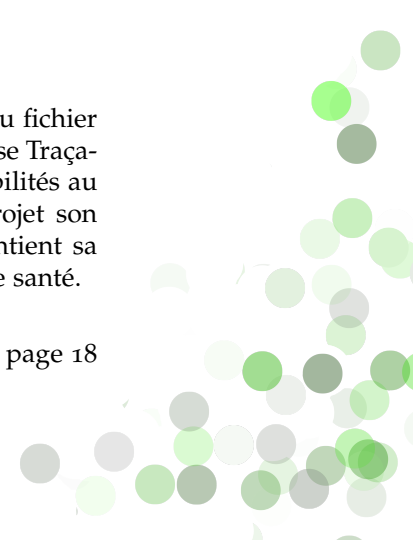
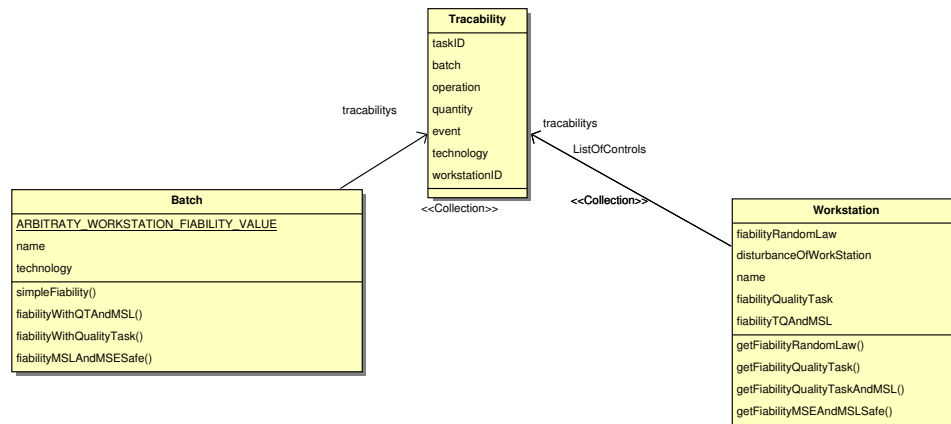


FIGURE 4.3.1. Diagramme de classe des différentes entités



*Ce diagramme de classe représente l'ensemble des classes entités, les **Batch** et **Workstation** contiennent des collections de **tracability**, qui constituent la mémoire de chacun des éléments.*

Remarque : Dans le projet existe une classe nommée **Constants** qui contient toutes les constantes nécessaires au réglage de notre application. Ces connaissances faisant référence au savoir-faire métier, les valeurs que nous avons utilisé sont donc parfaitement arbitraires.

4.4. Test

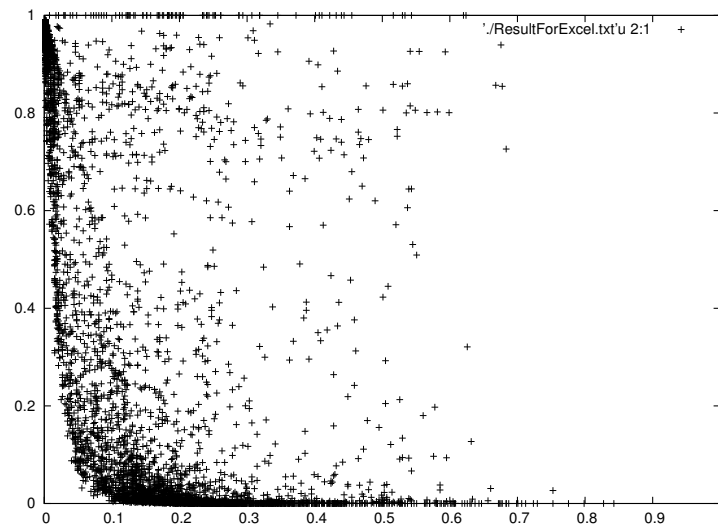
Pour tester notre projet, nous l'avons exécuté sur un fichier contenant l'historique d'un mois de production filtré soit 400000 évènements de l'usine. En sortie, nous avons un fichier qui indique pour chaque produit son avancement dans la production et son indice de santé (Figures 4.4.1 et 4.4.2). Nous faisons tourner le même algorithme avec deux réglages différents (Tableau 4.4.1 et 4.4.2).

TABLE 4.4.1. Données de réglage de l'algorithme

Constante	Valeur
$\lambda_{Dereglement}$	0.0001
$F_{MachineDefaut}$	1
$F_{MachineDefaut}$	0.99
$F_{MachineMin}$	0.1

Valeurs de réglage utilisées pour générer les résultats représentés dans la figure 4.4.1

FIGURE 4.4.1. Représentation des résultats après calculs



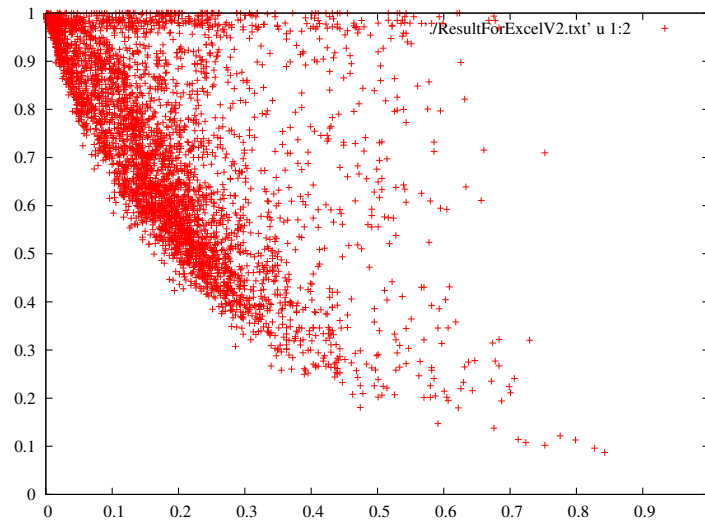
Sur l'axe des abscisses nous avons l'avancement du produit et l'axe des ordonnées représente l'indice de santé. Chaque croix représente un produit à l'instant t . Les réglages de cette simulation sont donnés dans le tableau 4.4.1

TABLE 4.4.2. Données de réglage de l'algorithme

Constante	Valeur
$\lambda_{Dereglement}$	0.00001
$F_{ProduitDefaut}$	1
$F_{MachineDefaut}$	0.999
$F_{MachineMin}$	0.5

Valeurs de réglage utilisés pour générer les résultats représentés dans la figure 4.4.2

FIGURE 4.4.2. Représentation des résultats après calculs



Sur l'axe des abscisses nous avons l'avancement du produit et l'axe des ordonnées représente l'indice de santé. Chaque croix représente un produit à l'instant t . Les réglages de cette simulation sont donnés dans le tableau [4.4.2](#)

4.5. Pistes d'amélioration

Différentes pistes potentielles sont à considérer pour l'implémentation industrielle du projet :

- Optimisation du temps de calcul (Choisir un langage plus proche de la machine ⁴, optimisation des boucles, diminution du niveau de complexité de l'algorithme)
- Rajout de paramètres, en effet le problème dans la réalité est plus complexe que notre modélisation. La fiabilité que nous prenons est en réalité dépendante de la technologie observée. Les *MSL* et *MSE* sont découpées en sous catégories qui dépendent des technologies analysées. De plus l'application d'un seuil de fiabilité d'un lot fait perdre une partie de l'historique.
- Dans notre projet toutes les machines ont le même poids pour le calcul de la fiabilité. Ce qui diffère avec la réalité, c'est que certaines machines ont des poids différents
- Interprétation des résultats, en effet il convient de définir au mieux l'interprétation que nous pourrions faire des résultats. Le tout n'est pas d'obtenir des chiffres mais il convient de les comprendre. Dans cette idée nous pouvons associer la fiabilité calculée avec un pourcentage d'avancement de la fabrication du lot.
- Le paramétrage des machines pourrait se faire de manière plus fine en fonction de l'historique de la machine par exemple : le seuil minimal, le coefficient de dérèglement et la fiabilité par défaut de la machine, et entrer manuellement ces données est impossible à cause de leur trop grand nombre ⁵.

4. Le langage C est un langage particulièrement adapté dans ce type de problème

5. 6000 paramètres pour notre usine de fabrication

Quatrième partie

Gestion de projet



CHAPITRE 5

Organisation du projet

5.1. Organisation de l'équipe

Suite à notre première réunion avec le client, il a été décidé de nous répartir les responsabilités en fonction des centres d'intérêt de chacun . Voici la présentation de l'équipe :

TABLE 5.1.1. Tableau récapitulatif des rôles

NOM Prénom	Rôle	Description du rôle
Nakara Rahma	Chef d'équipe	Son rôle est apparenté à celui d'un <i>coach</i> . Elle motive et stimule l'équipe et gère tous les problèmes organisationnels .
Garcia Fabien	Responsable de communication	Il fait l'interface entre l'équipe et les intervenants extérieurs et gère le système d'information .
Amrani-Mesbahi Jaafar	Responsable Gestion de Projet & Document	Il met en place la méthode <i>SCRUM</i> .
Nait Belkacem Abdelali	Responsable Développement	Il a pour mission de manager la partie développement du <i>PFE</i>
Nguyen Philippe	Responsable Réunion	Son rôle est de contrôler le bon déroulement de tous les réunions de l'équipe, l'animation et l'ordre du jour.

5.2. Gestion de projet

5.2.1. Choix de la méthode agile. Après l'expression des besoins du client, la gestion de projet collant au mieux au sujet du PFE s'avère être la méthode « agile ». En effet, en fonction de l'avancement du projet, cette méthode permettra de rester réactif face aux nombreuses modifications possibles, nous intégrerons celle-ci dans notre gestion de projet, elle provient de la gestion de projet des développements informatiques.

5.2.2. Caractéristiques de la méthode agile. La méthode agile retenue est la méthode *SCRUM*[5]. Ces caractéristiques principales sont :

Simplicité : la gestion de projet a été simplifiée au maximum pour n'en garder que la quintessence.

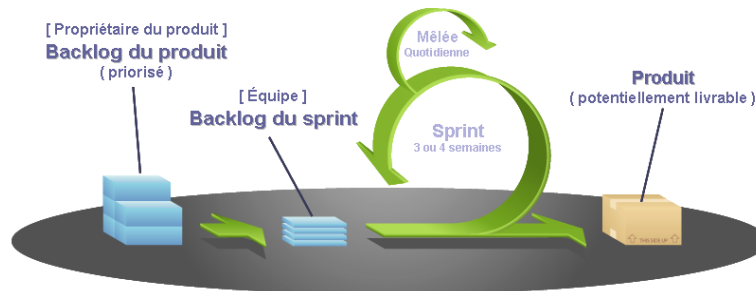
Flexibilité : cette flexibilité est obtenue par une forte implication du client. Le client peut faire des modifications sur ses besoins mais pas à n'importe quel moment, uniquement entre deux itérations. Cela permet de mieux répondre aux besoins du client.

Auto-gestion : basée sur la confiance mutuelle entre les membres de l'équipe ainsi qu'avec le client. Motivation de l'équipe.

Application : satisfaction du client en lui livrant quelque chose de fonctionnel.

Nous pouvons visualiser l'ensemble de cette méthode par le schéma (Réf : 5.2.1).

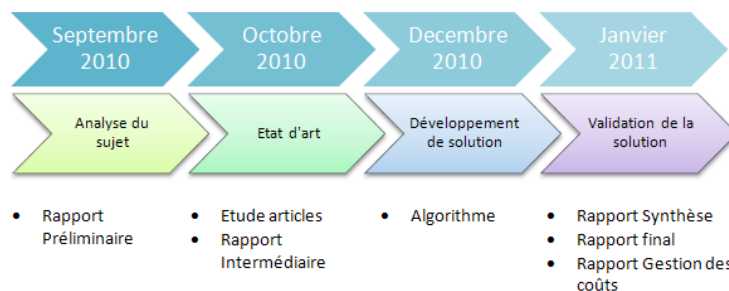
FIGURE 5.2.1. Structure Globale de la méthode SCRUM



Source : Wikipedia.

Nous détaillons les itérations de notre projet dans la figure 5.2.2).

FIGURE 5.2.2. Planning du projet



5.3. Bilan

Cette méthode de gestion de projet nous a permis de rester flexible face aux évolutions et changements des besoins client tout au long du projet (pour plus de détails cf : rapport de gestion de projet)

Cinquième partie

Gestion des coûts



CHAPITRE 6

Gestion des coûts

6.1. Objectifs

L'entreprise STMicroelectronics souhaiterait implanter une nouvelle solution dans le but :

- de réduire le temps de contrôle et de maintenance sur les machines,
- de maîtriser la qualité de ses produits,
- réduire les coûts de la non qualité.

6.2. Solution

Lors de notre étude nous avons proposer une solution « l'algorithme du marcheur », ainsi qu'une maquette afin de pouvoir quantifier la réduction de la non qualité et de ce fait calculer le bénéfice dont l'entreprise pourra en bénéficier plus tard. Cependant, faute de temps notre maquette ne permet pas encore de quantifier l'amélioration apporté par notre algorithme du marcheur. Il est à noter que notre mission principale consiste surtout à l'étude de la faisabilité des solutions et non à leurs développements.

Pour la gestion des coûts, nous avons émis deux hypothèses sur le gain apporté par notre solution en terme de réduction de la non qualité :

- cas pessimiste : notre solution permettrait une réduction de 5% des produits défectueux.
- cas optimiste : notre solution permettrait une réduction de 30% des produits défectueux.

6.3. Estimation des coûts

Le marché des sémi-conducteurs est très concurrentiel et évolue rapidement. Pour des raisons de sécurité économique de l'entreprise, notre accès aux données de comptabilité a été limité. Les données dans cette partie sont donc des estimations.

6.3.1. Hypothèses.

- Le coût d'une plaque de silicium est estimé à \$1000 en production, nous supposons que le coût d'une plaque défectueuse coûte aussi \$1000 à l'entreprise.
- La production hebdomadaire est estimée à 10000 plaques de silicium.
- Le pourcentage de la non-qualité d'une bonne entreprise est estimé à 1%.
- Notre solution ne nécessite à priori pas d'investissement initial si il embauche un thésard pour le développement de l'algorithme (\$35000 par an) et achète éventuellement du matériel informatique plus puissant (\$15000) pour une exécution plus rapide (plus de réactivité).

6.3.2. Calculs.

- Production annuelle des plaques de silicium : $10000 \times 52 = 520000$ plaques
- Coût de production annuelle : $520000 \times 1000 = 520$ millions dollars
- Avec 1% de rejet, le coût annuel de la non-qualité est de **5,2 millions dollars**

- Cas pessimiste (-5%) : $0,05 \times 5,2 \times 10^6 = \260000
- Cas optimiste (-30%) : $0,3 \times 5,2 \times 10^6 = \1560000

6.3.3. Bilan.

Notre solution permet de **réduire le coût de la non-qualité entre 0,26 et 1,56 millions dollars par an**. Comme nous avons mentionné plus haut qu'il n'y a pas besoin d'autres d'investissements que le développement de l'algorithme car la solution utilise les ressources déjà existantes. Cette présente analyse des coûts permet seulement d'apprécier le gain potentiel annuel de notre solution sur le coût liée à la défectivité¹. L'analyse détaillée de l'investissement de ce projet est présentée dans notre rapport de gestion des coûts.

¹. Présence de défauts dans le cristal d'un semi-conducteur.



Conclusion

Au terme de cette étude nous avons découvert qu'il n'y a pas de méthode existante et facile à mettre en place. L'industrie de la micro électronique est un secteur extrêmement particulier, avec des contraintes très spécifiques. Pendant un temps nous avons pensé pouvoir utiliser quelques méthodes trouvées au grès de nos recherches. Mais l'adaptation s'avérait impossible.

Nous avons alors décidé de prendre le problème à l'envers, plutôt que de chercher à adapter une méthode à nos contraintes, nous sommes partis des contraintes pour développer un algorithme. L'algorithme s'intéressait à la probabilité qu'un marcheur se fasse agresser en se baladant dans une ville. Nous avons élaboré et développé à partir de cette idée saugrenue.

Nous avons donc pu fournir une première maquette de développement pour l'entreprise ST. Cette maquette nous a permis de réfléchir à différents problèmes auxquels nous n'avions pas pensé (représentation des données, gestion des évolutions etc ...). De plus cette maquette laisse à penser qu'un développement dans ce sens pourrait avoir des applications très concrètes. D'un point de vue financier l'opération pourrait être très intéressante pour ST car le manque à gagner par la non qualité est de l'ordre du million de dollars.

D'un point de vue plus général ce projet fut l'occasion de nous frotter au monde industriel avec les contraintes et les avantages que cela représente (Interaction avec un client, mise en situation réelle, découverte de nouveaux secteurs industriels, etc ...).

Avant le départ en stage cela constitue une bonne mise en jambe en nous donnant un aperçu de ce que nous attendons nos prochaines années...

Lors de ce projet de fin d'étude nous avons réussi à atteindre les objectifs que nous nous sommes fixés, en effet nous avons répondu à la problématique posée en respectant le cahier de charge défini avec le client.

De ce fait nous avons défini notre propre solution sous le format d'un algorithme, ensuite nous avons élaboré une maquette qui a pour fonctions principales,

Notre maquette modélisant uniquement l'algorithme dans ses fonctions les plus basiques, par conséquent nous avons défini trois axes d'évolution possible.

Tout d'abord nous pourrions rajouter d'autres variables et paramètres pour compléter l'algorithme et le complexifier afin de mieux contrôler les événements lors des contrôles qualité.

Ensuite nous pouvons optimiser cet algorithme afin qu'il puisse être exécuté dans des temps plus rapides et donc être exécuté en temps réel pour une correction de la non qualité directement lors du processus de production.

Finalement, il est nécessaire de mener une étude détaillée sur le sujet. En effet actuellement, aucune publication n'est accessible au public, toutes les études concernant ce sujet restent confidentielles et les industriels ne partagent pas leurs expériences sur ce type de problèmes, ce qui est tout à fait normal d'un point de vue concurrentiel.

Bibliographie

- [1] Wikipedia st. [1](#)
- [2] Amotz Bar-Noy, Frank K.Hwang, Ilan Kessler, and Shay Kut. A new competitive algorithm for group testing. *INFOCOM-92*, September 1996. [3.0.1](#)
- [3] Belgacem Bettayeb. *Optimized design of control plans based on risk exposure and resources capabilities*. PhD thesis, S-SCOP laboratory, 2010. [3.0.1](#)
- [4] Belgacem Bettayeb, Philippe Viallette, Samuel Bassetto, and Michel Tollenaere. *An aproach for operational risk evaluation and its link to control plan*. PhD thesis, G-SCOP laboratory, 2010. [3.0.1](#)
- [5] PolyBenchmark. Prt. Technical report, Polytech GII, May 2010. [5.2.2](#)
- [6] Mhamed Sahanoun, NouvelAuteur2%, NouvelAuteur3%, Soidri Bastoini, and Michel Tollenaere. *Optimizing Return on inspection trough defectivity smart sampling*. PhD thesis, INP Grenoble, G-SCOP, 2010. [3.0.1](#)
- [7] Mhamed Sahanoun, Philippe Viallette, Samuel Bassetto, Soidri Bastoini, and Michel Tollenaere. *Computation of wafer-At-Risk from theory to real life demonstration*. PhD thesis, INP Grenoble, G-SCOP, 2010. [3.0.1](#)