



Année Universitaire : 2014-2015



Master Sciences et Techniques en Génie Industriel

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

Optimisation de l'espace et amélioration de flux du projet CD 4.1 -Floor, IP-

Lieu : Delphi Packard Tanger

Référence : 14 /15-MGI

Présenté par:

- Ouallaout Hajar
- Bajjou Mohamed Saad

Soutenu Le 26 Juin 2015 devant le jury composé de:

- Mr. Bine El ouidane Hassan (encadrant FSTF)
- Mr. Lhabib Hamedi (examineur)
- Mr. Belmajdoub Fouad (examineur)



Stage effectué à : DELPHI PACKARD TANGER



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

Nom et prénom:

- Mlle HAJAR OUALLAOUT
- Mr MOHAMED SAAD BAJJOU

Année Universitaire : 2014/2015

Titre: Optimisation de l'espace et amélioration de flux des zones Floor et IP du projet CD4.1 – Floor, IP -

Résumé

Ce rapport s'inscrit dans le cadre de la préparation du Master en Génie Industriel, il englobe le travail effectué durant notre stage au sein de Delphi Packard Tanger. Ce travail consiste à optimiser l'espace et améliorer le flux des zones Floor et IP en suivant la méthodologie « DMAIC » ainsi que les autres outils d'amélioration continue.

Pour mieux connaître les moyens de production nous avons commencé par la maîtrise et la compréhension des zones de travail ' Floor CD4.1 Bigs Familis – IP CD4.1 Bigs Familis''. Ensuite nous sommes passés à l'étude de l'état actuel, cette dernière visait la détermination des causes racines contribuant à une mauvaise gestion de l'espace et de flux en se servant des outils d'analyse comme le diagramme d'Ishikawa, diagramme de Pareto et la technique de brainstorming.

Nous avons proposé, par la suite, des actions d'amélioration afin de remédier aux causes les plus pénalisantes pour la société.

Par la suite nous avons présenté l'implantation de quelques améliorations proposées, ainsi que les gains obtenus, nous avons également mené un suivi pour s'assurer de l'efficacité des améliorations appliquées.

Mots clés:

DMAIC, optimisation, Causes racines, espace, flux, Floor/IP.

Dédicace

Nous dédions ce modeste travail, comme preuve de respect, de gratitude, et de reconnaissance :

À nos parents,

Pour leur amour, leur soutien et leur patience.

À nos frère et sœurs,

En témoignage de notre profond respect et amour. Nous vous remercions pour votre soutien et vos encouragements.

À nos amis,

Pour les bons moments que nous avons partagés ensemble.

À tous ceux qui nous aiment et tous ceux qui nous aiment que nous n'avons pas cité mais que nous n'avons pas oubliés.

Hajar & Mohamed Saad

Remerciements

Au terme de ce travail, nous exprimons notre profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué à sa réussite, qui nous ont aidés à surmonter toutes les difficultés rencontrées pendant la période de notre stage.

Ainsi, nous exprimons notre profonde gratitude à **Mr.** le Doyen de la FST de Fès, tout le cadre administratif et professoral et spécialement le département génie industriel pour leurs efforts considérables et pour la formation prodigieuse qu'il nous a prodiguée.

Notre gratitude s'adresse aussi à **Mr. HASSAN BINE EL OUIDANE** pour son encadrement pédagogique, pour ses conseils efficaces et ses judicieuses directives.

Nos sincères considérations vont également à notre encadrant professionnel **Mr. TAJE-EDDINE ELARABI**, coordinateur preplaning, de nous avoir assisté et orienté durant toute la période de stage, de ses conseils et de ses éclaircissements.

Nous voulons aussi témoigner notre reconnaissance à tout le personnel de DELPHI Packard Tanger, surtout les membres du Département Ingénierie qui nous ont accordé, de bon gré, leur collaboration et les explications concernant le fonctionnement de leurs services, de leur aide et de leur gentillesse.

Nous remercions, également **Mr. FAYCAL MEQDAR** et **Mlle. GHIZLANE EL KOUHEN**, responsables méthode, pour leurs précieux conseils, et leurs disponibilités à notre égard aux différentes phases d'élaboration de ce projet.

D'une manière générale, nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué, directement ou indirectement, à faire ce stage une expérience enrichissante et valorisante.

Glossaire

C**Ch** : chariot**C** : cellule**N****Nb** : nombre**D****DPT** : Delphi Packard Tanger.**O****QVC** : Quality Volume Capacity**F****FIFO** : First In First Out**R****RHD**: Right Hand Driver.**ROB**: Ring Out Board.**I****IP** : Instrument Pannel**S****SS**: Slice Sever**L****LHD** : Left Hand Driver**M****M** : Machine**Min** : minute**U****US**: Ultra Sonic

Liste des figures

Figure 1 : organigramme de DPT	3
Figure 2: organigramme de département ingénierie.....	4
Figure 3 : schéma récapitulatif des étapes de processus de fabrication du câblage	5
Figure 4 : Schéma de flux de production	5
Figure 6 : FORD Mandeo (4 Door, 5 Door, Wagon)	9
Figure 7 : body style FORD Mandeo	9
Figure 8 : Planification des tâches de projet fin d'études.....	12
Figure 9 : plan prévisionnel du projet	12
Figure 10 : Lay out zone Floor line 2.....	16
Figure 11: Sub Kitting.....	17
Figure 12 : Sub Assembly	17
Figure 13 : Cellules Kitting.....	18
Figure 14 : Tableau de Main	18
Figure 15 : Poste Goulotte.....	19
Figure 16 : Banc Électrique.....	19
Figure 17 : Poste de Contention	19
Figure 18 : Poste d'emballage	20
Figure 19 : Table de réparation	20
Figure 20 : Flux de la zone Floor line 2	21
Figure 21 : Diagramme d'Ishikawa	25
Figure 22 : Diagramme de Pareto des causes racines d'arrêt de production.....	27
Figure 23 : Diagramme de Pareto des temps des déplacements inutiles	29
Figure 24 : Déplacements inutiles au niveau des cellules Kitting.....	29
Figure 25 : rack surdimensionné	30
Figure 26 : Cellule 1 US2.....	31
Figure 27 : Cellule 5.3.....	31
Figure 28 : Racks d'alimentation de la chaîne d'assemblage.....	31
Figure 29 : plaque de contrôle mal dimensionné	32
Figure 30 : Moyen de connexion entre la cellule 5 et le poste 4 de la chaîne d'assemblage	32
Figure 32 : l'emplacement de la table de réparation	33
Figure 31 : rack de l'analyseur	33
Figure 33 : Déplacements inutiles des opérateurs	34
Figure 34 : Emplacement de l'UCAB	34
Figure 35 : Mal positionnement du moyen de connexion entre les postes de préparation	35
Figure 36 : l'opération de la transportation des palettes.....	35
Figure 37 : Répartition des différents kits (4Door, 5Door, Wagon) dans la zone Floorline2	36
Figure 38 : Jeu entre les cellules de la zone Kitting	36
Figure 39 : Contre pièce du connecteur C4ME35 (4Door)	37
Figure 40 : Lay out avant de la Zone Floor Line 2.....	38
Figure 41 : Lay out après de la Zone Floor line2	38
Figure 42 : UCAB de la zone Floor line 2	40
Figure 43 : Emplacement de l'UCAB Avant et après l'amélioration	40
Figure 44 : Lay out de la zone centralisée.....	41

Figure 45 : Lay out de la zone centralisée après l'introduction de l'UCAB	42
Figure 46 : Gain de l'espace au niveau de la zone Floor line 2.....	42
Figure 47 : Lay out avant déplacement du poste SS-Sub.....	43
Figure 48 : Lay out après déplacement du poste SS-Sub.....	43
Figure 49 : le nouvel emplacement de la table de réparation	44
Figure 50 : Les racks d'alimentation des postes de la chaine avant et après le fusionnement.....	48
Figure 51: Cellule 5.2Figure 52:Cellule 5.1	49
Figure 53 : Ajustement des moyens de connexion de la zone Floor line1/line2.....	51
Figure 54 : Les chariots de la table de réparation avant et après amélioration	51
Figure 55 : Lay out de la zone de réparation.....	53
Figure 56 : rack avant et après l'amélioration.....	55
Figure 57 : la table de goulotte 2 avant et après l'amélioration	55
Figure 58 : rack surdimensionné	56
Figure 59 : le premier rack avant et après l'amélioration.....	56
Figure 60 : le deuxième rack avant et après l'amélioration.....	57
Figure 61 : couloir dessiné pour l'alimentation du poste goulotte2	57
Figure 62 : le nouvel emplacement des boites vides	58
Figure 63 : moyen de connexion avant et après l'amélioration.....	58
Figure 64 : l'emplacement du rack avant et après l'amélioration	59
Figure 65 : plaque SpliceSaver avant et après amélioration.....	60
Figure 66 : Elimination de l'espacement entre les cellules	60
Figure 67 : L'espace libéré après l'élimination des équipements (4 Door)	62
Figure 68 : L'opération du déplacement des cellules.....	62
Figure 69 : L'emplacement de l'UCAB avant et après amélioration	63
Figure 70 : Déplacement du poste SS-Sub.....	63
Figure 71 : Racks vides après l'amélioration effectuée.....	64
Figure 72 : Moyen de connexion après ajustement	64
Figure 73 : Zone de réparation Floor line 1 / line 2.....	65
Figure 74 : L'emplacement de la nouvelle zone de réparation	65
Figure 75 : L'UCAB installé au niveau de la zone centralisé	67
Figure 76 : Espace libéré au niveau de la zone Floor line 2.....	67
Figure 77 : Tableaux de sub assembly avant et après l'amélioration.....	68
Figure 78 : Modèle 2015 de la voiture Ford Mandeo « Vignale»	69
Figure 79 : Table goulotte avant et après amélioration	70
Figure 80:rack à coté de la table de répration avant et après l'améliortion.....	71
Figure 81: rack à coté du poste goulotte 1 avant l'amélioration	72
Figure 82:le nouveau emplacement des deux racks avant et après l'améliortion	72
Figure 83 :couloir pour l'alimentation du poste goulotte 2.....	73
Figure 84 : Moyens de connexion avant et après amélioration	73
Figure 85 : l'emplacement des boites vides avant et après l'améliortion	74
Figure 86 :moyen de connexion avant et après l'améliortion	75
Figure 87 : tracé la courbe d'évolution du taux d'occupation au niveau des deux zones étudiées. ...	76
Figure 88 : Histogramme des déplacements avant et après amélioration	78

Liste des tableaux

Tableau 1 : Fiche Signalétique Delphi Packard Tanger	3
Tableau 2 : Equipe du projet Six Sigma.....	11
Tableau 3: Diagramme SIPOC.....	13
Tableau 4 : les risques du projet.....	14
Tableau 5 : Taux d'occupation dans les zones Floor Line 1	22
Tableau 6 : Taux d'occupation dans les zones Floor Line 2	23
Tableau 7 : Taux d'occupation dans les zones IP Line 1	23
Tableau 8 : Taux d'occupation dans les zones IP Line 2	24
Tableau 9: Les causes d'arrêt de production de la zone Floor Line 2	26
Tableau 10: Classement des causes racines d'arrêt de production par ordre décroissant	27
Tableau 11: Classement par ordre décroissant des Déplacements inutiles dans la zone Floor line2 ..	28
Tableau 12 : la durée des opérations effectuées par le poste goulotte 1 et 2.....	30
Tableau 13 : La nouvelle répartition de la production des câbles dans la zone Floor Line 2	37
Tableau 14 : Estimation de l'espace optimisé	39
Tableau 15 : Estimation des déplacements optimisés	39
Tableau 16 : Minimisation des déplacements inutiles au niveau de l'UCAB.....	41
Tableau 17: Gain en déplacement au niveau de Sub 3.2.....	44
Tableau 18 : Minimisation des déplacements inutiles.....	45
Tableau 19 : Changement de l'emplacement des postes de préparation	46
Tableau 20 : Optimisation de la route d'alimentation.....	46
Tableau 21 : l'emplacement des moyens de connexions avant et après l'amélioration	47
Tableau 22: l'emplacement de la table de réparation avant et après l'amélioration	47
Tableau 23 : Gain de l'espace en fusionnant les racks d'alimentation.....	48
Tableau 24 : Minimisation des déplacements au niveau de Sub 3.2	49
Tableau 25 : Libération de l'espace de la cellule 5.2	49
Tableau 26 : Ajustement des racks de la zone Floor line 2.....	50
Tableau 27 : Réduction de la largeur du slot.....	52
Tableau 28 : Les fonctions des postes de la zone de réparation.....	53
Tableau 29 : Amélioration de flux au niveau de Sub Assembly	54
Tableau 30 : l'équipe consacrée pour la mise en place des actions d'amélioration	61
Tableau 31 : Investissement en main d'oeuvre	62
Tableau 32 : Investissement en main d'oeuvre	63
Tableau 33 : Investissement en main d'oeuvre	63
Tableau 34 : Investissement en main d'oeuvre	64
Tableau 35 : Investissement en main d'oeuvre	64
Tableau 36 : Investissement en main d'oeuvre	66
Tableau 37: Investissement en équipements	66
Tableau 38 : Investissement en main d'oeuvre	67
Tableau 39 : La nouvelle répartition des tâches au niveau de sub assembly de la zone Floor line 1 ..	68
Tableau 40 : Investissement en main d'oeuvre	68
Tableau 41 : Investissement en équipement.....	68
Tableau 42: Calendrier des améliorations	69

Tableau 43:table de goulotte 2avant et après l'amélioration.....	70
Tableau 44:l'investissement en équipement de l'amélioration1	71
Tableau 45 : l'investissement en main d'œuvre de l'amélioration 2.....	71
Tableau 46 :l'investissement en main d'œuvre de l'amélioration 3.....	72
Tableau 47 :l'investissement en main d'œuvre de l'améliortion4	73
Tableau 48:l'investissement en équipement de l'amélioration 5	74
Tableau 49 :l'investissement en main d'œuvre de l'amélioration 6.....	74
Tableau 50: calendrier de l'application des améliorations	75
Tableau 51 : Taux d'occupation des zone Floor line 1/line 2	76
Tableau 52 : Déplacements inutiles avant et après les améliorations	77
Tableau 53 : la nouvelle répartition des taches pour les postes goulotte 1 et 2.....	79
Tableau 54: Gain Annuel	80
Tableau 55 : Gainannuel.....	80
Tableau 56 : Gain annuel.....	81
Tableau 57: Gain Annuel	81
Tableau 58 :Gain annuel.....	82

Table des matières

Introduction générale	1
Chapitre 1 : Contexte général du projet	
I. Le groupe multinational Delphi	2
1. Présentation générale	2
2. Les filiales de Delphi	2
3. Les clients de Delphi	2
II. Présentation de Delphi Maroc	2
1. Fiche Signalétique	2
2. Organigramme de la société	3
3. Organigramme de département ingénierie	4
III. La production chez Delphi	4
1. Le processus de fabrication	4
2. Les produits finis	6
IV. La méthode Six Sigma	6
1. Pourquoi six sigma ?	6
2. Définition de Six Sigma	6
3. Les acteurs de six sigma	7
4. Les étapes de la démarche « DMAIC »	7
V. Les méthodes et outils utilisés	8
1. Méthode QQOCP	8
2. Brainstorming	8
3. Le diagramme d'Ishikawa	8
VI. La première étape de « DMAIC » : « Définir »	9
1. Présentation du projet CD4.1 bigs families	9
2. Problématique	10
3. Clarification du problème :	10
4. Cahier de charges du projet	10
5. SIPOC	13
Chapitre 2 : Diagnostic de l'existant « Mesurer »	
I. Dessin des Lay-out des zones étudiées à l'aide de l'AutoCad	15
1. Les raisons d'actualisation des lay-out	15
1.1. AutoCad	15
2. Présentation des lay-outs des zones étudiées	15
2.2. La zone FLOOR LINE 2	15
3. Description du flux de production	17
3.2. Flux de La zone Floor Line 2	20

II.	Le taux d'occupation des zones Floor et IP	22
2.	Calcul du taux d'occupation des zones Floor et IP	22
2.1.	Zone Floor Line 1	22
2.2.	Zone Floor Line 2	23
2.3.	Zone IP LINE 1 :	23
2.4.	Zone IP LINE 2	23
Chapitre 3 : Analyser		
I.	Identification des causes	25
1.	Causes générales.....	25
2.	Causes majeures	26
2.1.	Diagramme de Pareto	26
1.1.	Discussion avec l'équipe de projet	30
Chapitre 4 : Actions d'amélioration « Innover »		
I.	Plan d'action	37
1.	Zone Floor line 1 et line 2 :	37
2.	Zone IP Line 1	55
3.	Zone IP Line 2	59
Chapitre 5 : Contrôler		
I.	Implémentation des solutions	61
1.	Présentation de l'équipe	61
2.	La mise en place des actions proposées pour les zones Floor et IP.....	61
2.1.	Zone Floor line 1/Line 2 :	61
2.2.	Zone IP Line 1	70
2.3.	Zone IP Line 2	75
3.	Suiv des actions implémentées.....	76
1.1.	Zone Floor Line 1/Line 2 :	76
1.2.	Zone IP Line 1/Line 2 :	79
II.	Evaluation des gains	79
1.	Gain quantifiable	80
1.1.	Gain au niveau de l'espace	80
1.2.	Gain au niveau de production.....	81
1.3.	Gain au niveau de production.....	82
2.	Gains non quantifiables	82
Conclusion & perspectives.....		
Annexes.....		

Introduction générale

La globalisation de la concurrence, la complexité de l'économie et la pléthore d'informations disponibles aujourd'hui placent les entreprises dans un contexte flottant avec lequel elles doivent composer. Les entreprises ont donc plus de mal à prévoir les évolutions politiques, sociales, économiques, technologiques et industrielles. Elles doivent cependant pouvoir définir une vision lointaine du futur tout en optimisant les ressources de production.

L'exemple illustratif d'une telle entreprise est DELPHI Packard Tanger, équipementier Mondial dans l'industrie automobile ayant l'excellence industrielle comme culture et le dépassement des attentes du client comme politique générale. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre projet, qui vise à l'optimisation de l'espace et l'amélioration de flux du projet CD 4.1 En menant une étude rigoureuse et une analyse méticuleuse de l'état actuel de l'espace et de flux des zones Floor et IP, ce qui permet de connaître les causes majeures de non disponibilité de l'espace et la mauvaise gestion de flux, ainsi que de proposer les solutions possibles.

Dans ce contexte, notre rapport se fera en cinq chapitres:

- **le 1^{er} chapitre** décrit l'organisme d'accueil ainsi que son activité, une présentation de la méthodologie DMAIC, et une partie consacré à la présentation de l'étape « Définir »,
- **le 2^{ème} chapitre** expose une étude de l'état de lieu afin de collecter les données nécessaires pour faire l'analyse du problème par la suite,
- **le 3^{ème} chapitre** présente l'analyse des causes racines du problème étudié,
- **le 4^{ème} chapitre** résume les améliorations proposées afin de remédier aux causes identifiées,
- **le 5^{ème} chapitre** expose l'implantation des améliorations proposées, le suivi des indicateurs de performances ainsi qu'une étude technico-économique,

Et finalement une conclusion clôture notre rapport mettant l'accent sur tout ce qui a été réalisé durant notre stage ainsi que des perspectives personnelles.

Chapitre 1

Contexte général du projet

Dans ce chapitre nous allons commencer par une présentation de la société Delphi ainsi qu'une description de son processus de fabrication. Dans un deuxième temps nous allons exposer la démarche « DMAIC » et les différents outils utilisés, ensuite nous entamerons la 1^{ère} étape « Définir ».

Introduction

Au Maroc, l'industrie automobile représente près de 5% du PIB industriel et assure 14% des exportations de ce secteur. Cette activité comporte plus d'une centaine d'entreprises divisées en unités spécialisées entre constructeurs et équipementiers, regroupant près de 100 000 employés à travers tout le royaume.

I. Groupe multinational Delphi

1. Présentation générale

Delphi est un groupe multinational américain leader dans l'industrie automobile, spécialisé dans la conception et la fabrication d'équipements pour l'automobile et dont la clientèle s'étend de plus en plus vers des secteurs de haute technologie comme les télécommunications, le matériel médical, l'informatique et ses périphériques.

Son siège se situe dans la ville de Troy (Michigan) aux Etats-Unis, Elle est issue d'une filiation de General Motors et fournisseur de plus de 30 marques de voitures.

2. Les filiales de Delphi

Implantée à Tanger depuis 1999, Delphi Maroc est filiale de l'une des sept divisions du groupe, Delphi Packard Electric Systems. Cette dernière, dont la Direction Centrale se trouve à Warren, Ohio, aux États-Unis, est le leader mondial des systèmes de distribution de signaux électriques pour véhicules.

3. Les clients de Delphi

Le groupe Delphi est fournisseur de plus de 30 marques de voitures, emploie plus de 205.700 personnes à travers le monde, et compte 99 sites de production, 43 joint-ventures, 51 centres clients et bureaux de vente, et 32 centres techniques dans 37 pays. Parmi les clients de Delphi on trouve : Combo, Clio, Astra, Kango...

II. Présentation de Delphi Maroc

1. Fiche Signalétique

Le tableau ci-dessous présente l'ensemble des informations nécessaires à connaître sur Delphi Packard Tanger (**voir tableau 1**).

Tableau 1 : Fiche Signalétique Delphi Packard Tanger

Dénomination sociale	Delphi Packard Tanger
Nationalité	Multinationale américaine, Warren, Ohio à Etats-Unis
Siège	Ilot 53, lot n° 1 Zone franche d'exportation de Tanger, Maroc
Démarrage d'activité	le 11 Aout 2008
Effectifs	3500 Personnes
Secteur	Industrie Automobile
Activités	La fabrication des faisceaux électriques pour voitures
principaux clients	Ford, Fiat, Renault, PSA, BMW ...

2. Organigramme de la société

Le personnel de Delphi Packard Tanger est composé du directeur général de l'usine et des chefs de départements. Chaque département possède son propre staff de coordinateurs, d'ingénieurs et d'opérateurs. Le schéma ci-dessous représente l'organigramme du staff de DPT (**Figure 1**).

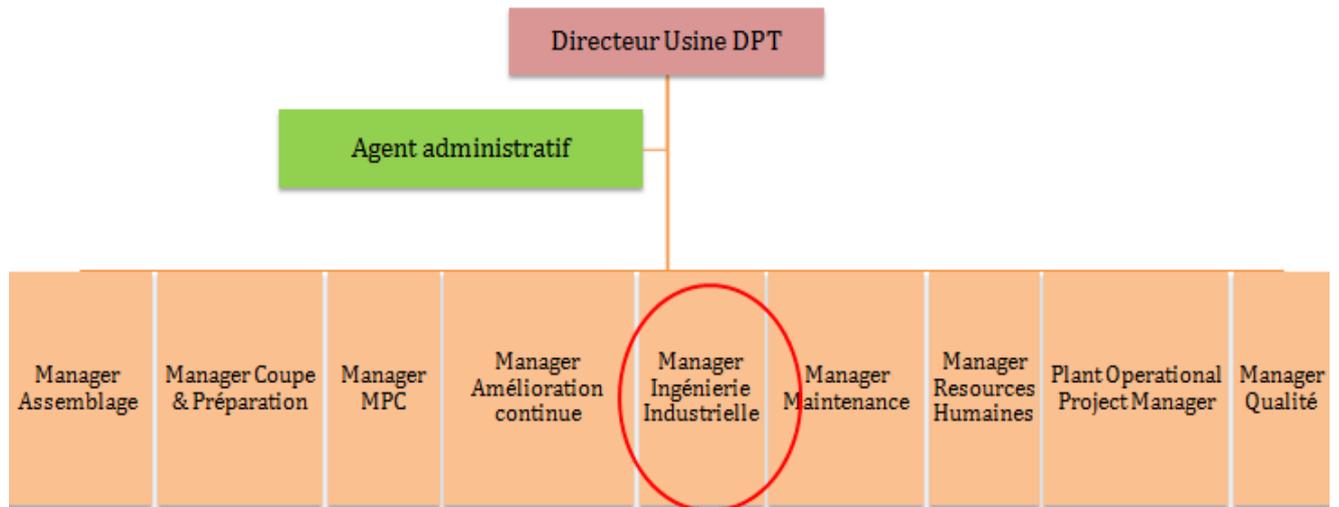


Figure 1 : organigramme de DPT

3. Organigramme de département ingénierie

Organisation du département ingénierie est représentée dans la figure ci-dessous (**figure 2**).

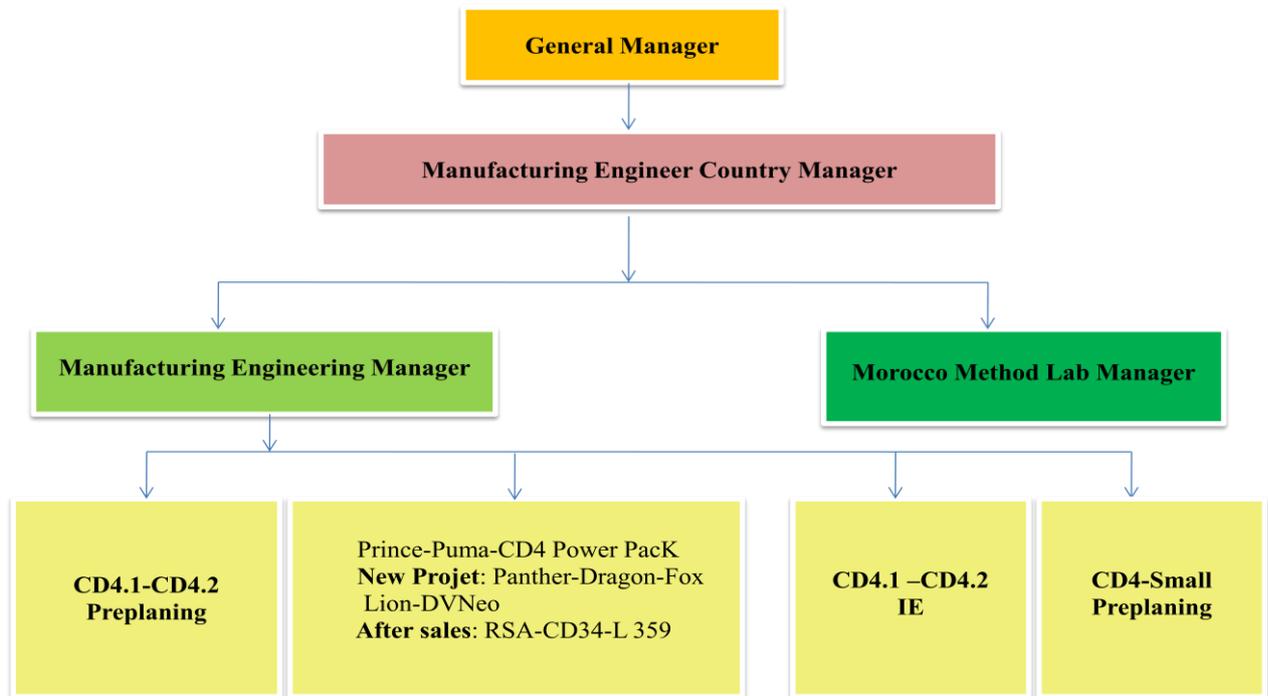


Figure 2: organigramme de département ingénierie

III. La production chez Delphi

1. Le processus de fabrication

La matière première provenant du fournisseur passe par le laboratoire de contrôle de qualité pour subir un contrôle de réception avant d'être stockée dans le magasin de matière première.

Le stock de matière première est géré par un système dénommé pull qui prépare un stock de production.

Le stock quotidien passe à la zone de préparation (la coupe) qui est gérée par le système Kanban. A ce niveau les conducteurs sont préparés pour passer à la zone d'assemblage où les faisceaux électriques sont assemblés et bandés.

Ensuite les faisceaux passent au contrôle électrique où l'on vérifie la continuité électrique entre les différentes extrémités du circuit et la présence des éléments secondaires (sécurité des connecteurs, passe-fil, réglettes...). Ensuite, ils sont soumis à un super-contrôle où un employé très expérimenté opère un contrôle visuel global du faisceau. De là, les faisceaux subissent un dernier contrôle qui est celui de contention au cours duquel les différentes côtes sont vérifiées avant l'étiquetage, l'emballage et l'envoi au client.

La **figure 3** résume le processus de fabrication du faisceau électrique.

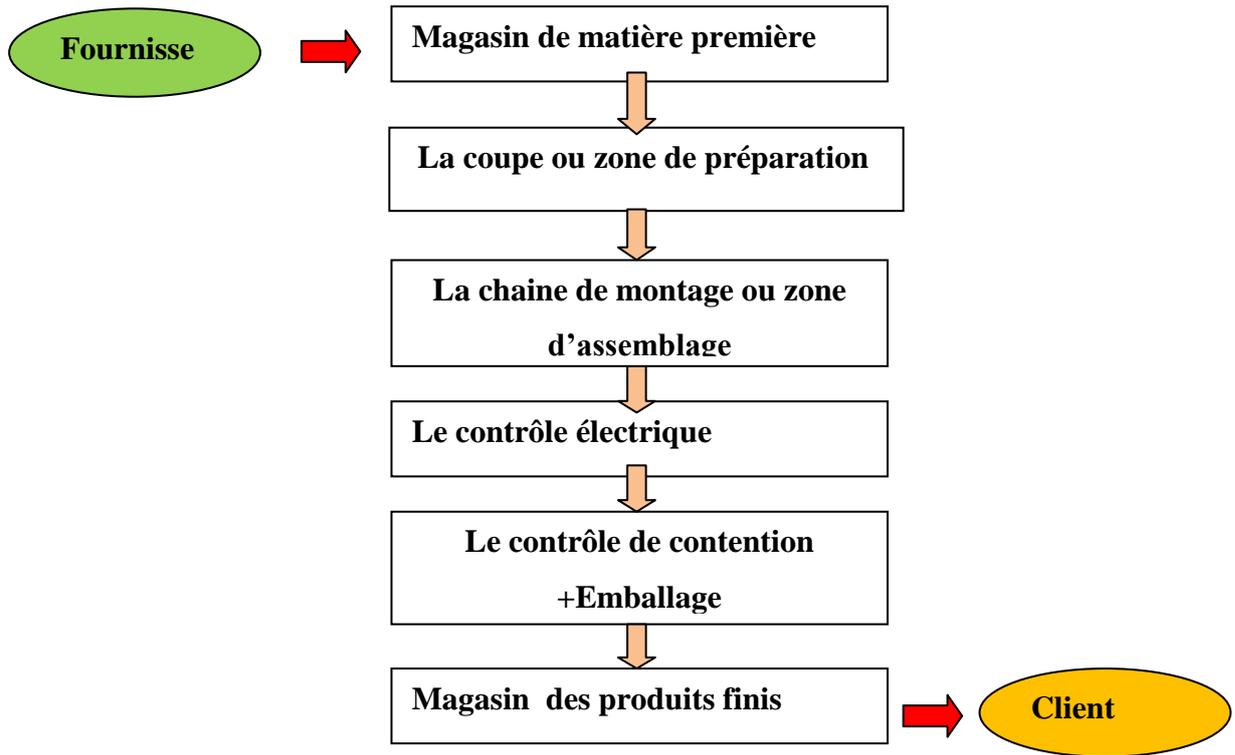


Figure 3 : schéma récapitulatif des étapes de processus de fabrication du câblage

En effet la production du câble passe par un ensemble de zone en commençant par les fournisseurs jusqu'à la réalisation du câble et sa livraison au client (**Figure 4**).

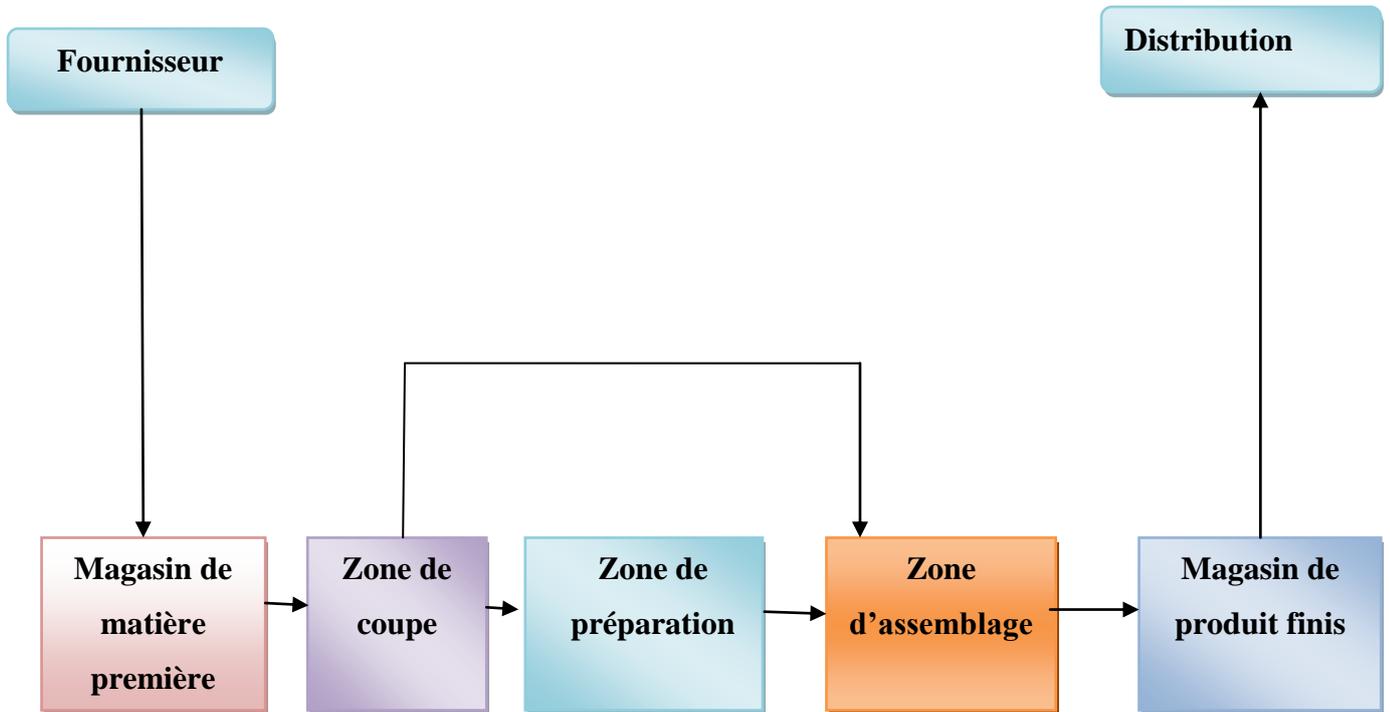


Figure 4 : Schéma de flux de production

2. Les produits finis

La société Delphi produit trois types de câble de voiture :

2.1. Bigs

Ce sont des câbles de grosse section .C'est le fruit d'un ensemble de fils rassemblés dans des cellules et bandés autour d'une chaîne.

On distingue trois types des bigs : (**Voir Annexe 1**)

- **Engine bay** : le câble du moteur
- **IP** : câble du tableau de bord.
- **Floor** : câble du sol de la voiture.

2.2. Médioms

Représentent les câbles de moyennes sections, rassemblés et bandés dans des postes fixes de moyennes dimensions.

2.3. Smalls

Les câbles de petites sections sont préparés dans des petits postes.

On distingue plusieurs types de Smalls: Jumpers, Bumpers, Roof, Tailgate, Battery.

IV. La méthode Six Sigma

1. Pourquoi six sigma ?

Nous avons choisi d'appliquer la méthode six sigma pour les raisons suivantes :

- Cadrer les étapes permettant d'atteindre les objectifs par une démarche logique.
- Proposer à l'entreprise une démarche structurée permettant d'optimiser l'espace et améliorer le flux.

2. Définition de Six Sigma

Le Six Sigma est une méthode d'amélioration de la qualité et de la profitabilité reposant sur la maîtrise statistique des procédés, et c'est aussi un mode de management qui repose sur une organisation très encadrée dédiée à la conduite de projet.

Le Six Sigma est souvent utilisé pour concilier plusieurs objectifs : doter l'organisation d'actions mesurables et efficaces, réduire les pertes et coûts de la qualité, et bien souvent pour améliorer l'image de marque du groupe.

3. Les acteurs de six sigma

Pour mettre en œuvre l'approche de Six Sigma, il faut des membres ayant des compétences et des responsabilités bien définies. Cela suppose aussi de former son personnel et de déterminer des rôles particuliers pour les individus qui vont conduire le changement.

Pour illustrer la définition des rôles de chacun, les entreprises vont appuyer sur des dénominations marquantes telles que **White Belt**, **Green Belt**, **Black Belt**, **Master Black Belt** et **Champion**.

Ainsi définissons les rôles de chacun des intervenants dénommés ci-dessus :

- **White Belt** : le White Belt a une connaissance basique de Six Sigma, mais ne peut pas mener des projets comme pourraient le faire des Green Belt ou des Black Belt.

- **Green Belt** : Le Green Belt est le premier niveau de maîtrise de Six Sigma.

Le Green Belt peut jouer le rôle d'animateur d'équipe.

- **Black Belt** : L'échelon au-dessus du Green Belt. Le Black Belt peut prendre la direction d'un projet et piloter plusieurs Green Belt.

- **Master Black Belt** : Le Master Black Belt est une certification justifiant d'une maîtrise parfaite de Six Sigma. Le Master Black Belt doit justifier d'expériences réussies en tant que black Belt et suivre une formation complémentaire. Il est en mesure de conduire un projet Six Sigma à l'échelle de l'entreprise.

4. Les étapes de la démarche « DMAIC »

Les cinq étapes de « DMAIC » sont les suivantes :

4.1. Define

Cette étape consiste à déterminer :

- La problématique,
- Le cahier de charges,
- Les risques du projet.

4.2. Measure

Cette étape a pour objectif de rechercher les données mesurables du processus concerné ainsi que les indicateurs de performances reflétant l'état actuel des zones étudiées.

4.3. Analyse

Cette étape permet de déterminer les causes racines du problème sur lesquelles on doit agir.

4.4. Improve

Cette étape a pour résultat de contrôler que les actions mises en œuvre réduisant les causes identifiées.

4.5. Control

Cette étape permet de contrôler, suivre et évaluer les améliorations implémentées.

La figure ci-dessous (**Figure 5**) illustre les étapes DMAIC que nous avons utilisé au cours de notre stage.

V. Les méthodes et outils utilisés

1. Méthode QQQOCP

La méthode QQQOCP permet sur toutes les dimensions du problème d'analyser une activité, décrire une situation en adoptant une attitude interrogative systématique en posant les questions: Qui? Quoi ? Quand ? Où ? Comment ? Pourquoi ?

2. Brainstorming

Le brainstorming est une technique de créativité qui facilite la production d'idées dans une équipe. L'utilisation du brainstorming permet de trouver le maximum d'idées originales dans le minimum de temps.

3. Le diagramme d'Ishikawa

La méthode d'Ishikawa utilise une représentation graphique (diagramme) en forme de poisson pour matérialiser de manière structurée le lien entre les causes et leur effet. Ce qui d'autre part lui a valu les appellations de « diagramme en arêtes de poisson », et « diagramme de causes à effet ». Ce diagramme se structure habituellement autour du concept des 5 M. Kaoru Ishikawa recommande de regarder en effet l'événement sous cinq aspects différents, résumés par le sigle et moyen mnémotechnique 5M :

- **Matière** : les matières et matériaux utilisés et entrant en jeu, et plus généralement les entrées du processus.
- **Matériel**: l'équipement, les machines, le matériel informatique, les logiciels et les technologies.
- **Méthode** : le mode opératoire, la logique du processus et la recherche et développement.
- **Main-d'œuvre** : les interventions humaines.
- **Milieu** : l'environnement, le positionnement, le contexte.

VI. La première étape de « DMAIC » : « Définir »

Bien avant de se lancer dans cette première étape « Définir » de la méthodologie « DMAIC », nous allons présenter le projet dans son contexte global ainsi que l'élaboration de son cahier de charge.

1. Présentation du projet CD4.1 bigs familles

Types de cables: Floor / IP/ Engine Bay

Clients: Valencia / St. Petersburg

Production hebdomadaire: Valencia: 3030 / St. Petersburg : 450

Voitures: FORD Mandeo (4 Door, 5 Door, Wagon)

Modèle: 2014



Figure 5 : FORD Mandeo (4 Door, 5 Door, Wagon)

Suivant le désigne des trois body style de la voiture FORD Mandeo Toutes les cotations du câble sont identiques, sauf pour les zone rouges illustrées dans la figure ci-dessous (**Figure 7**).



Figure 6 : body style FORD Mandeo

2. Problématique

Malgré l'ensemble des opportunités d'optimisation d'espace dans les zones d'assemblage : Floor et IP, elles souffrent encore d'une mauvaise exploitation d'espace qui peut impacter le flux par la suite et par conséquent elle va représenter d'énormes pertes pour l'entreprise notamment des pertes :

- ✓ d'argent (1m² équivaut à 3 000 000 DH/an),
- ✓ de temps (Déplacements inutiles),
- ✓ de projet.

D'où elle vient la nécessité de chercher d'autres opportunités d'optimisation d'espace afin d'éviter les sortes des pertes citées ci –dessous.

3. Clarification du problème

La problématique dans les zones Floor et IP concerne la mauvaise exploitation d'espace qui mène à la désorganisation des slots occupés par ces zones et qui peut impacter le flux par la suite.

Pour bien assimiler le problème nous avons utilisé la méthode QQQOCP comme suit :

Quoi: un problème d'espace qui s'oppose,

Quand: depuis toujours la gestion de l'espace constitue un énorme problème pour n'importe quelle entreprise,

Qui: la gestion de l'espace doit être l'affaire de toute personne travaillant au sein de DPT,

Pourquoi: un espace mal géré représente des pertes énormes pour l'entreprise,

Comment : améliorer le flux et optimiser de l'espace afin de trouver une meilleure implantation des postes au sein des zones Floor et IP,

Où : notre étude va traiter toutes les opportunités d'amélioration dans les zones Floor et IP du projet CD4.1

4. Cahier de charges du projet

4.1. Le maître d'ouvrage

Le maître d'ouvrage est l'Entreprise « DELPHI PACKARTANGER». Le projet a été proposé par le Département Ingénierie.

4.2. Le maître d'œuvre

Le maître d'œuvre est la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, représentée par Mademoiselle Ouallouat Hajar et Monsieur Mohamed Saad Bajjou.

4.3. Tuteur pédagogique

M. Hassan Bine El-Ouidane: Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès.

4.4. Tuteur technique

M. Taje-Eddine car leader du département d'ingénierie.

4.5. Le contexte de projet

Dans le cadre de notre projet de fin d'études au département ingénierie à la société Delphi Packard Tanger, nous avons réalisé une étude des causes les plus graves qui entraînent une mauvaise gestion de l'espace et nous avons proposé également des solutions visant à gagner plus d'espace au sein des zones Floor et IP du projet CD4.1. Ce projet prendra fin en juin 2015.

4.6. Notre objectif

- ✓ Optimiser de l'espace pour les expansions futures,
- ✓ Faciliter les flux,
- ✓ Augmenter la productivité,
- ✓ Réduire les déplacements inutiles.

4.7. Rôles et responsabilités

Dans une démarche Six Sigma il est primordial de définir des rôles dans l'équipe projet. Pour mener à bien la démarche il faut désigner un Master Black Belt qui guide le projet mais ne participe pas à temps plein à celui-ci, un Black Belt qui garantit l'exécution du projet visé au quotidien.

Le tableau suivant (**Tableau 2**) illustre les rôles joués de tous les personnages qui ont participé à ce projet.

Tableau 2 : Equipe du projet Six Sigma

Rôle	Personnage		Poste
Black Belt	Taje-eddine Elarabi		Coordinateur « Projet CD 4.1 »
Black Belt	Faycal Meqdar	Ghizlane El Kouhen	Ingénieur méthode
Green Belt	Bajjou Mohamed Saad	Ouallaout Hajar	Stagiaire
Collaborateur	Khadija Ouben Said	El guelyie Ahmed	Technicien spécialisé

4.8. Le planning prévisionnel du projet

Après avoir été accueilli dans le département ingénierie, on nous a proposé un projet qui consiste à optimiser l’espace et améliorer le flux au sein des zones d’assemblage Floor et IP du projet CD4.1. Le management de ce projet est réalisé à l’aide de logiciel Gantt Project.

La **figure 9** montre l’ensemble des taches planifiées avec leurs durées.

Nom	Durée	Date de début	Date de fin
Formation	3	23/02/15	26/02/15
Initiation & Familiarisation avec les processus de la zone	4	26/02/15	04/03/15
Définir	2	04/03/15	06/03/15
Mesurer	15	06/03/15	27/03/15
Analyser	10	27/03/15	10/04/15
Innover	15	10/04/15	01/05/15
Controler	25	01/05/15	05/06/15

Figure 7 : Planification des tâches de projet fin d’études

La **figure 10** illustre le plan prévisionnel du projet.

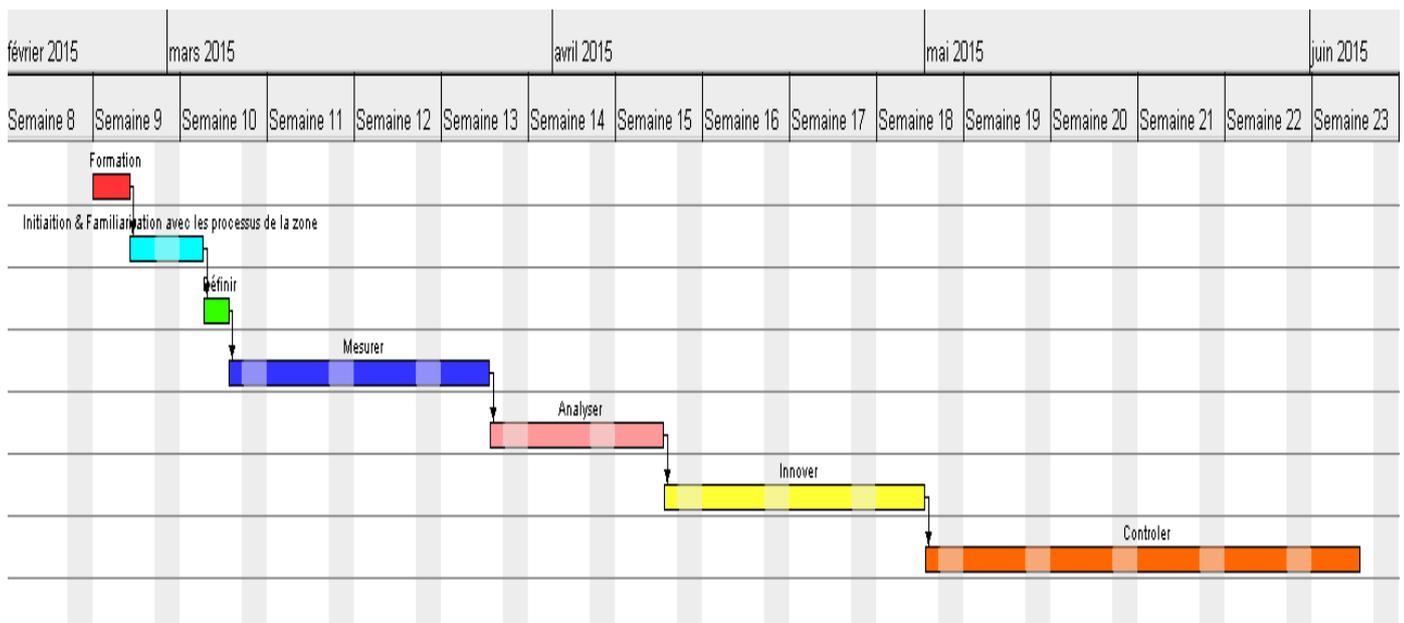
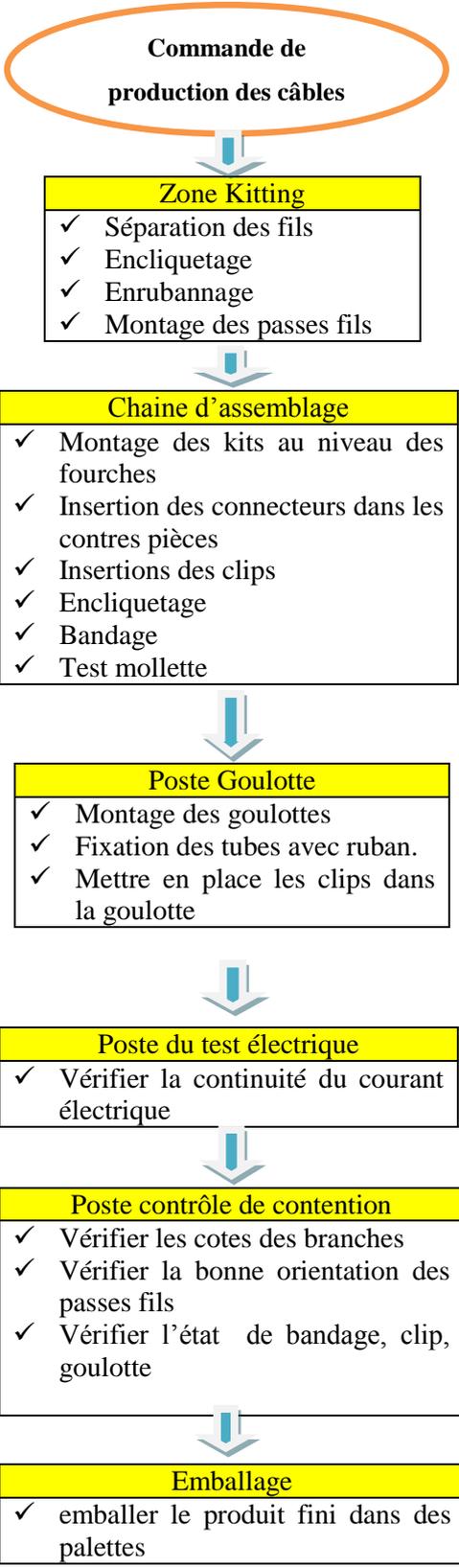


Figure 8 : plan prévisionnel du projet

5. SIPOC

Le diagramme SIPOC réalisé est illustré dans le tableau suivant :

Tableau 3: Diagramme SIPOC

Suppliers	Inputs	Process	Outputs	Customer
Zone de coupe/Zone de préparation	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fils coupés ➤ Fils dénudés ➤ Fils sertis avec ou sans seal 	 <p>Commande de production des câbles</p> <p>Zone Kitting</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Séparation des fils ✓ Encliquetage ✓ Enrubannage ✓ Montage des passes fils <p>Chaîne d'assemblage</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Montage des kits au niveau des fourches ✓ Insertion des connecteurs dans les contres pièces ✓ Insertions des clips ✓ Encliquetage ✓ Bandage ✓ Test mollette <p>Poste Goulotte</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Montage des goulottes ✓ Fixation des tubes avec ruban. ✓ Mettre en place les clips dans la goulotte <p>Poste du test électrique</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Vérifier la continuité du courant électrique <p>Poste contrôle de contention</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Vérifier les cotes des branches ✓ Vérifier la bonne orientation des passes fils ✓ Vérifier l'état de bandage, clip, goulotte <p>Emballage</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ emballer le produit fini dans des palettes 	<p>Câbles prêts pour l'expédition</p>	<p>Magasin produits finis</p>
Super marché	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Connecteurs ➤ Rubans ➤ Brides ➤ Tubes ➤ Clips 			
Zone centralisée	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ring 			
Ingénierie	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lay out de travail ➤ Instruction de travail ➤ Aide visuel ➤ WAM ➤ SOS ➤ MANIFEST 			
Qualité	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Analyse FTQ ➤ Validation produit et processus 			
Maintenance	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Interventions 			
Ressource Humaines	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Opérateurs 			
Service Fiabilité	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tableaux fiables ➤ Appareils précis ➤ Pistoles étalonnés 			
Logistique	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Alimentation avec carte Kanban 			

6. Les risques du projet

Le risque dans un projet est un élément qu'il est très important d'identifier, car il peut avoir de lourdes conséquences sur le déroulement du projet et sur sa réussite. Il faut donc identifier les risques au plus tôt, très en amont dans le cycle projet.

Tableau 4 : les risques du projet

Type	Risque	Impact sur	Alternative
Technique d'étude	Manque d'expérience sur le 6σ	La pertinence de l'étude	Profiter de la formation 6σ reçue à la faculté en plus des ouvrages sur ce sujet
Technique de réalisation	Délai insuffisant pour la réalisation du projet	L'efficacité et l'impact de l'étude	Se focaliser sur l'essentiel de la méthode
Organisationnel	Absence de coordination entre les équipes concernées	La pertinence et l'efficacité de la démarche 6σ	Définir les responsabilités de chacun et renforcer le travail en équipe
Sécurité	Modification inadéquate ou mauvais changement de méthodes	La production et le délai de livraison des câbles	Etudier les suggestions d'amélioration avec la présence et l'approbation de toutes les parties impliquées
Economique	Manque de moyens de financement pour ce projet	La motivation	Donner plus d'intérêt financier et récompenser les efforts de chacun.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons décrit l'organisme d'accueil et son processus de fabrication, nous avons également donné un aperçu sur le contexte du projet durant l'étape « Définir ».

Dans le chapitre qui suit nous allons réaliser un diagnostic de l'état du lieu des zones suivantes : Floor Line1, Floor Line2, IP Line1 et IP Line2 qui présentent l'objet d'étude.

Chapitre 2

Diagnostic de l'existant

La 2^{ème} étape « Mesurer »

Dans ce deuxième chapitre, nous allons présenter dans un premier temps les lay-out des zones étudiées réalisés à l'aide de l'AutoCad ainsi que le flux de chaque zone.

Dans un second temps nous allons calculer le taux d'occupation pour chaque zone.

Introduction

La première étape « Définir » nous a permis de déterminer le cadre générale du projet. L'étape actuelle, « Mesurer », a pour but de connaître le champ d'étude afin de situer le sujet dans son contexte pratique et dégager les différents aspects à étudier pour résoudre le problème de la mauvaise gestion de l'espace et de flux .

I. Dessin des Lay-out des zones étudiées à l'aide de l'AutoCad

1. Les raison d'actualisation des lay-out

Nous avons décidé de dessiner les Lay-out des deux zones FLOOR et IP avec le logiciel AutoCad pour les raisons suivantes :

- ✓ assurer la précision et la pertinence de l'étude,
- ✓ rassembler toutes les informations qui constituent la base de toute analyse faite dans les prochains chapitres (Mesure des dimensions, représentation du Flux...),
- ✓ Calculer les taux d'occupation,
- ✓ Faciliter la simulation des améliorations proposées,
- ✓ Absence des lay-outs récents représentant l'état de lieu chez le responsable AutoCad. Les lay-outs de la zone Floor avant actualisation sont présentés dans l'**annexe N° 2** ; Les lay-outs de la zone IP avant actualisation sont présentés dans l'**annexe N° 3**.
- ✓ servir les ingénieurs par les lay-outs actualisés en cas de besoin.

1.1. AutoCad

Un logiciel de conception assistée par ordinateur touchant plusieurs domaines notamment l'architecture, la mécanique et l'industrie. C'est le logiciel le plus utilisé ici à Delphi pour le dessin 2D de différentes chaînes d'assemblage implantées au sein de la société.

2. Présentation des lay-outs des zones étudiées

Après la prise des mesures sur terrain, nous avons réalisé les Lay-outs des zones étudiées à l'aide de l'AutoCad. La **figure 10** représente le lay out de la zone Floor line 2, les lay outs des zones Floor line 1, IP line 1 et IP line 2 sont représentés respectivement dans les **annexes 4, 5 et 6**.

2.1. La zone FLOOR LINE 2

La zone Floor Line 2 du projet CD4 .1 représentée dans la figure ci-dessous (**Figure 10**) s'étale sur une zone de 44.050 m de longueur sur 9.800 m de largeur ce qui donne une superficie de 431.690 m².

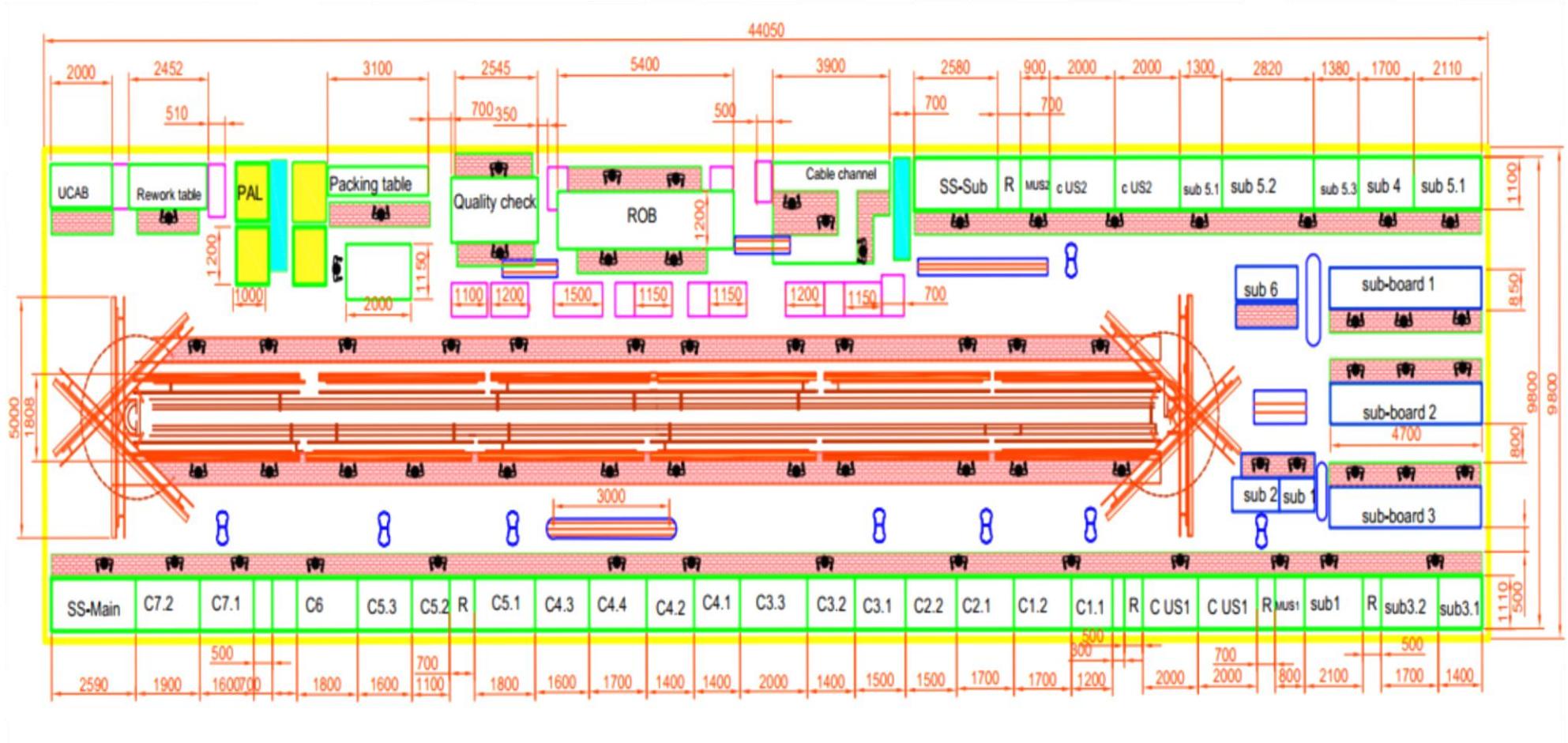


Figure 9 : Lay out zone Floor line 2

3. Description du flux de production

Afin de bien assimiler le flux des zones étudiées, nous avons cité les différents postes ou passe le produit dans la zone d'assemblage.

3.1. Les postes Sub

Les postes SUB sont les structures qui préparent les kits pour les tableaux de Sub Assembly (voir **figure 11**).



Figure 10: Sub Kitting

3.2. Sub Assembly

Ce sont trois tableaux fixes d'assemblage des kits, leur rôle c'est d'alimenter la chaîne mobile par la première partie élémentaire qui entre dans la fabrication du câble (voir **figure 12**).



Figure 11 : Sub Assembly

3.3. Les cellules de Kitting

Les cellules de Kitting sont des structures qui contiennent des fils et des composants entrant dans la composition d'un kit (partie élémentaire du câble), qui sera monté par la suite dans la chaîne d'assemblage (voir **figure 13**).



Figure 12 : Cellules Kitting

3.4. Chaîne principale (Main)

La chaîne principale (Main) est une chaîne mobile qui consiste à faire l'assemblage finale du câblage. Cette chaîne comporte 12 tableaux montés sur convoyeur tournant à une vitesse déterminée selon le temps de cycle de la référence produite (voir **figure 14**).



Figure 13 : Tableau de Main

3.5. Poste Goulotte

Le montage de la goulotte permet de fixer le câble dans la voiture et donne une forme aux faisceaux électriques (voir **figure 15**).



Figure 14 : Poste Goulotte

3.6. Contrôle électrique (CE)

Le banc électrique est considéré comme le premier poste officiel de vérification de la conformité des câbles électriques. Il assure le contrôle de la continuité électrique ainsi que la détection des accessoires du câblage (voir **figure 16**).



Figure 15 : Banc Électrique

3.7. Contention

Voir si les cotes de la branche sont bien respectées, Vérifier l'état de bandage, clips, goulottes (voir **figure 17**).



Figure 16 : Poste de Contention

3.8. Emballage

Emballer les câbles selon la méthode prédéfinie dans le mode opératoire, et les mettre dans des palettes (voir **figure 18**).

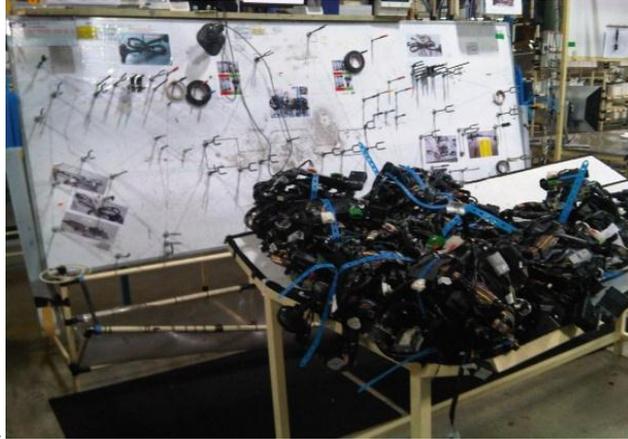


Figure 17 : Poste d'emballage

3.9. Table de réparation

La réparation des câbles défectueux qui viennent des différents postes de travail (Poste goulotte, contrôle électrique, la chaîne d'assemblage, Sub Assembly...) (voir **figure 19**).

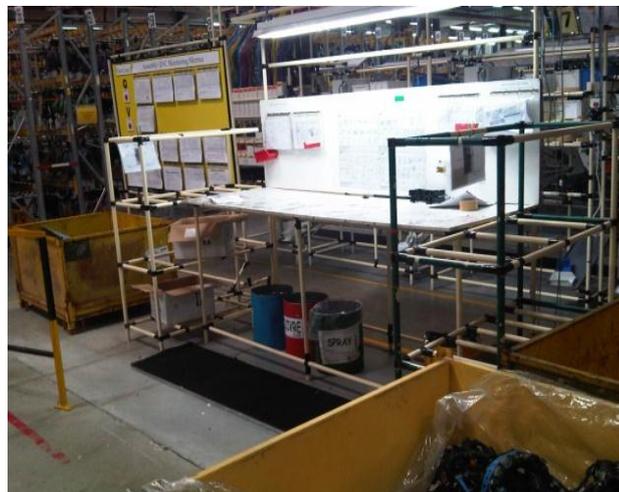


Figure 18 : Table de réparation

La figure suivante (**Figure 20**) représente le flux de la zone Floor line 2, les flux des zones Floor line 1, IP line 1 et IP line 2 sont représentés respectivement dans les **annexes 7, 8 et 9**.

1.1. Flux de La zone Floor Line 2

Le flux de la zone Floor Line2 est illustré dans la **Figure 20**.

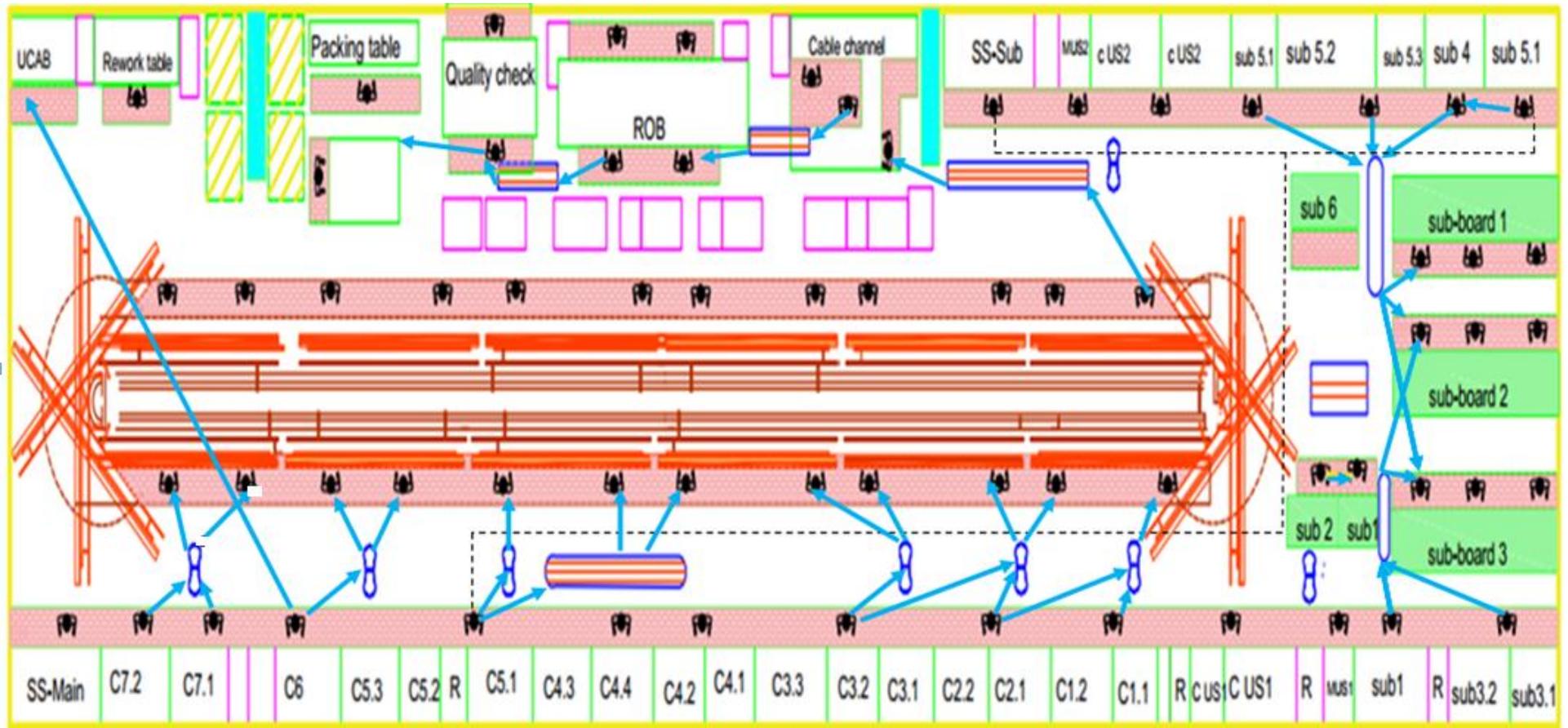


Figure 19 : Flux de la zone Floor line 2

II. Le taux d'occupation des zones Floor et IP

a. Calcul du taux d'occupation des zones Floor et IP

Le taux d'occupation permet de connaître le pourcentage de l'espace occupé dans une zone définie, ce qui va nous permettre de déterminer les zones qui souffrent le plus d'un manque d'espace libre, par la suite les opportunités d'améliorations visant le gain de l'espace vont se focaliser sur les zones les plus critiques en premier lieu, puis nous allons les généraliser sur les zones qui restent. Pour calculer le taux d'occupation de chaque zone nous avons calculé d'abord la surface occupée pour l'ensemble des postes constituant la zone étudiée, ensuite nous avons appliqué la formule suivante du taux d'occupation :

$$\text{Taux d'occupation} = \frac{\text{la surface totale occupée dans la zone (m}^2\text{)}}{\text{la superficie totale de la zone(m}^2\text{)}}$$

1.1. Zones Floor

a. Floor Line 1

Le tableau ci-dessous (**Tableau 5**) présente le taux d'occupation de la zone Floor Line 1.

Tableau 5 : Taux d'occupation dans les zones Floor Line 1

Poste	L'espace occupé (m ²)	Poste	L'espace occupé (m ²)	Poste	L'espace occupé (m ²)
C1 US	3.15	C4.1	1.32	SUB1	2.14
C2 US	3.15	C4.2	1.32	SS2 SUB	2.03
MUS	1.98	C4.4	2.03	REWORK TABLE	2.14
SUB3.1	2.31	C4.3	1.65	2CH Rework Table	1.1
CH SUB3.1	0.66	C5.1	1.98	ROB	6.6
SUB 3.2	1.43	C5.2	1.26	CABLE CHANNEL	4.3
CH SUB3.2	0.60	C5.3	1.54	QUALITY CHECK	4.17
C1.1	1.65	C6	4.18	PACKAGING BOAD	2.03
C1.2	1.87	C7.1	1.87	3 SUB BOARD	10.20
C2.1	1.65	SS2	1.76	CHAINE	57.56
C2.2	1.43	SUB5.2	2.09	SUB 2	1.76
C3.1	1.54	SUB5.3	1.59	SUB 1	0.92
C3.2	1.65	SUB5.1	2.36	4 Palettes	4.8
C3.3	1.92	SUB4	1.81	Tapis	73.93
Espace occupé		232.43 m²			
Espace disponible		425.28 m²			
Taux d'occupation		54.65 %			

b. Zone Floor Line 2

Nous avons effectué le même calcul du taux d'occupation pour la zone Floor Line 2 en se basant sur les données du tableau représenté dans l'annexe 10. Le tableau ci-dessous (Tableau 6) montre le taux d'occupation de la zone Floor line 2.

Tableau 6 : Taux d'occupation dans les zones Floor Line 2

Espace occupé	270.87
Espace disponible	431.69
<i>Taux d'occupation</i>	62.74%

c. Interprétation

Nous constatons que la zone FLOOR LINE 2 possède un taux d'occupation (62.74%) supérieure à celui de la zone FLOOR LINE 1 (54.65 %), par conséquent les opportunités d'amélioration visant le gain d'espace libre au sein du slot seront plus concentrées sur la zone FLOOR line 2.

1.2. Zones IP

a. IP Line 1

Nous avons effectué le même calcul du taux d'occupation pour la zone IP Line 1 en se basant sur les données du tableau représenté dans l'annexe 11. Le tableau ci-dessous (Tableau 7) montre le taux d'occupation de la zone IP line 1.

Tableau 7 : Taux d'occupation dans les zones IP Line 1

Espace occupé	129,94 m ²
Espace disponible	214.18m ²
<i>Taux d'occupation</i>	60.67 %

b. Zone IP LINE 2

Nous avons effectué le même calcul du taux d'occupation pour la zone Floor Line2 en se basant sur les données du tableau représenté dans l'annexe 12. Le Tableau 8 montre le taux d'occupation de la zone IP Line 2.

Tableau 8 : Taux d'occupation dans les zones IP Line 2

Espace occupé	118,85 m ²
Espace disponible	194,067 m ²
Taux d'occupation	61,24 (%)

c. Interprétation

Nous remarquons que les deux zones IP LINE 1 et IP LINE 2 possèdent à peu près le même taux d'occupation : la zone IP LINE 1 (**60,67 %**) et la zone IP LINE 2 (**61,24 %**) ce qui nous indique que les deux zones nécessitent une étude afin de chercher des opportunités d'optimisation d'espace au sein d'elles.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons réalisé un diagnostic de l'état de lieu des zones Floor et IP à travers :

- ✓ la présentation des lay-outs,
- ✓ la présentation des schémas de flux,
- ✓ le calcul des taux d'occupation.

Le chapitre suivant consiste à trouver les causes majeures contribuant à une mauvaise gestion de l'espace et de flux en se basant sur l'ensemble des données obtenus lors de l'étape « Mesurer ».

Chapitre 3

La 3^{ème} étape « Analyser »

Dans ce chapitre, nous allons identifier dans un premier temps toutes les causes possibles contribuant à une mauvaise gestion de l'espace et de flux. Dans un second temps, nous allons mettre l'accent sur les causes majeures sur lesquelles il faut agir en priorité.

Introduction

Dans le but de converger vers les causes potentielles, nous avons besoin d'éliminer toutes les pistes qui ne vont pas donner les vraies sources de problèmes, Les données collectées lors de l'étape précédente constituent systématiquement une base qu'il faut exploiter afin de remonter aux causes racines du problème posé. Pour y arriver nous avons décidé de faire une analyse pour chaque zone en utilisant le Brainstorming, le diagramme d'Ishikawa et le diagramme de Pareto.

I. Identification des causes

1. Causes générales

Depuis toujours le problème de l'espace occupe tous les organismes et projets. Ce problème fait l'objet de nombreuses études et recherches visant à optimiser. Pour cela, l'équipe concernée s'est réunie pour discuter le sujet et recenser le maximum d'idées, d'informations et des solutions sur le problème posé, c'est ce qu'on appelle la technique du Brainstorming.

Les idées collectées étaient très pertinentes, la technique utilisée nous a permis de cerner le problème et d'élaborer le diagramme d'Ishikawa afin d'analyser la situation actuelle des deux zones Floor et IP à travers l'identification des causes du problème (**Figure 21**), et d'avoir une vision globale sur ces dernières, avec une représentation structurée de l'ensemble des causes qui produisent un effet.

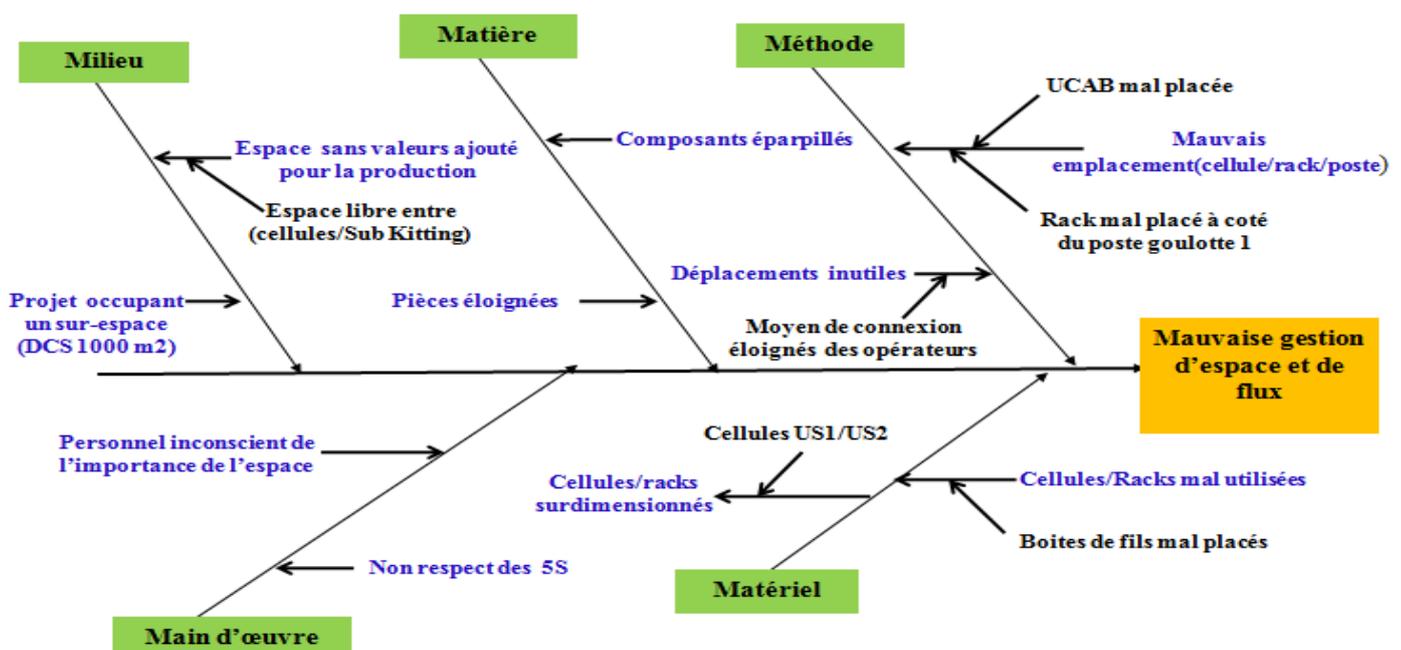


Figure 20 : Diagramme d'Ishikawa

2. Causes majeures

Il y a plusieurs raisons qui peuvent causer une mauvaise gestion de l'espace et qui agissent directement sur le rendement et le bénéfice de l'entreprise.

2.1. Diagramme de Pareto

L'utilisation du Diagramme de Pareto va nous permettre de mettre l'accent sur les causes majeures les plus pénalisantes pour la société selon leurs degrés d'influence sur les arrêts de production et les déplacements inutiles.

a. Arrêt de production

Le tableau ci-dessous rassemble le résultat du chronométrage des temps de non production de la chaîne Floor line 2, ainsi que les causes générant ces arrêts. Ces données concernent la production durant le shift du matin (6h-->14h) de deux références WAGON (XBB, KAB).

Tableau 9: Les causes d'arrêt de production de la zone Floor Line 2

Réf	Heure	Temps de cycle (s)	Prod cible	Prod Réelle	Causes d'arrêt de production	Temps(s)
XBB	6h-->7h	240	15	12		300
					Retard au niveau de SUB ASSEMBLY	300
XBB	7h-->8h	240	15	12		524
					Retard CEL6	10
					Réparation des câbles défectueux	400
					Retard Cel1.1	64
					Retard Cel3.3	50
XBB	8H-->9H	240	15	12		520
					Réparation des câbles défectueux	400
					Retard SS-Main	120
XBB	9h-->10h	240	15	13		480
					Retard Cel6	300
					Retard Ring	180
KAB	10h-->11h	240	15	7		1440
					Pause	900
					Retard Cel5.1	50
					Surcharge stock ROB	120
					Retard Cel 6	20
					Réparation	350
KAB	11h-->12h	240	15	10		1100
					Retard au niveau de SUB ASSEMBLY	700
					Réparation des câbles défectueux	400
KAB	12h-->13h	240	15	10		600
					Retard CEL6	30
					Réparation des câbles défectueux	500
					Retard SUB kit	70
KAB	13h-->13h40min	240	10	5		1196
					Réparation des câbles défectueux	600
					organisation de la chaîne	96
					Retard au niveau de SUB ASSEMBLY	500
Total	460min		115	81		6160

Le tableau ci-dessous (**Tableau 10**) contient les causes d'arrêt de production classées par ordre décroissant selon le temps d'arrêt généré.

Tableau 10: Classement des causes racines d'arrêt de production par ordre décroissant

Causes d'arrêt de production	Temps d'arrêt(s)/Shift	Pourcentage (%)	Pourcentage cumulé (%)
Réparation des câbles défectueux	2650	43.02	43.02
Retard Sub Assembly	1500	24.35	67.37
Pause	900	14.61	81.98
Retard CEL6	360	5.84	87.82
Retard Ring	180	2.92	90.75
Retard SS-Main	120	1.95	92.69
Surcharge stock ROB	120	1.95	94.64
organisation de la chaine	96	1.56	96.20
Retard SUB kit	70	1.14	97.34
Retard Cel1.1	64	1.04	98.38
Retard Cel5.1	50	0.81	99.19
Retard Cel3.3	50	0.81	100.00
Total	6160	100.00	

A partir des données du **tableau 10** nous avons tracé le diagramme de Pareto des causes d'arrêt de production pour objectif de déterminer les causes majeures qui pénalisent la productivité de la zone Floor line 2.

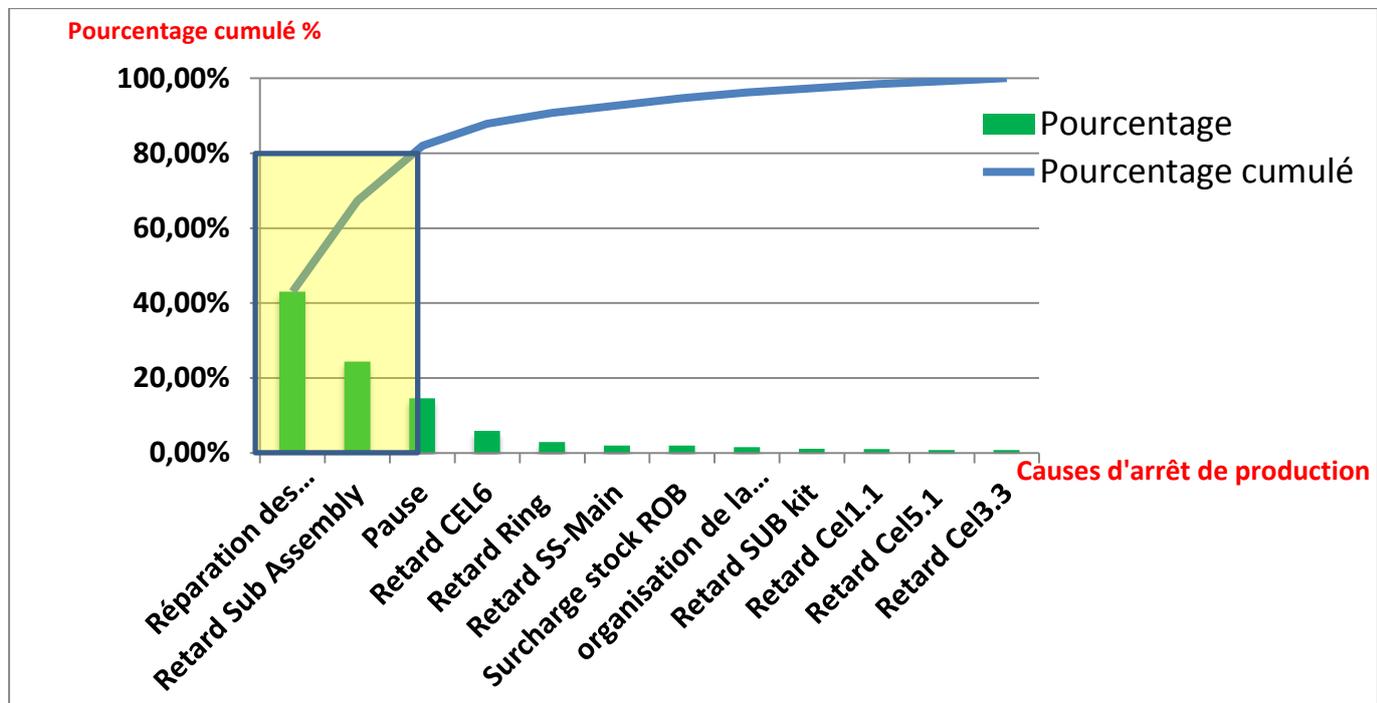


Figure 21 : Diagramme de Pareto des causes racines d'arrêt de production

Depuis le diagramme de Pareto (**Figure 22**) nous remarquons que 80% des temps d'arrêt de production sont dus à trois causes qui sont : Réparation des câbles défectueux, Retard au niveau de Sub Assembly et la pause, et puis ce que nous pouvons pas agir sur le temps de la pause les

opportunités d'amélioration qui vont être proposées dans la phase innover seront plus focalisées sur les deux premières causes.

b. Déplacements inutiles

Les déplacements inutiles des opérateurs ne créent aucune valeur ajoutée. Au contraire, ils accroissent la pénibilité du travail et consomment de l'espace et du temps. Le tableau suivant (Tableau 11) rassemble les temps perdus durant les déplacements inutiles des opérateurs entre leurs postes de travail et les moyens de connexion.

Tableau 11: Classement par ordre décroissant des Déplacements inutiles dans la zone Floor line2

Poste	T ₁ (s)	T ₂ (s)	T _{moyen} (s)	Pourcentage(%)	Pourcentage cumulé (%)
UCAB	40.18	41.90	41.04	29.87	29.87
C5.3	15.32	12.76	14.04	10.22	40.09
C3.3	11.26	13.82	12.54	9.13	49.21
SUB 3.2	8.66	10.18	9.42	6.86	56.07
C5.1	8.25	6.43	7.34	5.34	61.41
CUS1	7.28	6.44	6.86	4.99	66.40
CUS2	5.94	7.66	6.80	4.95	71.35
C5.2	8.25	4.19	6.22	4.53	75.88
C6	5.18	5.30	5.24	3.81	79.69
C2.2	4.56	3.60	4.08	2.97	82.66
C1.2	4.20	3.44	3.82	2.78	85.44
C.Channel	1.98	3.08	2.52	1.83	87.28
SUB1	2.56	2.96	2.76	2.01	89.29
C7.2	2.35	2.53	2.44	1.78	91.06
C2.1	1.68	2.16	1.92	1.40	92.46
Q.check	2.08	1.54	1.81	1.32	93.78
C1.1	2.02	0.66	1.34	0.98	94.75
SUB4	1.80	0.68	1.24	0.90	95.66
C3.1	1.09	0.95	1.02	0.74	96.40
C7.1	1.60	0.42	1.01	0.74	97.13
ROB	1.23	0.57	0.9	0.66	97.79
Packing table	0.63	0.97	0.80	0.58	98.37
SUB5.2	0.56	0.68	0.62	0.45	98.82
SUB5.1	0.38	0.46	0.42	0.31	99.13
C4.1	0.48	0.32	0.40	0.29	99.42
C4.2	0.42	0.38	0.40	0.29	99.71
C4.3	0.48	0.32	0.40	0.29	100.00%
Total			137.4	100.00%	

A partir des données du **tableau 11** nous avons établi le diagramme de Pareto ci-dessous (**Figure 23**) afin de déterminer les structures sur lesquelles nous devons agir en priorité pour objectif d'améliorer de façon significative la situation actuelle, par conséquent la productivité opérateur s'en trouve augmentée.

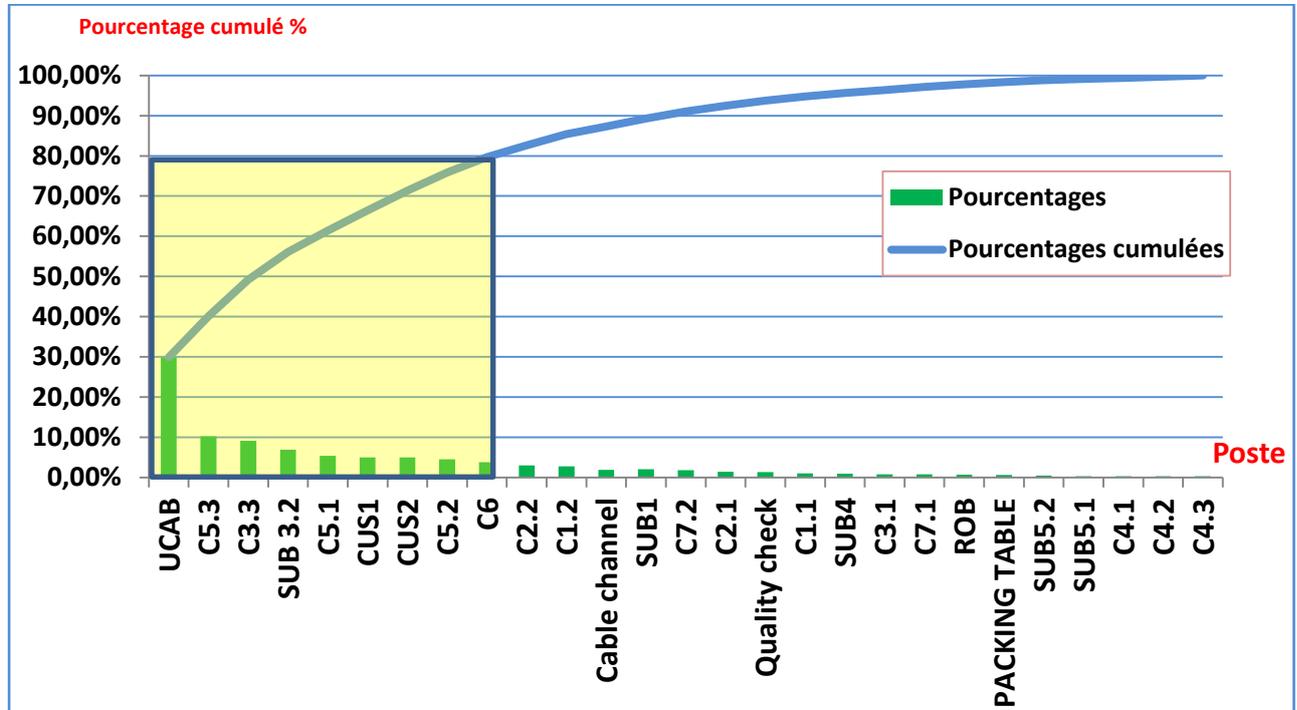


Figure 22 : Diagramme de Pareto des temps des déplacements inutiles

D'après le diagramme de Pareto nous remarquons que 80% des temps perdus durant les déplacements inutiles sont constatés au niveau de neuf postes de travail (UCAB, C5.3, C3.3, SUB 3.2, C5.1, CUS1, CUS2, C5.2, C6), ce qui nous conduit à concentrer les efforts d'amélioration sur les postes prioritaires au premier lieu, et puis faire un suivi des résultats obtenus.

Remarque :

Les chronométrages correspondent particulièrement aux temps perdus durant l'opération de montage des kits, c.à.d. un aller retour de l'opérateur entre son poste de travail et les moyens de connexion correspondants.

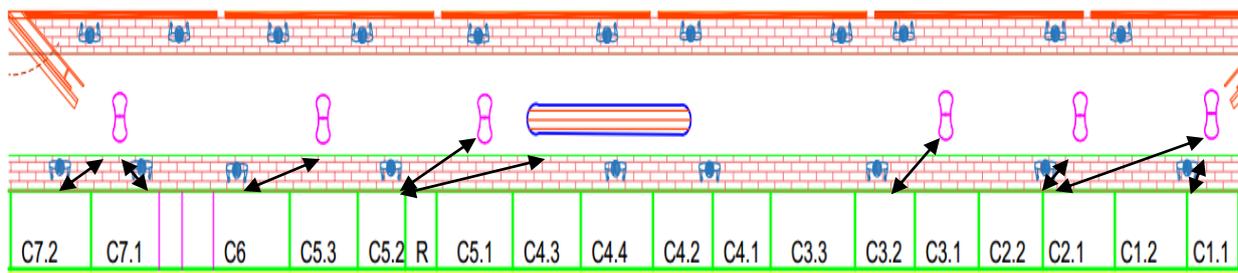


Figure 23 : Déplacements inutiles au niveau des cellules Kitting

2.2. Discussion avec l'équipe de projet

La discussion avec l'équipe du projet nous a permis de mettre l'accent sur les causes majeures citées ci-dessous :

a. Déséquilibre de la charge de travail au niveau du poste goulotte

Au niveau du poste goulotte 1 et 2 de la zone IP Line 1 nous avons constaté une répartition non équilibrée des tâches effectuées par les deux postes durant la référence LHD (Let Hand Driver). Cette répartition non équilibrée contribue parfois à un arrêt de la chaîne qui dure 20 min quand le moyen de connexion à côté du poste goulotte 2 dépasse sa capacité maximale à cause du retard de ce dernier. Le tableau ci-dessous (**Tableau 12**) résume les opérations effectuées par le poste goulotte 1 et 2 ainsi que leurs durées :

Tableau 12 : la durée des opérations effectuées par le poste goulotte 1 et 2

Référence	Le nom de poste	Les opérations effectuées	Durée(s)
LHD	Goulotte 1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Assemblage des pièces. ▪ Montage des pièces assemblées dans le câble ▪ Assemblage des pièces pour le poste goulotte 2 	255
	Goulotte 2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Montage des pièces assemblées dans le câble. 	295

b. Racks/Moyens de connexions surdimensionnés

- ❖ Le rack à côté du poste goulotte 1 dans la zone IP Line 1 est mal dimensionné, il occupe un sur espace .En plus de son mauvais dimensionnement il est éloigné du poste goulotte 2 ce qui contribue à un déplacement inutile de l'opérateur pour avoir les pièces dont il a besoin.



Figure 24 : rack surdimensionné

❖ La zone Floor line 2 contient plusieurs racks avec des boîtes de fils non utilisées ou mal organisées, par conséquent ces structures occupent un sur espace de la ligne de production.

- Postes US : C1 US1-C2 US1/ C1 US2-C2 US2



Figure 25 : Cellule 1 US2

- Cellules kitting : C1.1-C3.3-CH C5.1-C5.3-CH C6



Figure 26 : Cellule 5.3

- Racks d'alimentation de la chaîne d'assemblage: 11 Racks



Figure 27 : Racks d'alimentation de la chaîne d'assemblage

Les images des cellules/chariots cité ci-dessous sont présentés(e) dans l'annexe 13.

- ❖ Les plaques de contrôle des cellules splice saver de la zone IP line 2 surdimensionnées.

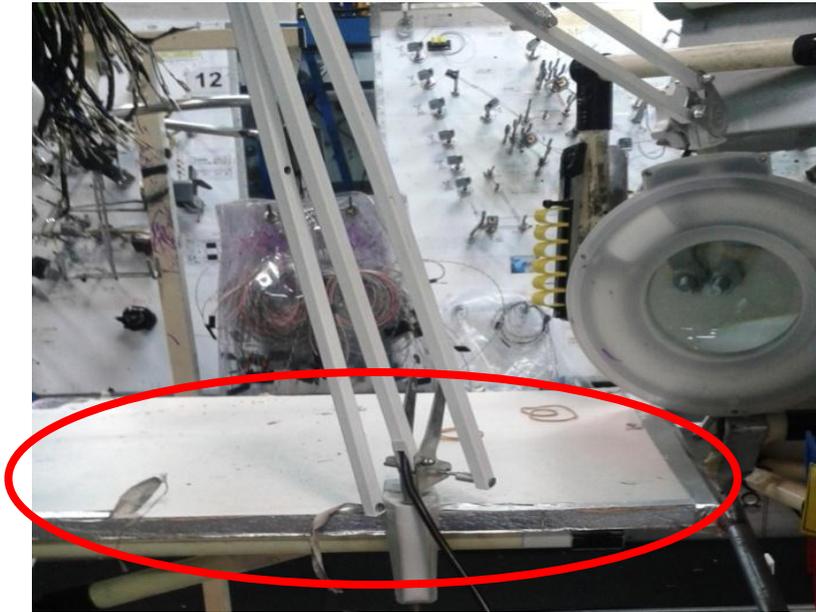


Figure 28 : plaque de contrôle mal dimensionné

- ❖ Le moyen de connexion se trouvant près de la cellule 5 des zone Floor Line1/Line 2 occupe plus d'espace que le nécessaire, surtout que le nombre de kits maximale à monter sur ce dernier ne dépasse pas 4 kits (**Annexe 14**).



Figure 29 : Moyen de connexion entre la cellule 5 et le poste 4 de la chaîne d'assemblage

c. Equipements mal placés

- ❖ L'existence d'un Rack occupant une surface de $0,38 m^2$ sur le quel on met un analyseur à coté de la table de réparation dans la zone IP line 1.



Figure 30 : rack de l'analyseur

- ❖ Mauvais emplacement de la table de réparation, ce qui génère des déplacements inutiles des opérateurs pour ramener les câbles défectueux à cette dernière.

La figure ci-dessous (**Figure 32**) montre clairement l'éloignement de la table de réparation des postes de préparation et de la chaîne.

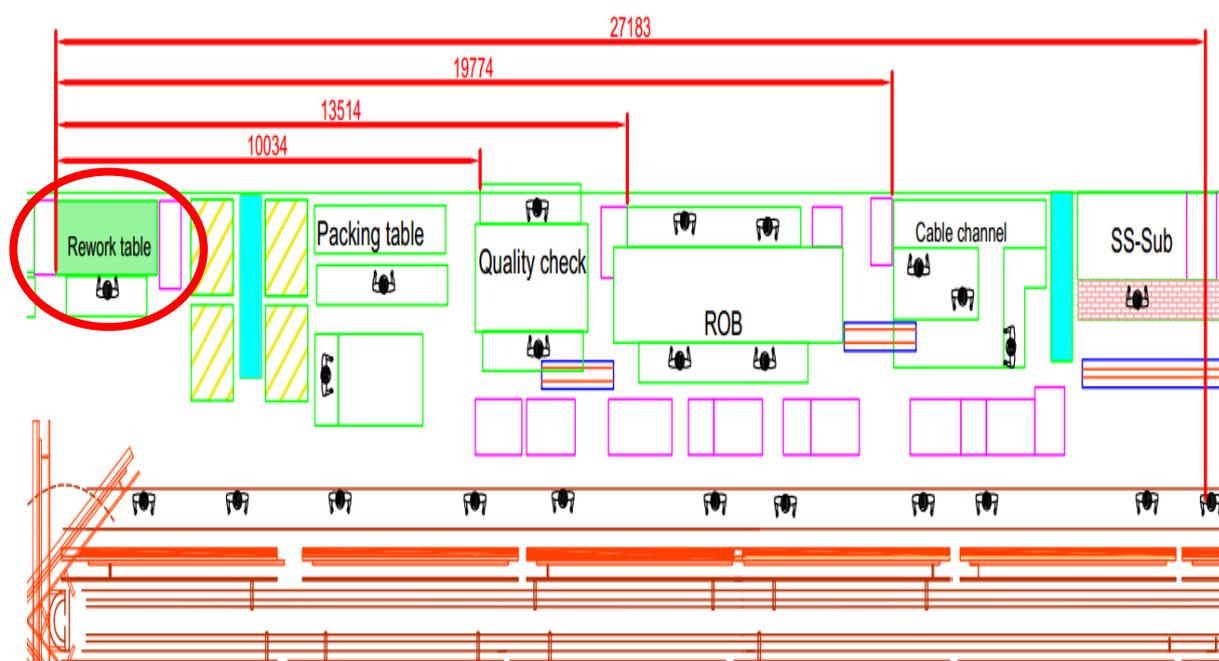


Figure 31 : l'emplacement de la table de réparation

La **figure 33** illustre le problème des déplacements inutiles des opérateurs au moment de la détection d'un câble défectueux.



Figure 32 : Déplacements inutiles des opérateurs

- ❖ Eloignement de l'UCAB de la cellule 6, sachant que le même opérateur travaille dans les deux postes, donc il se trouve obligé de parcourir plus 27 m (aller-retour) à chaque fois qu'il se sert de l'UCAB.

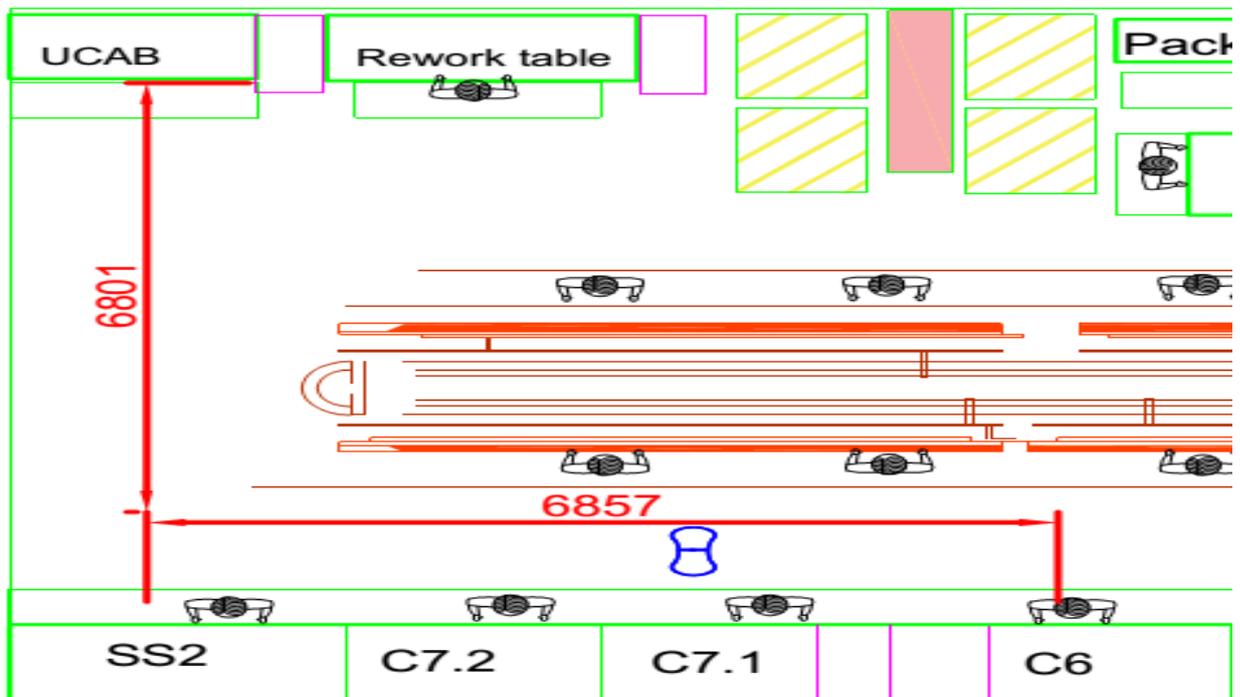


Figure 33 : Emplacement de l'UCAB

- ❖ Moyens de connexion mal placés, perturbant le flux de production au niveau des postes de préparation.

Nous pouvons remarquer d'après la **figure 35** que le moyen de connexion est positionné au-dessus du poste goulotte, ce qui risque d'endommager les câbles montés sur ce dernier.



Figure 34 : Mal positionnement du moyen de connexion entre le les postes de préparation

- ❖ Mauvais emplacement de la table d'emballage de la zone Floor line 2 ce qui engendre des difficultés lors de la transportation des palettes vers le magasin produits finis.

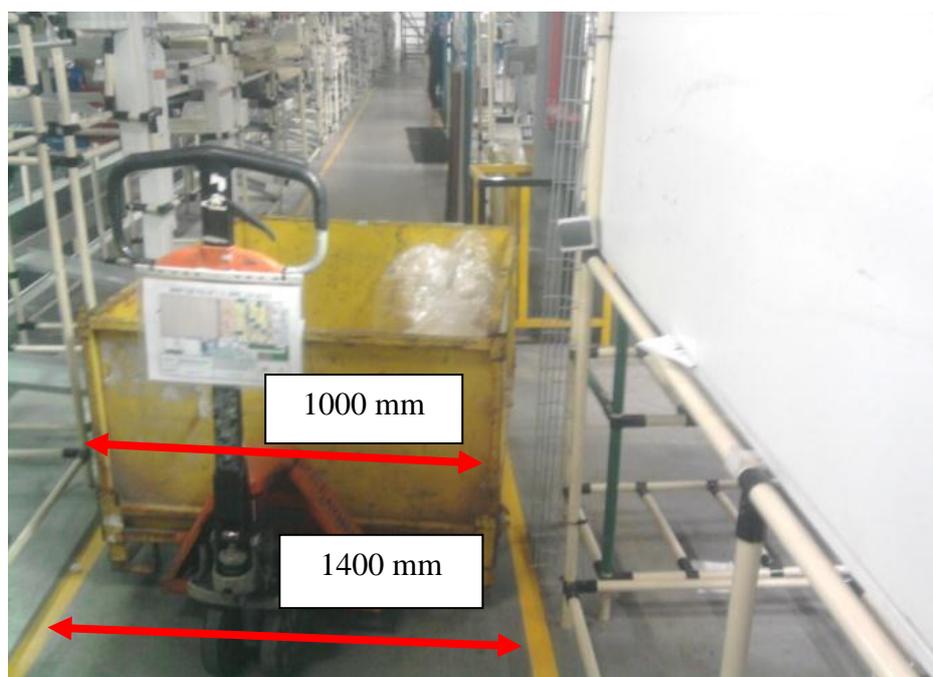


Figure 35 : l'opération de la transportation des palettes

d. Duplication des postes entre les deux zones FLOOR line1/line2

- ❖ Les deux zones Floor Line 1 et Floor Line 2 produisent des câbles pour Ford Mondeo (4Door, 5Door, Wagon), ce qui explique la duplication des postes de travail dans les deux zones. Ce problème pénalise la société en terme de consommation de l'espace, ce qui mène à chercher une nouvelle répartition des références FORD Mondeo entre les deux zone Floor line1 et Floor line 2.

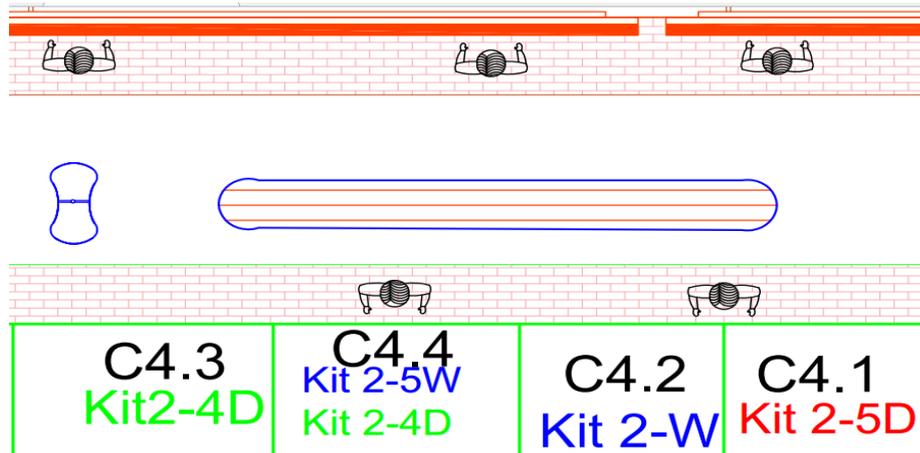


Figure 36 : Répartition des différents kits (4Door, 5Door, Wagon) dans la zone Floorline2

e. Espace non utilisé entre les cellules dans la zone KITTING

- ❖ La figure suivante montre l'espace non utilisé qui se trouve entre les cellules de différentes zones étudiées.

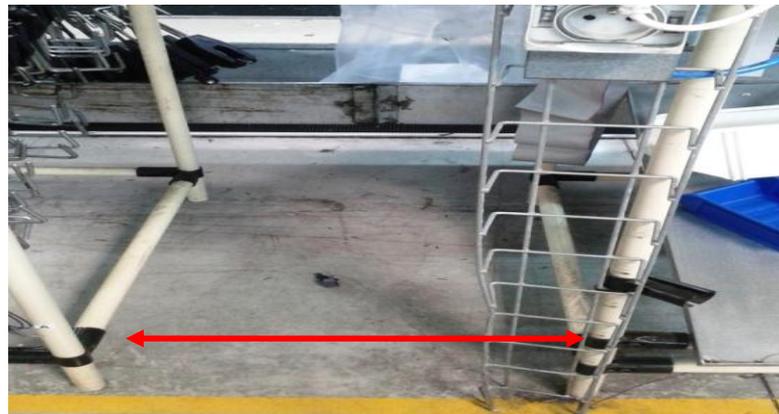


Figure 37 : Jeu entre les cellules de la zone Kitting

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons réalisé une analyse des causes racines à travers :

- ✓ La détermination des causes potentielles à se basant sur le diagramme d'ISHIKAWA,
- ✓ L'identification des causes majeures.

Le chapitre suivant consiste à trouver un plan d'action afin de résoudre le problème de la mauvaise gestion de l'espace et de flux des zones Floor et IP.

Chapitre 4

Actions d'amélioration

La 4^{ème} étape « Innover »

Dans ce chapitre, nous allons élaborer un plan d'action pour corriger les causes fondamentales des problèmes identifiés.

Introduction

Une fois que les causes dominantes ont été bien identifiées lors de l'étape précédente, un plan d'action doit être mis en œuvre pour attaquer les causes racines dans les différentes zones étudiées.

I. Plan d'action

D'après les mesures relevées et analysées viennent ces actions d'amélioration comme solutions aux causes identifiées dans les zones d'assemblage : Floor et IP.

1. Zone Floor line 1 et line 2 :

L'ensemble des actions d'amélioration proposées dans la zone Floor (Line 1/Line2) sont les suivantes :

1.1. La mise en place d'une nouvelle répartition de production :

Etablir une nouvelle répartition des câbles produits pour les trois styles de carrosserie (body style) de la voiture FORD Mondeo (4Door, 5Door, Wagon) dans la zone Floor line 2.

Tableau 13 : La nouvelle répartition de la production des câbles dans la zone Floor Line 2

Zone	Floor Line 2	
Body style	Avant	Après
	Wagon,5Door, 4Door	Wagon,5Door

✚ Justification de la nouvelle répartition:

- Implémentation incomplète des différents équipements nécessaires pour la production des câbles du body style 4 Door dans la zone Floor line 2, et surtout que nous avons le manque des contres pièces pour réaliser le test électrique des câbles (4D) au niveau du banc électrique.



Figure 38 : Contre pièce du connecteur C4ME35 (4Door)

- Presque 75% des demandes clients sont des câbles (W), 16% (5D), 9% (4D).
- Mettre les cellules (C4.3, C3.2), les postes Sub (Sub 6, Sub 3.1) et le chariot de la cellule 6 en dehors de la zone de production Floor line 2, et agir sur les postes de telle façon à rapprocher les structures des moyens de connexion afin de réduire les déplacements inutiles des opérateurs.

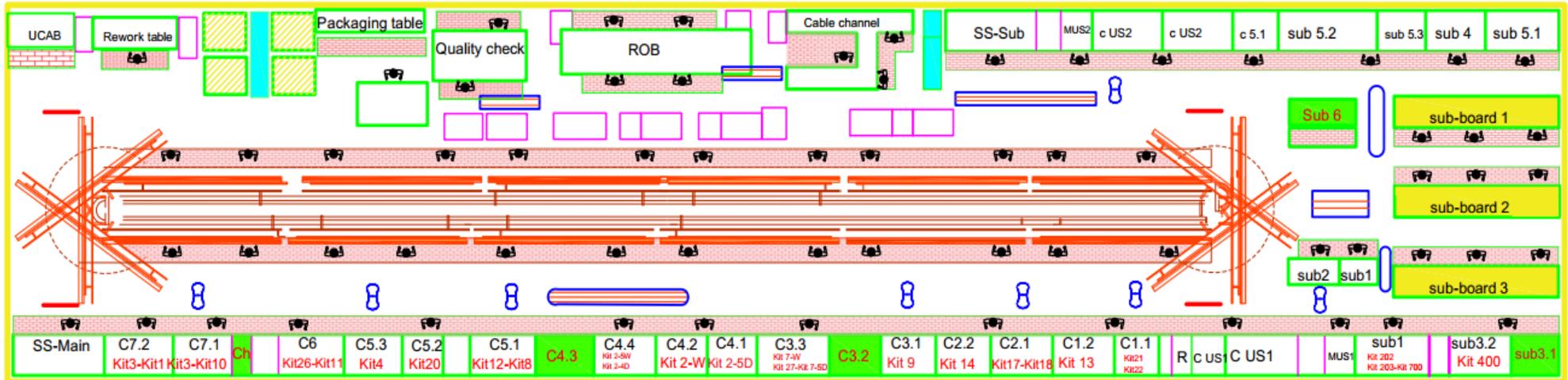


Figure 39 : Lay out avant de la Zone Floor Line 2

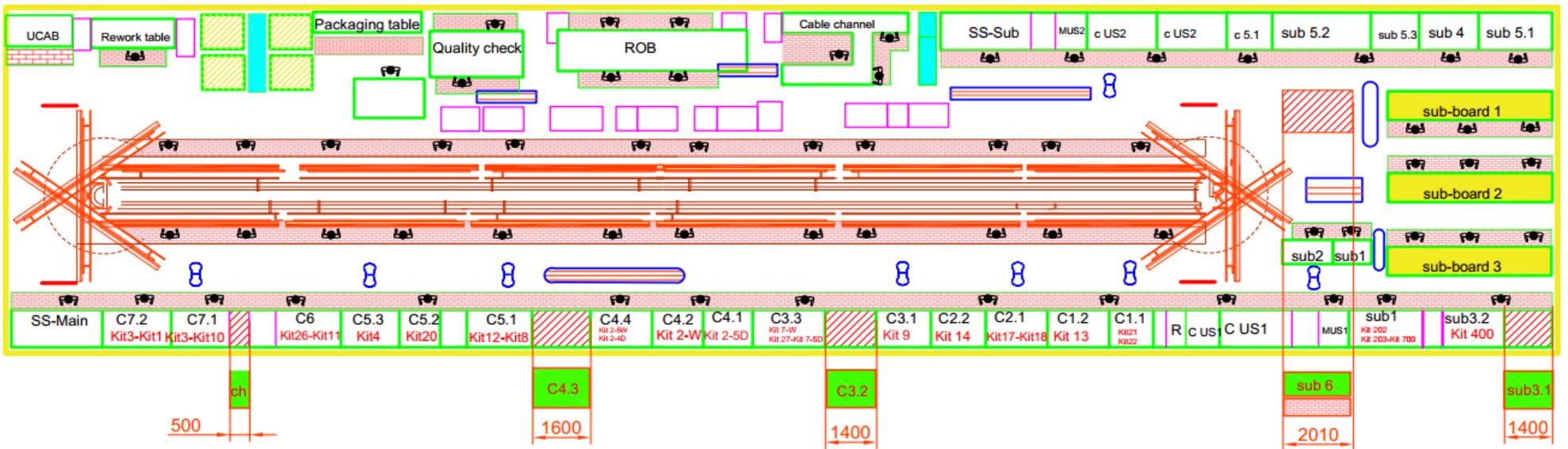


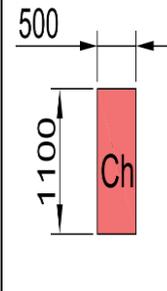
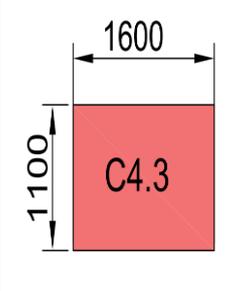
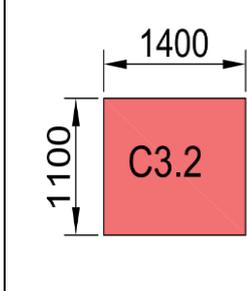
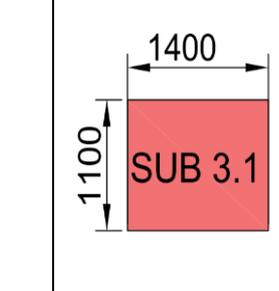
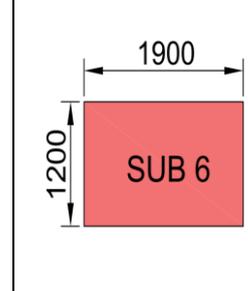
Figure 40 : Lay out après de la Zone Floor line2

✚ Estimation du Gain :

✓ Optimisation de l'espace :

Le tableau suivant illustre le gain en espace qu'on peut réaliser en implémentant cette amélioration :

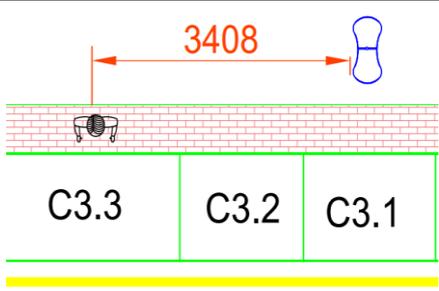
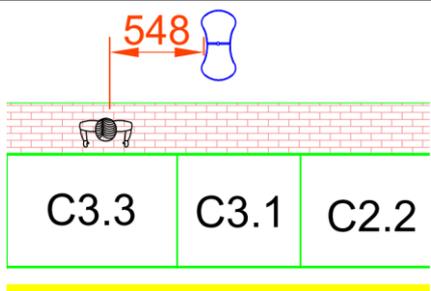
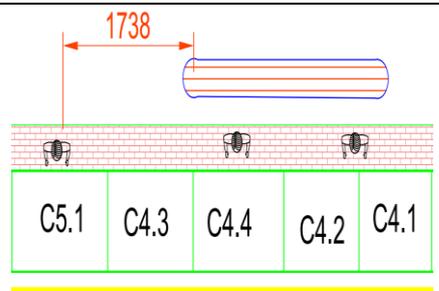
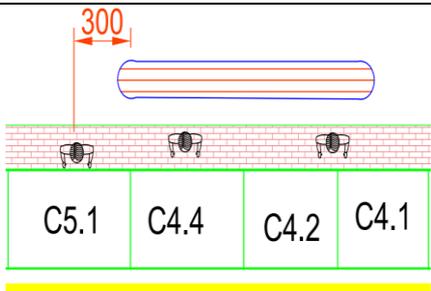
Tableau 14 : Estimation de l'espace optimisé

Poste					
Espace optimisé (m ²)	0.55	1.76	1.54	1.54	2.28
				Total	7.67m²

✓ Minimisation des déplacements inutiles :

Le tableau ci-dessous montre la réduction des déplacements inutiles des opérateurs au niveau de la cellule 3.2 et la cellule 5.1.

Tableau 15 : Estimation des déplacements optimisés

Poste	Avant	Après	Déplacement optimisé (mm)/opération*
C3.3			5720
C5.1			2876

*Opération du montage des kits sur les moyens de connexions, c.à.d. un aller-retour entre le poste de travail et le moyen de connexion correspondant.

1.2. Changement de l'emplacement de l'UCAB

Changement de l'emplacement de l'UCAB de la zone Floor line 2 pour les raisons suivantes :

- Faciliter le flux
- Réduire la criticité de ce poste en termes de déplacements inutiles, surtout ces dernier génèrent des retards pour l'opérateur de la cellule 6 à chaque fois qu'il se sert de l'UCAB.
- Réserver de l'espace pour les opportunités d'améliorations à venir.



Figure 41 : UCAB de la zone Floor line 2

Nous avons proposé deux scénarios pour résoudre ce problème :

- 1^{er} Scénario : Déplacer l'UCAB près de la cellule 6 en exploitant l'espace que nous allons optimiser en implantant l'amélioration précédente (La nouvelle répartition de production).

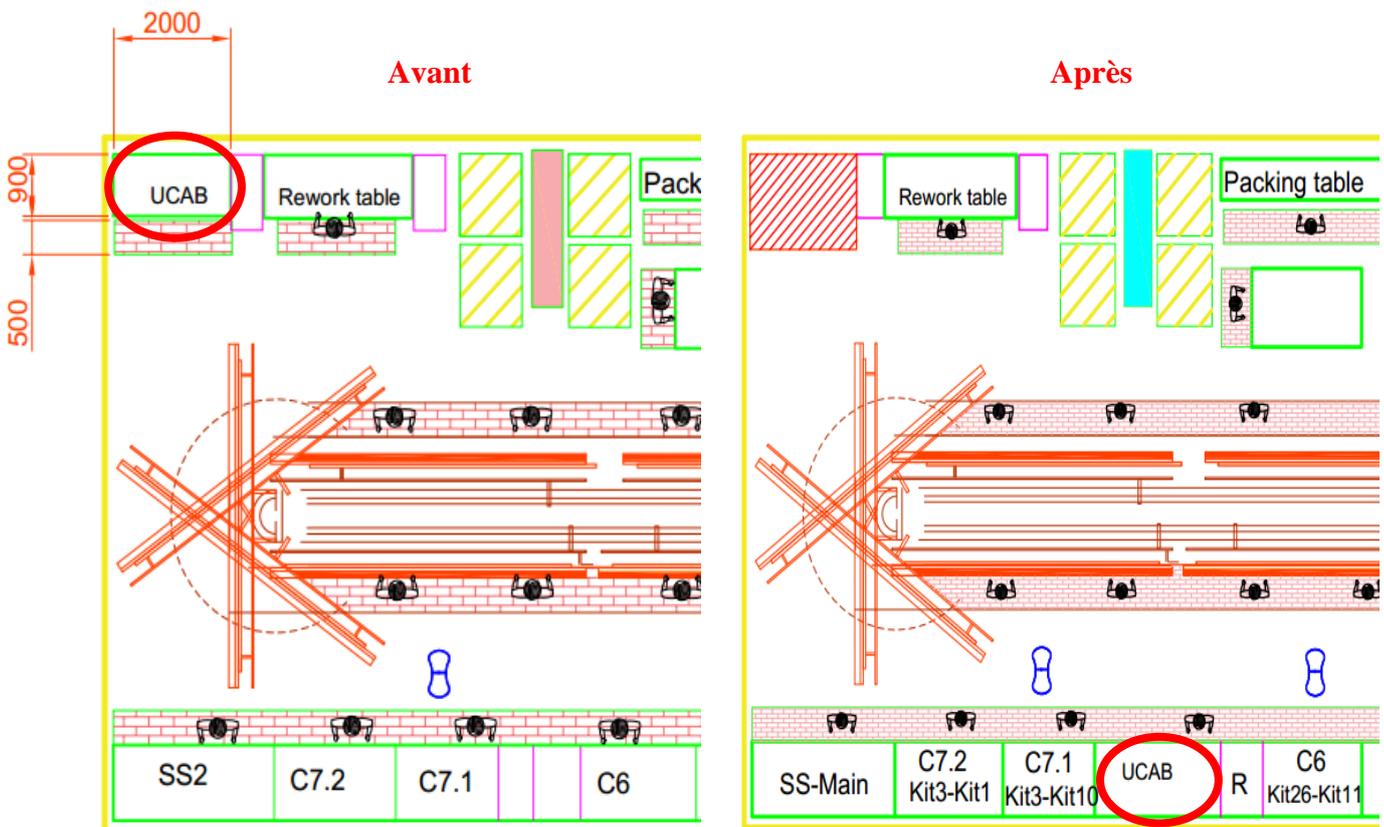


Figure 42 : Emplacement de l'UCAB Avant et après l'amélioration

✚ Estimation du Gain :

- ✓ Minimisation des déplacements inutiles

Cette amélioration va nous permettre de minimiser les déplacements de façon remarquable au niveau de l'UCAB. Le tableau suivant illustre le gain en déplacement:

Tableau 16 : Minimisation des déplacements inutiles au niveau de l'UCAB

Poste	Avant	Après	Déplacement optimisé (mm)/opération*
C6			25936

*Déplacement (aller-retour) de l'opérateur à chaque fois qu'il se sert de l'UCAB

➤ 2^{ème} Scénario : Déplacer l'UCAB à la zone centralisée

✚ Justification de cette proposition :

- Eliminer de façon définitive les déplacements inutiles au niveau de l'UCAB
- Optimisation de l'espace de la zone centralisée en se débarrassant des structures occupant de l'espace et sans valeur ajoutée pour le projet CD4.1.

Les Flèches en rouge montrent les équipements non utilisés, par conséquent nous pouvons introduire l'UCAB à la zone centralisée en exploitant leurs espaces libérés.

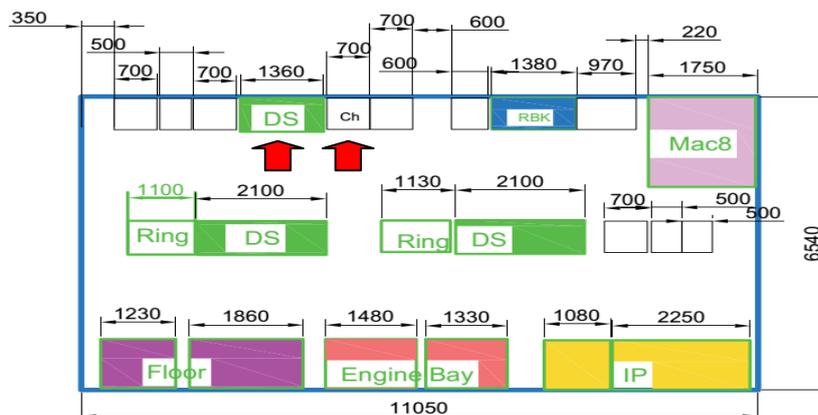


Figure 43 : Lay out de la zone centralisée

La figure ci-dessous (**Figure 45**) montre la simulation du lay out de la zone centralisée après l'introduction de l'UCAB.

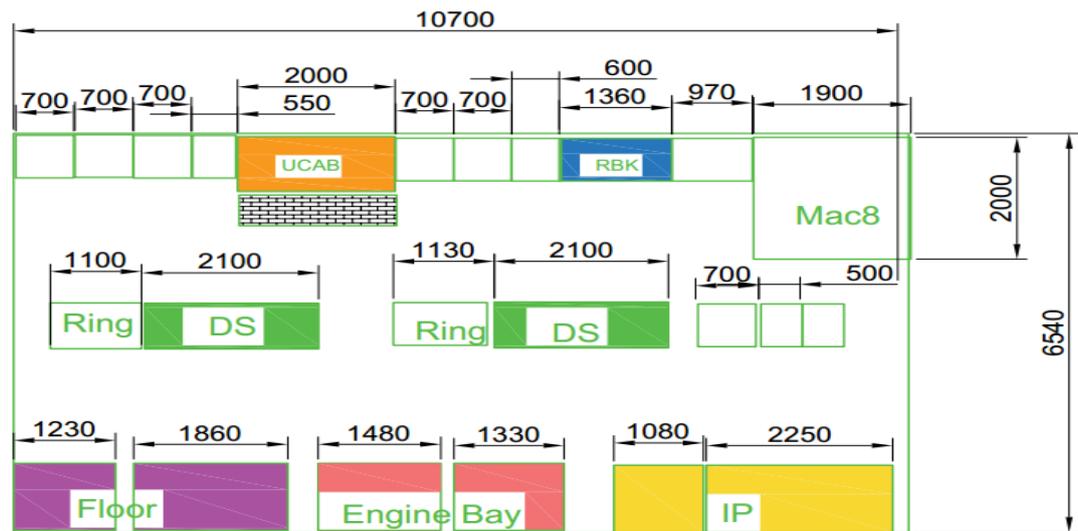


Figure 44 : Lay out de la zone centralisée après l'introduction de l'UCAB

Remarque :

L'opérateur (Delivery) qui fait la distribution du Ring pour la zone Floor line 2, va se charger de la distribution des mangeras (le produit de l'UCAB).

Estimation du Gain :

- ✓ Optimisation de l'espace : Libération d'un espace de **2.8m²** au sein de la zone Floor line 2.

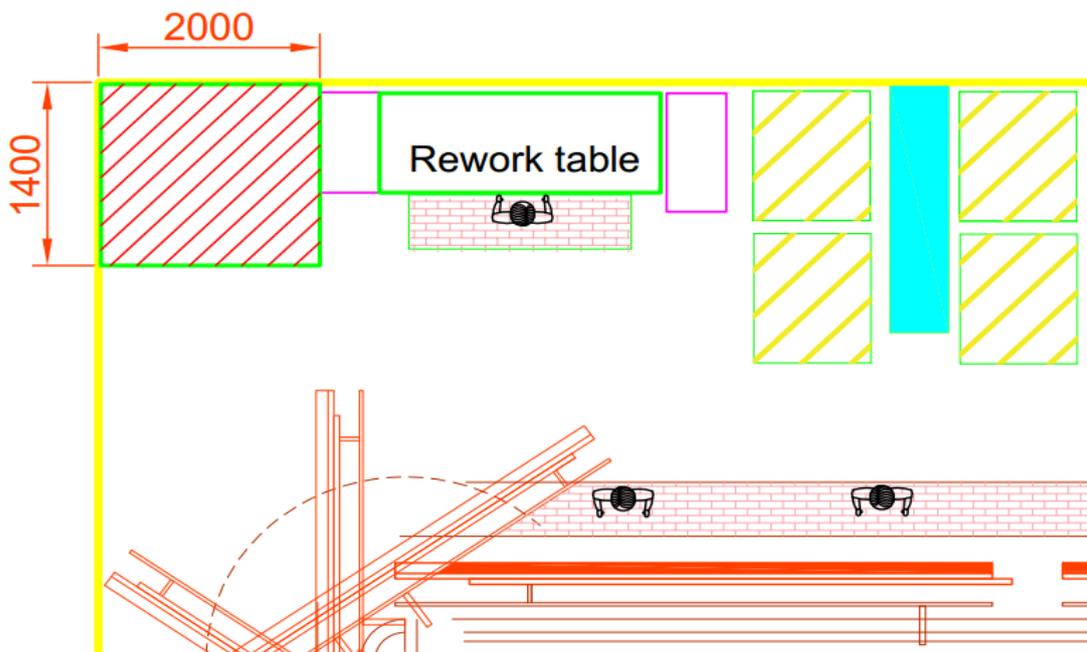


Figure 45 : Gain de l'espace au niveau de la zone Floor line 2

- ✓ Eliminer de façon définitive les déplacements de l'opérateur qui se déplace entre la cellule 6 et l'UCAB.

1.3. Changement l'emplacement du poste Splice Sever-Sub

Changement de l'emplacement du poste Splice Sever-Sub à coté du poste Sub 3.2 pour les raisons suivantes :

- Minimiser les déplacements inutiles.
- Améliorer l'ergonomie du poste SS-Sub en assurant un meilleur éclairage dans le nouvel emplacement près du couloire principale, surtout que l'opérateur qui travaille au niveau de ce poste réalise le contrôle qualité du splice à l'aide d'une loupe.

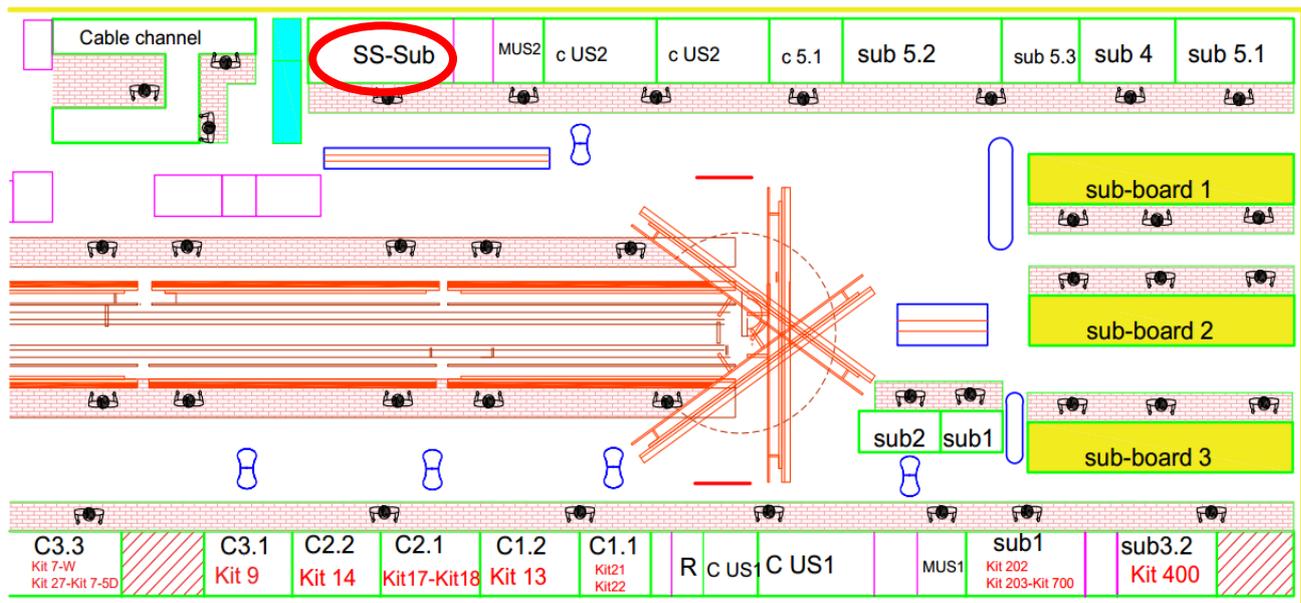


Figure 46 : Lay out avant déplacement du poste SS-Sub

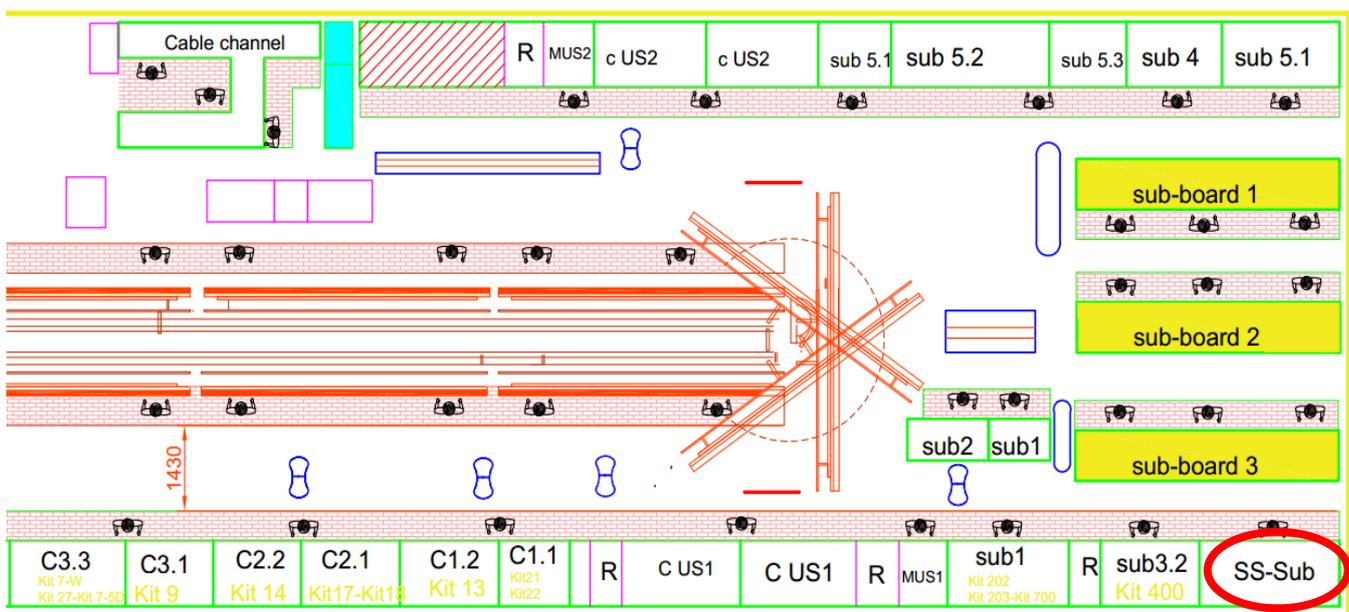
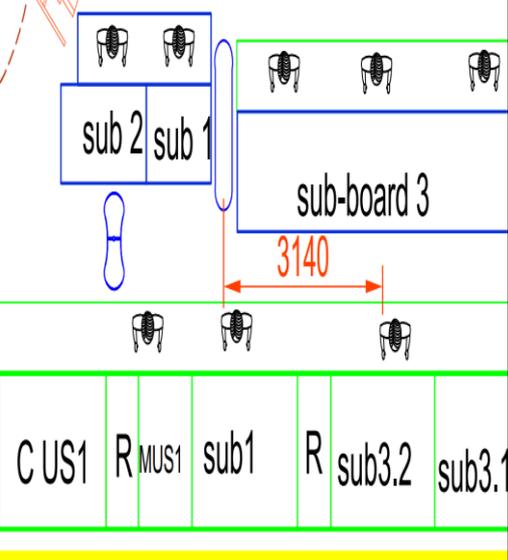
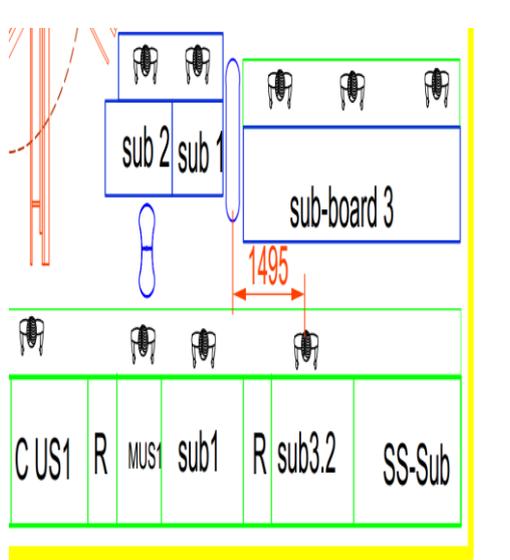


Figure 47 : Lay out après déplacement du poste SS-Sub

Estimation du Gain :

- ✓ Minimisation des déplacements inutiles au niveau du poste SUB 3.2

Tableau 17: Gain en déplacement au niveau de Sub 3.2

Poste	Avant	Après	Déplacement optimisé (mm)/opération
Sub 3.2			3290

1.4. Changement de l'emplacement de la table de réparation

Changement de l'emplacement de la table de réparation afin de remédier au problème de l'éloignement de cette dernière des postes de préparation et de la chaîne :

Nous avons proposés plusieurs simulations pour résoudre ce problème, mais celle qui minimise au maximum les déplacements inutiles, c'est de mettre la table de réparation à la place du poste SS-Sub pour qu'elle soit la plus proche possible de la chaîne, des postes de préparation et aussi des tableaux de Sub Assembly.

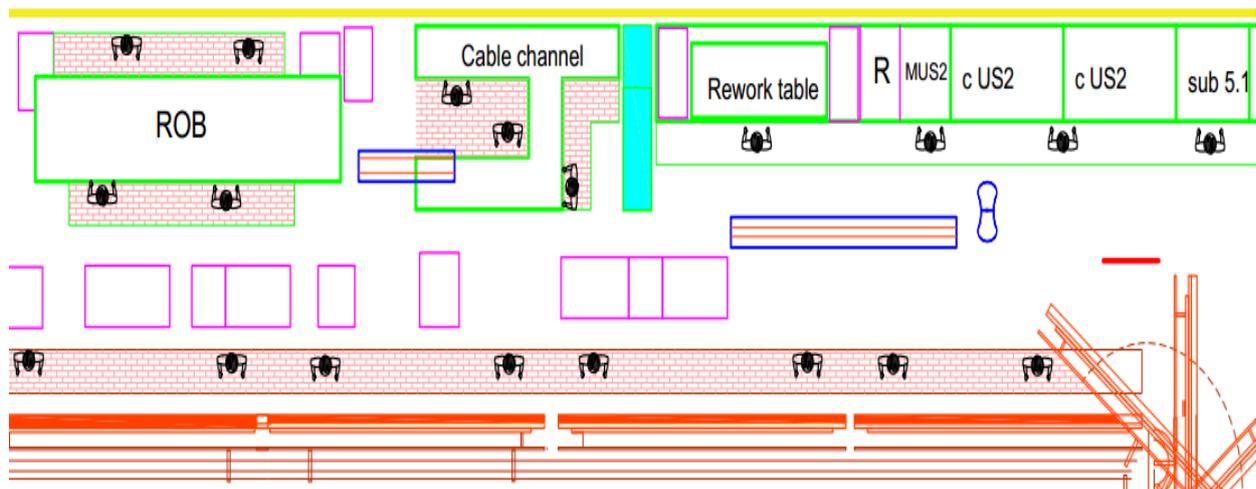


Figure 48 : le nouvel emplacement de la table de réparation

Estimation du Gain :

- ✓ Minimisation des déplacements au niveau des postes de préparation et de la chaîne

Le tableau ci-dessous résume le gain en déplacements, qu'on peut y avoir en implémentant cette proposition :

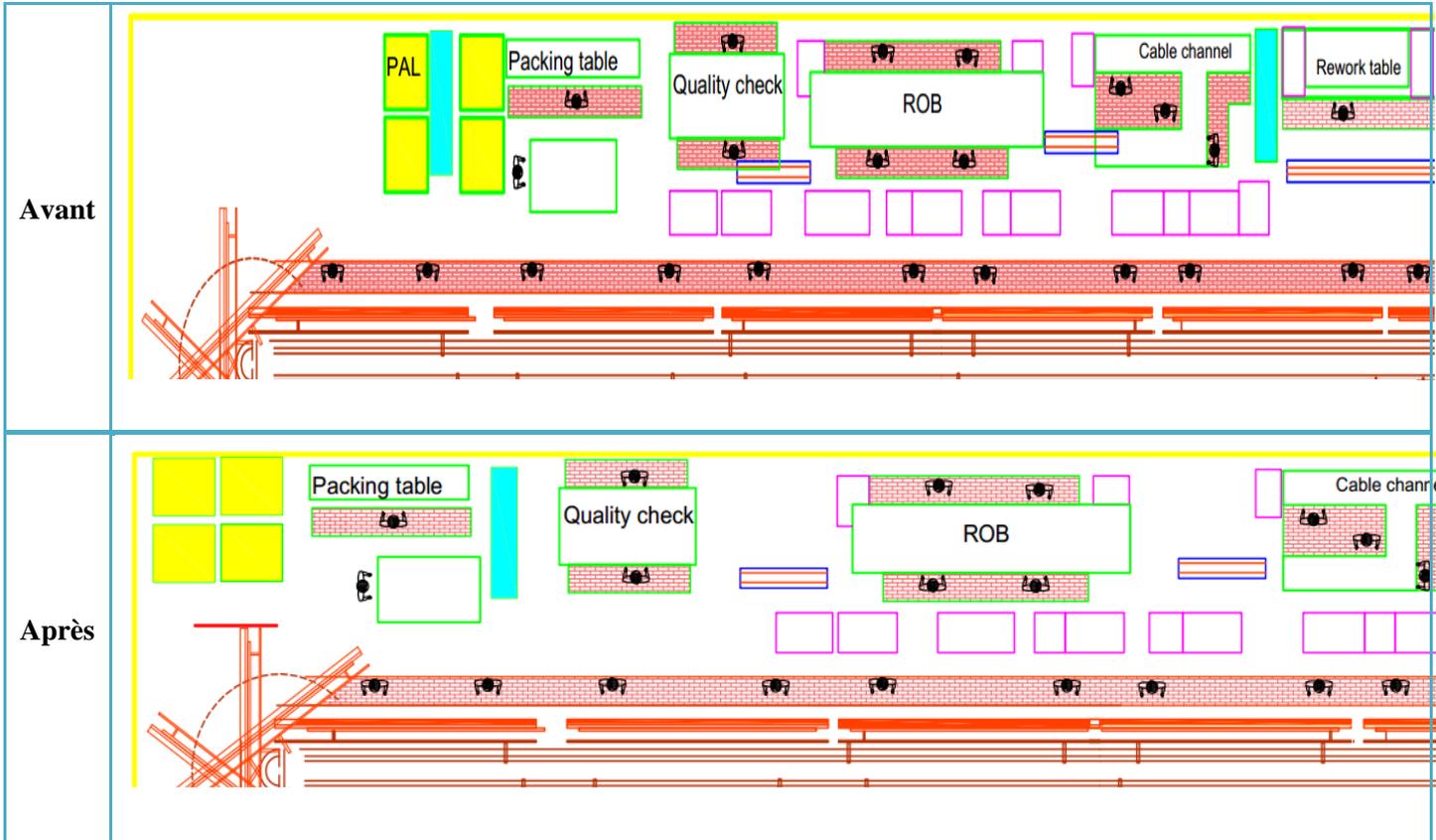
Tableau 18 : Minimisation des déplacements inutiles



1.5. Changement de l'emplacement des postes de préparation

Changement de l'emplacement des postes de préparation, en exploitant l'espace libéré après le déplacement de la table de réparation et de l'UCAB.

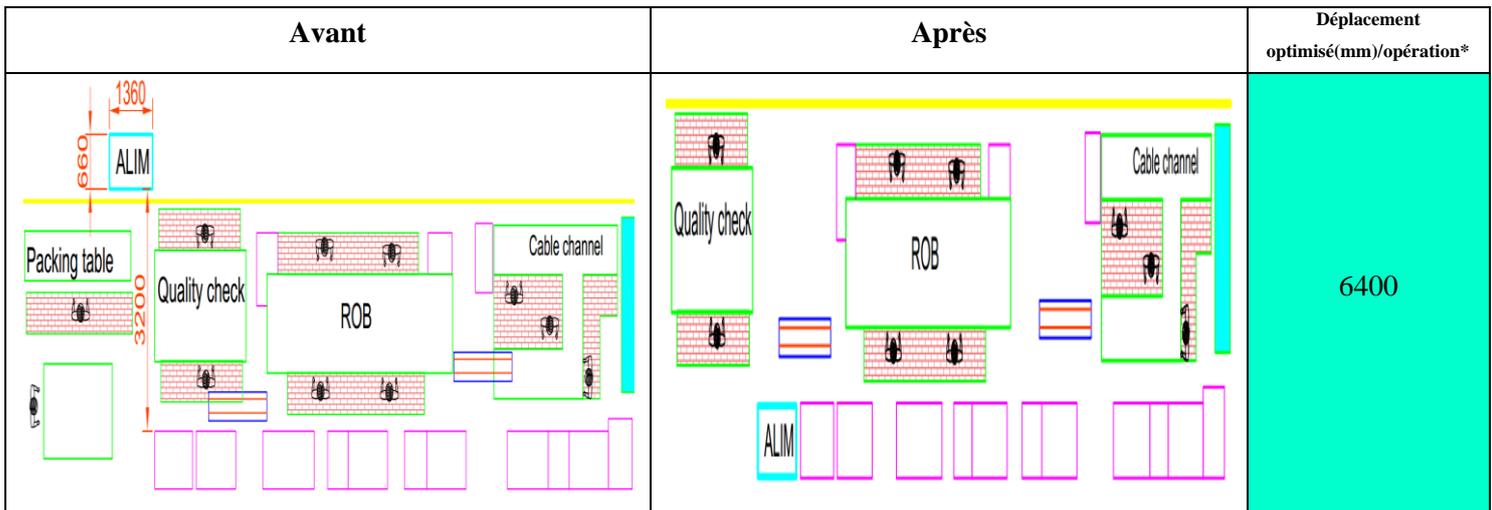
Tableau 19 : Changement de l'emplacement des postes de préparation



✚ Estimation du Gain :

✓ Minimisation de la route d'alimentation :

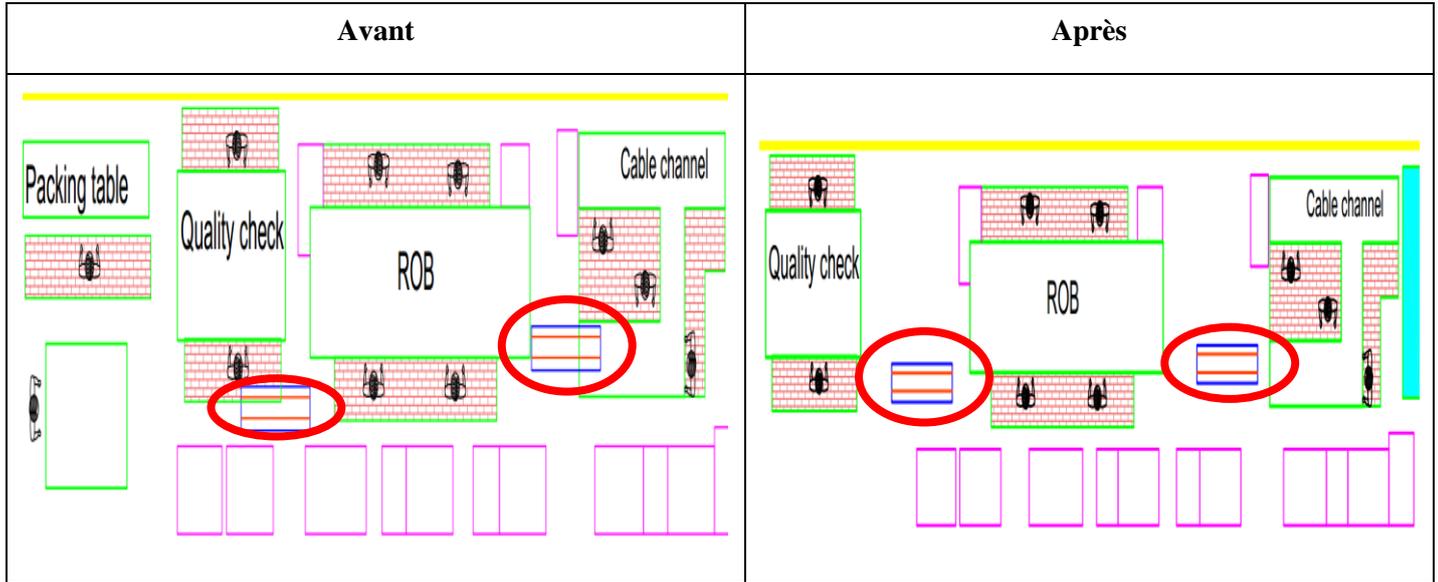
Tableau 20 : Optimisation de la route d'alimentation



*Opération du déplacement de l'alimentateur pour distribuer les composants (tubes, brides, PVC..) sur les 11 racks d'alimentation.

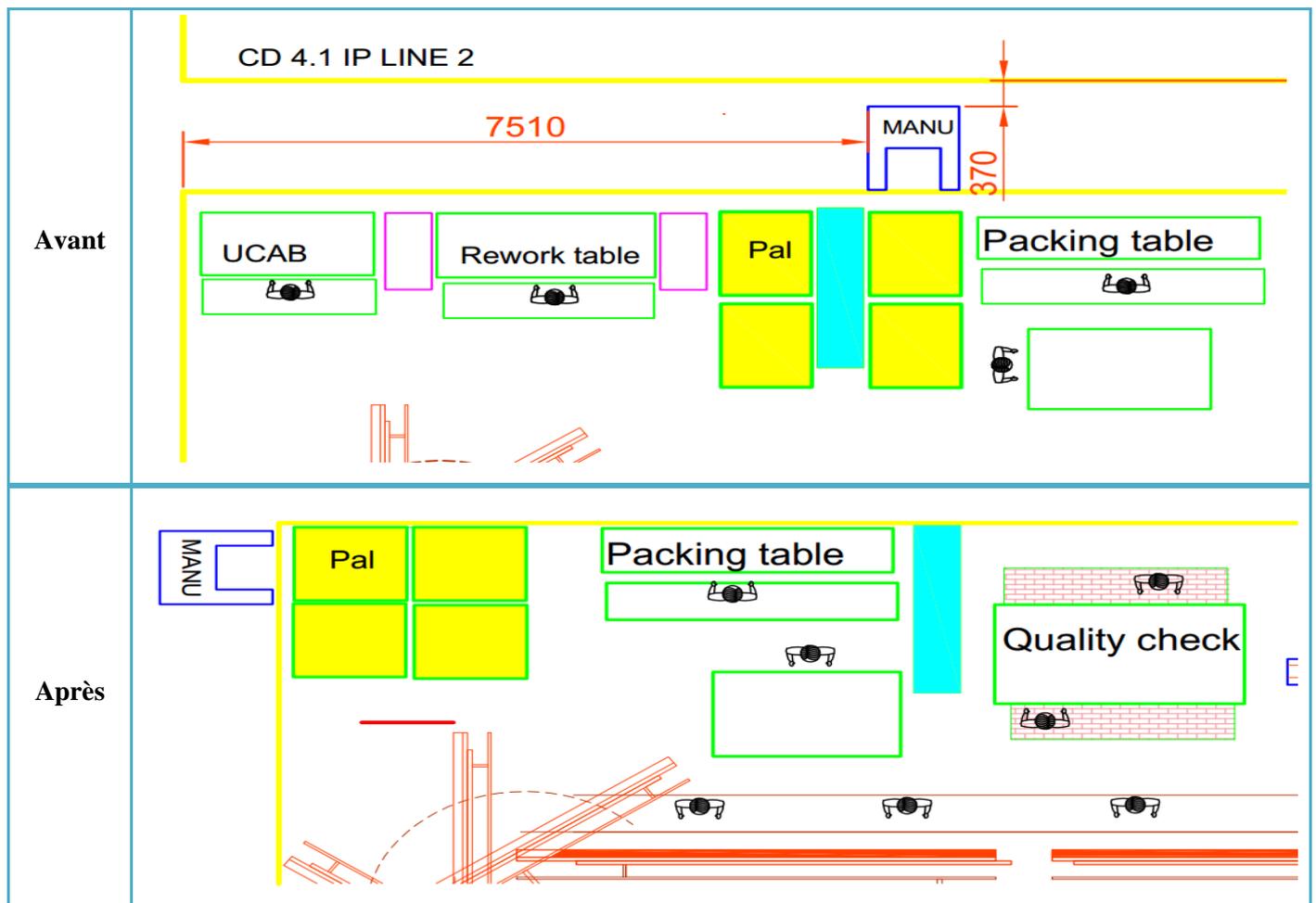
- ✓ Résoudre le problème du mauvais positionnement des moyens de connexion entre les postes de préparation :

Tableau 21 : l'emplacement des moyens de connexions avant et après l'amélioration



- ✓ Faciliter de façon remarquable l'opération de la transportation des palettes vers le magasin produit finis :

Tableau 22: l'emplacement de la table de réparation avant et après l'amélioration



1.6. Fusionnement des racks

a. Racks d'alimentation

Fusionner les racks d'alimentation des postes de bandage de la chaîne mobile en exploitant le surdimensionnement de ces derniers et en éliminant tous les composants qui entrent dans la production des câbles (4D).

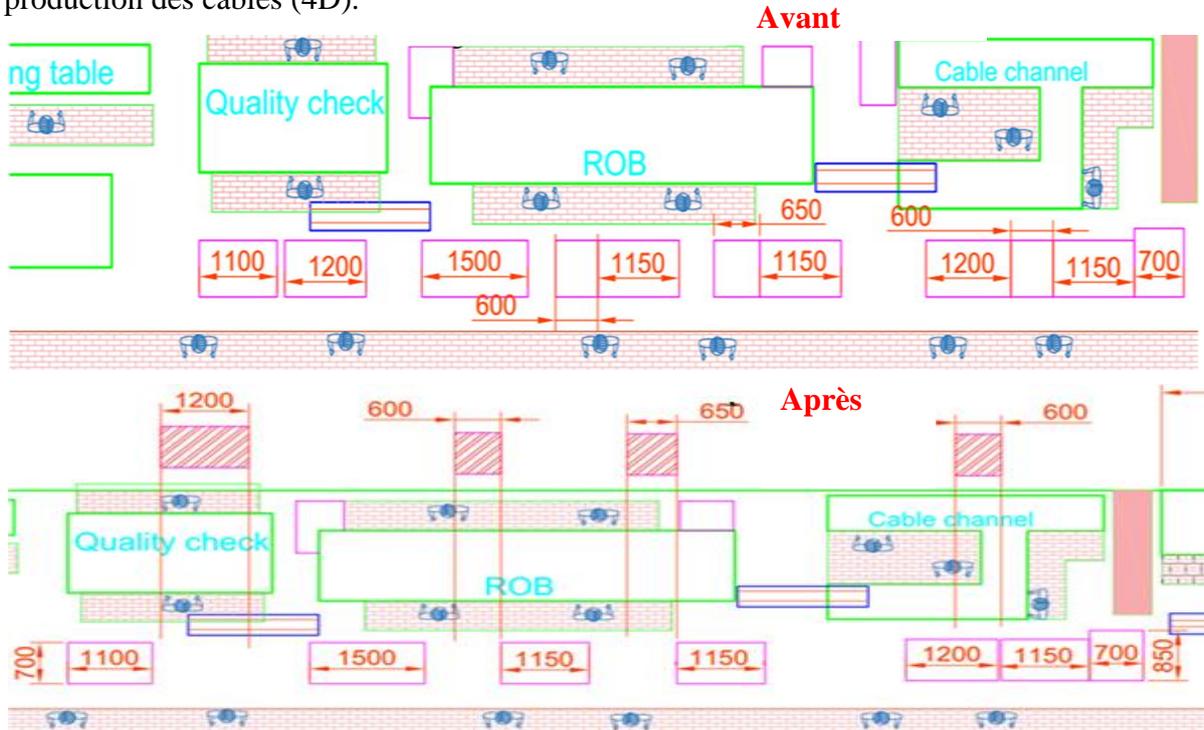
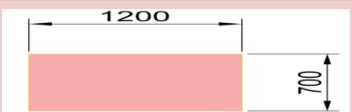


Figure 49 : Les racks d'alimentation des postes de la chaîne avant et après le fusionnement

✚ Estimation du Gain :

- ✓ Optimisation de l'espace :

Tableau 23 : Gain de l'espace en fusionnant les racks d'alimentation

Racks	Espace libéré (m ²)
	0.84
	0.42
	0.46
	0.42
TOTAL	2.14

b. Fusionnement la cellule 5.2 avec la cellule 5.1

La cellule 5.1 contient des emplacements pour 11 boîtes de plus, un espace suffisant pour recevoir le contenu de la cellule 5.2, donc nous avons proposé de fusionner les deux cellules précédentes

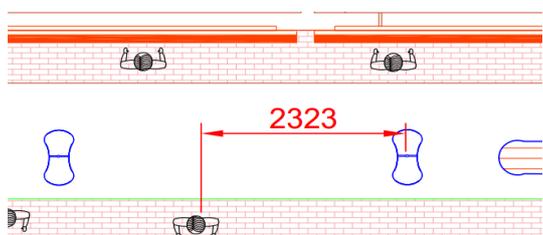
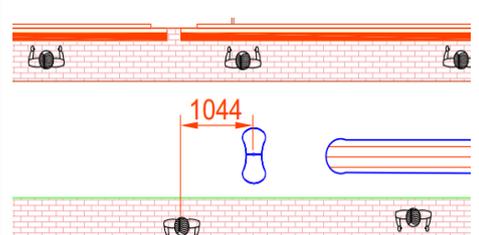


Figure 50: Cellule 5.2 **Figure 51: Cellule 5.1**

✚ Estimation du Gain :

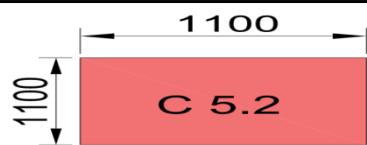
- ✓ Réduction des déplacements inutiles

Tableau 24 : Minimisation des déplacements au niveau de Sub 3.2

Avant				Après				Déplacement optimisé (mm)/opération
								2558
C6 it26-Kit11	C5.3 Kit4	C5.2 Kit20	C5.1 Kit12-Kit8	C6 it26-Kit11	C5.3 Kit4	C5.1 Kit12-Kit8	C4.4 Kit 2-5W Kit 2-4D	

- ✓ Gain d'espace :

Tableau 25 : Libération de l'espace de la cellule 5.2

Racks	Espace libéré (m ²)
	1.21

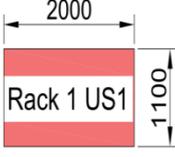
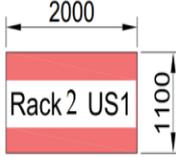
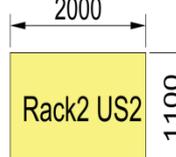
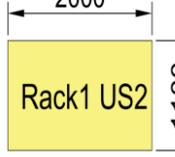
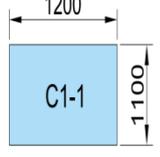
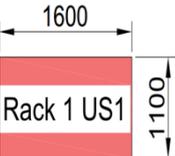
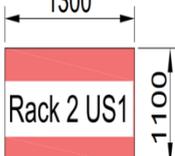
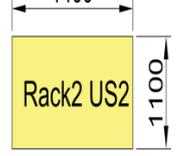
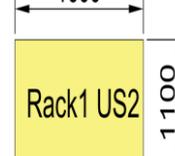
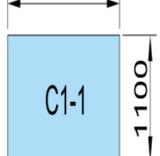
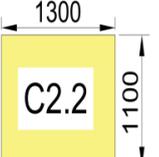
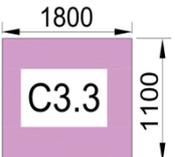
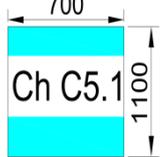
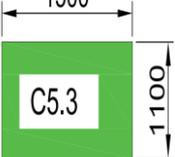
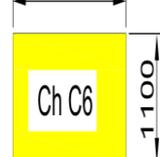
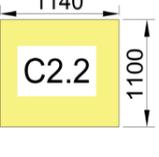
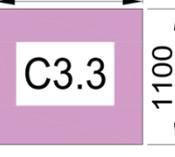
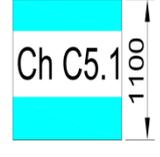
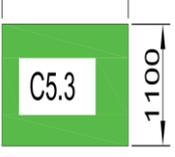
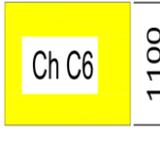
1.7. Ajustement des racks/chariots/Moyens de connexion

a. Racks US/Cellule Kitting

Cette proposition vise à gagner de l'espace en ajustant les racks surdimensionnés au niveau de la zone Floor line 2.

Le tableau ci-dessous résume les opportunités d'ajustement des racks :

Tableau 26 : Ajustement des racks de la zone Floor line 2

Avant					
Après					
Gain (m²)	0.44	0.77	0.66	0.44	0.165
Avant					
Après					
Gain (m²)	0.176	0.088	0.33	0.55	0.33
Total					3.95 m²

b. Moyens de connexion

Ajustement des moyens de connexions reliant les cellules 4/5 avec le poste 4 de la chaîne d'assemblage de la zone Floor line1 et Floor line 2.

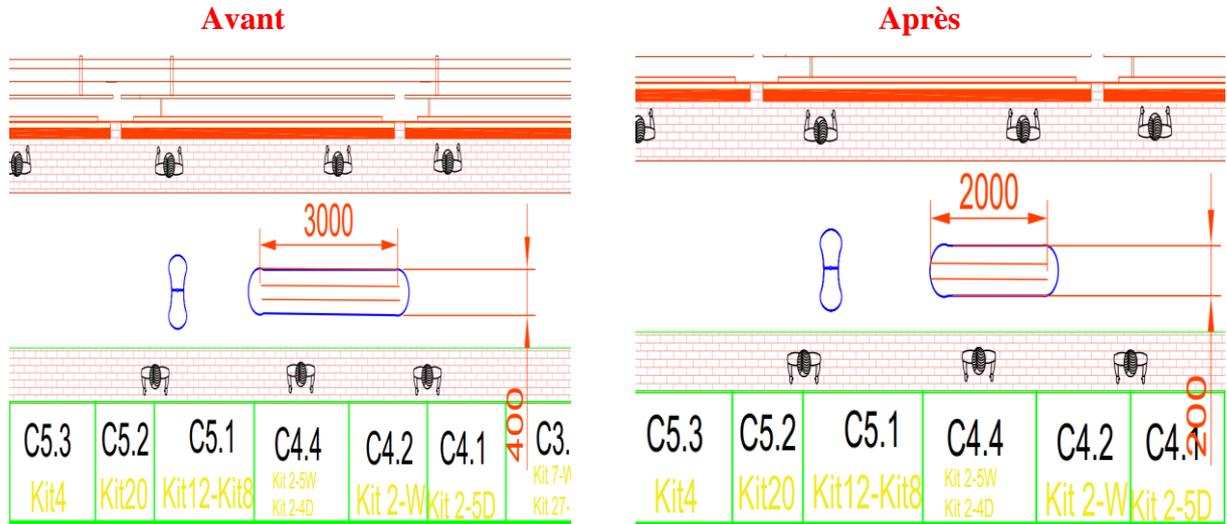


Figure 52 : Ajustement des moyens de connexion de la zone Floor line1/line2

✚ Estimation du Gain :

- ✓ Gain d'espace : $2 \times 0.8 = 1.6 \text{ m}^2$

c. Chariots de la table de réparation

L'idée de cette proposition c'est de mettre les deux chariots de réparations sous la table.

La figure ci-dessous montre une simulation de cette proposition :

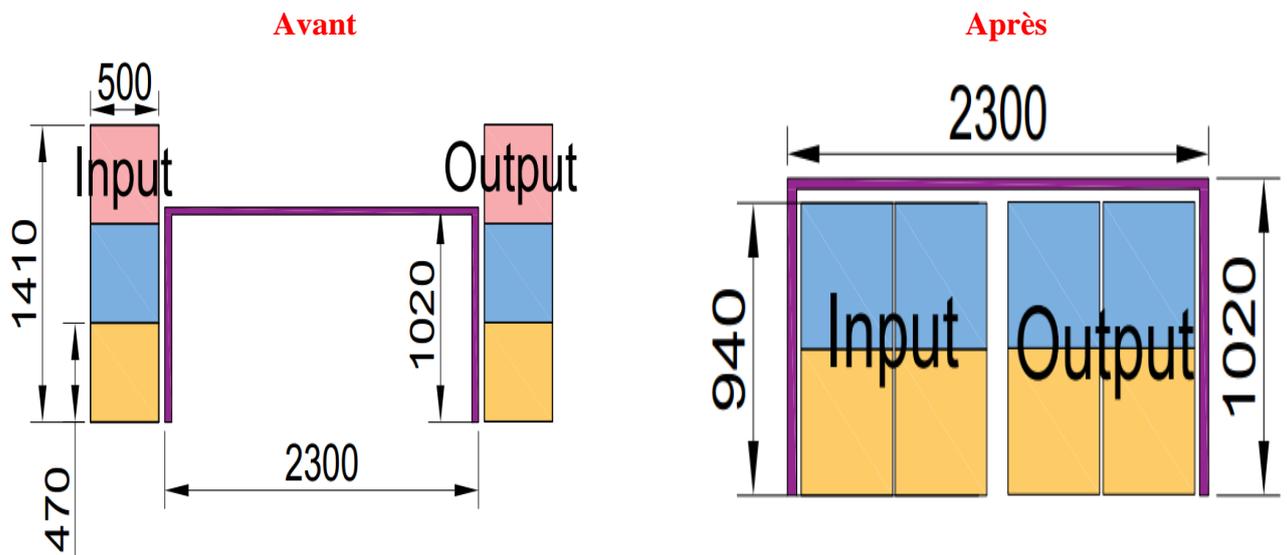


Figure 53 : Les chariots de la table de réparation avant et après amélioration

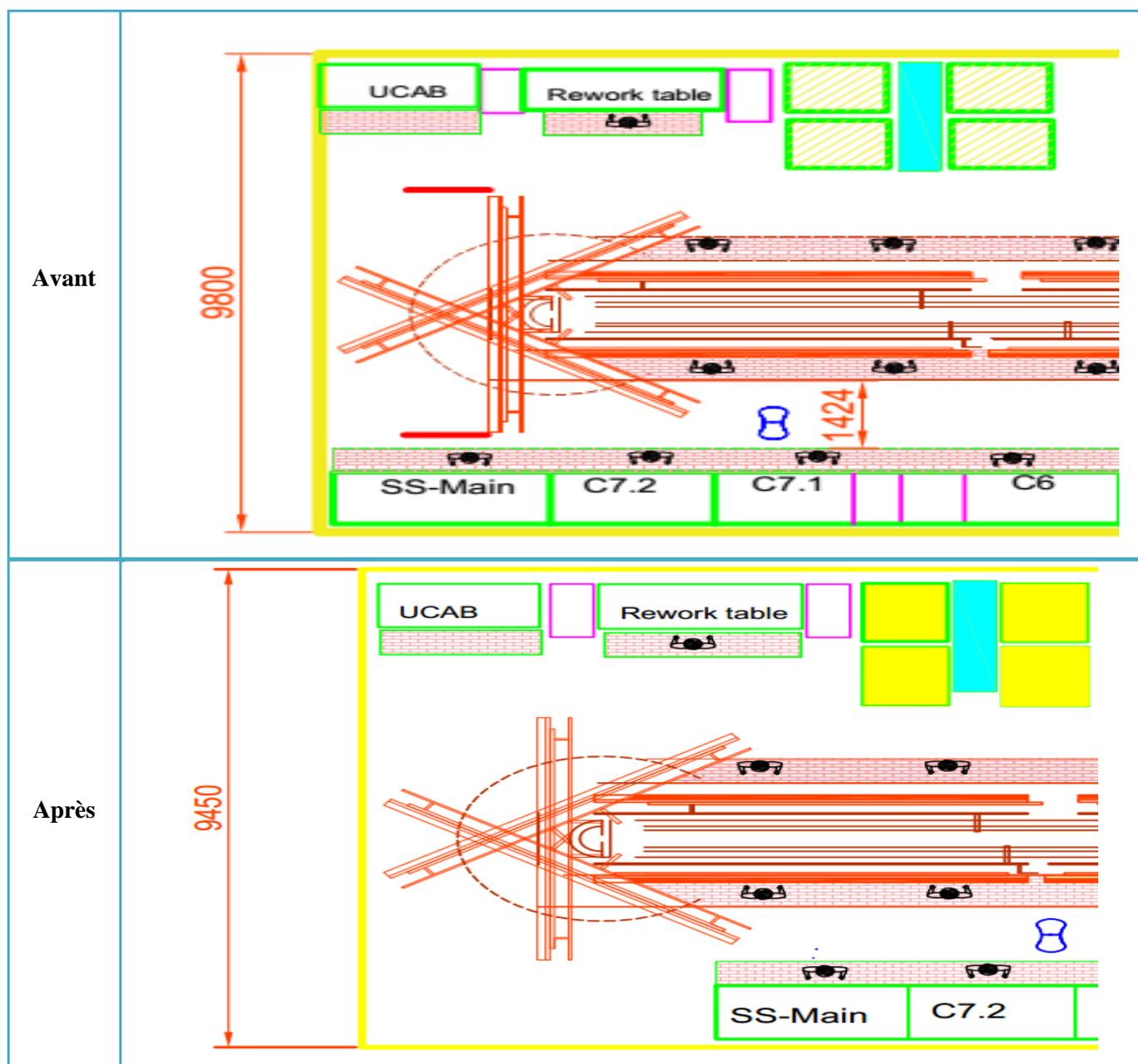
✚ Estimation du Gain :

- ✓ Gain d'espace : $2 \times 1.1 = 2.2 \text{ m}^2$,
- ✓ La capacité de mettre 4 câbles dans chaque chariot (Input/Output).

1.8. Réduction de la largeur du slot de la zone Floor Line 2

Nous avons proposé de réduire la largeur du slot Floor line 2 de 350 mm, parce que le couloir qui se trouve entre les cellules Kitting et les postes de la chaîne occupe un grand espace de la zone d'assemblage

Tableau 27 : Réduction de la largeur du slot



✚ Estimation du Gain :

✓ Gain d'espace : $(L=44.05) * (l=0.35) = 15.42 \text{ m}^2$

✓ Garantir la sécurité des opérateurs travaillant au niveau de la cellule 7.1, cellule 7.2 et SS-main.

1.9. Implémentation d'une zone de réparation :

Au lieu de faire tourner le câble défectueux à nouveau dans la chaîne ou bien les réparer au niveau des tableaux de Sub Assembly, et par conséquent perdre la place pour produire un nouveau câble de plus, on va les transporter à la zone de réparation à l'aide d'un chariot mobile. Cette amélioration va nous permettre d'éliminer de façon définitive le temps de non production lorsque nous rencontrons un câble défectueux qui nécessite la réparation au niveau de la chaîne mobile ou bien au niveau de Sub Assembly.

La zone de réparation va contenir deux postes qui sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 28 : Les fonctions des postes de la zone de réparation

Poste	Fonctions
Poste Main (1 Opérateur + Main-Board)	La réparation de tous les câbles défectueux venant des tableaux de Sub-Assembly du Floor line 1 et Floor line 2
Poste SUB (1 Opérateur + Sub-Board)	La réparation de tous les câbles défectueux venant de la chaîne du Floor line 1 et Floor line 2

La figure ci-dessous montre le lay out de la zone de réparation.

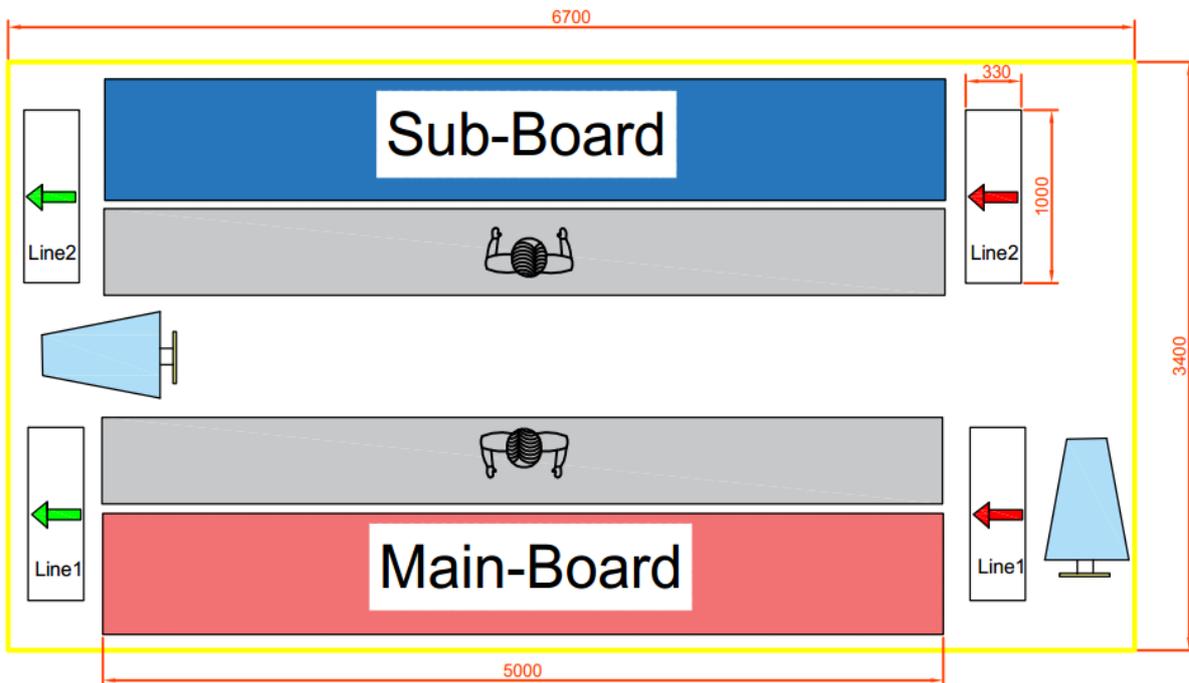


Figure 54 : Lay out de la zone de réparation

Estimation du Gain :

- ✓ Augmenter la productivité des zones FLOOR line1/line2, en éliminant de façon définitive les ruptures de production dues au problème des câbles défectueux qui se réparent au niveau de la chaîne mobile/Sub Assembly.

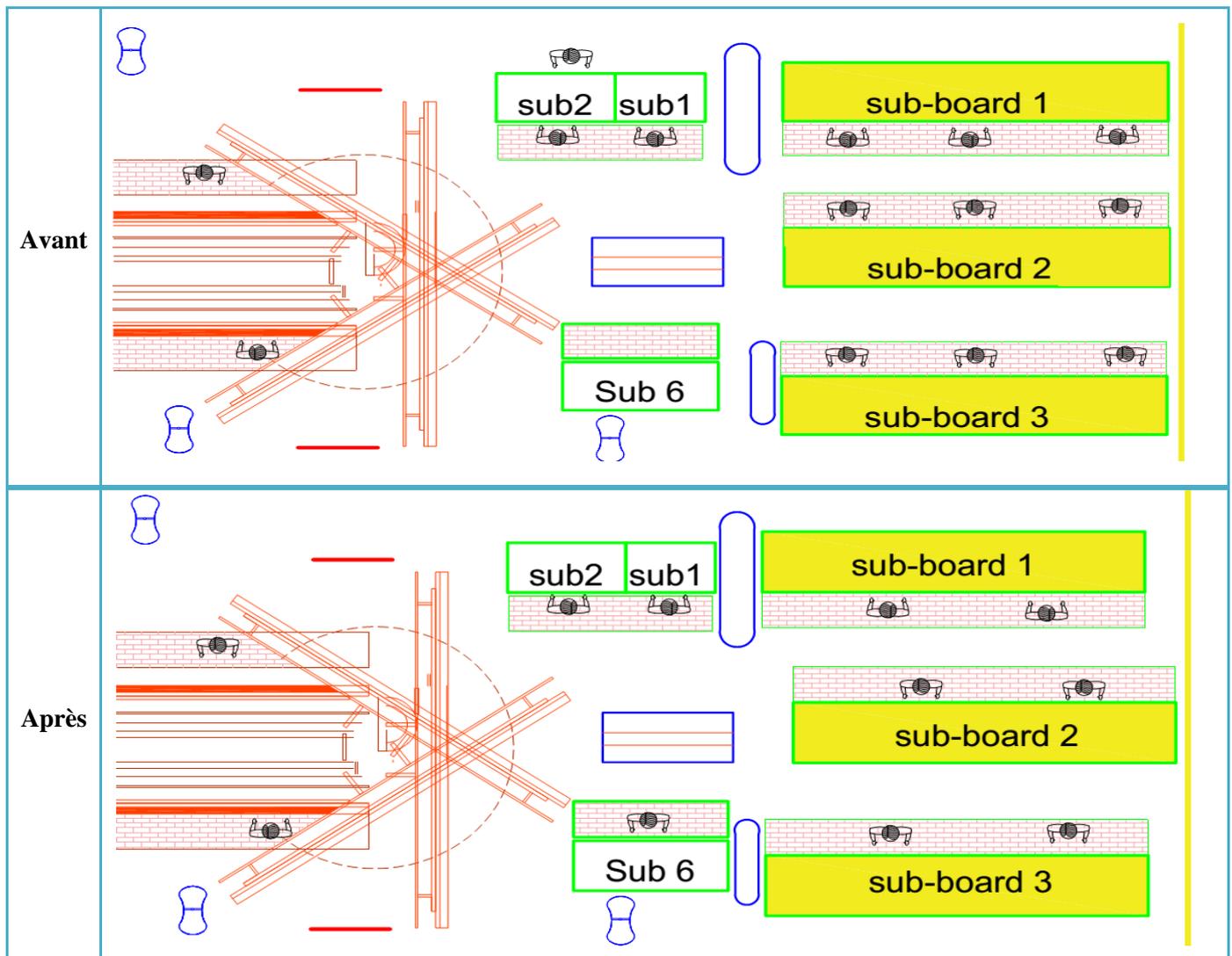
1.10. Améliorer le flux de Sub-Assembly :

Cette proposition vise à résoudre le problème des retards au niveau des trois tableaux de Sub Assembly dans les deux zones Floor line 1 et Floor line 2, Ces retards est dus à la diversité des tâches réalisés par chaque groupe (Séparation des fils+encliquetage, Bandage, Montage des brides+Test molètes) ; le principe de l'amélioration c'est d'établir une nouvelle répartition des tâches de telle façon à avoir chaque groupe de deux personnes réalisant une tâche spécifique.

Gr1 : Séparation des fils+encliquetage; Gr2 :Bandage ; Gr3: Montage des brides+Test molletes.

Le tableau ci-dessous illustre le principe de cette amélioration :

Tableau 29 : Amélioration de flux au niveau de Sub Assembly



Estimation du Gain :

- ✓ Réduction du nombre d'opérateurs : Au lieu d'avoir neuf opérateurs nous allons réduire ce nombre à six opérateurs qui tournent entre les trois tableaux, et chaque deux opérateurs font une tâche précise.
- ✓ Respecter le FIFO (First In First Out).

2. Zone IP Line 1

L'ensemble des actions d'amélioration proposées dans la zone IP Line 1 sont les suivantes :

2.1. Elimination d'un rack mal utilisé à coté de la table de réparation

L'élimination de ce rack nous a permis de gagner une surface de **0,38 m²**, ainsi nous avons construit une plaque sur laquelle nous avons mis l'analyseur et le lecteur code à barre afin de garder l'organisation du slot.

Avant



Après

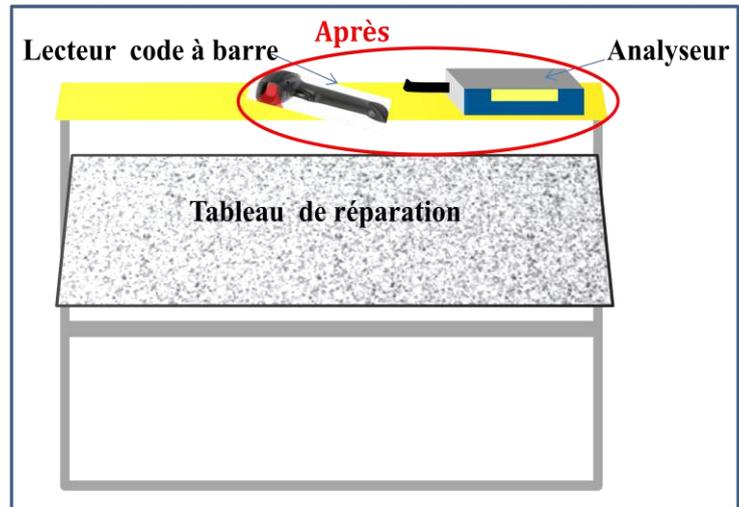
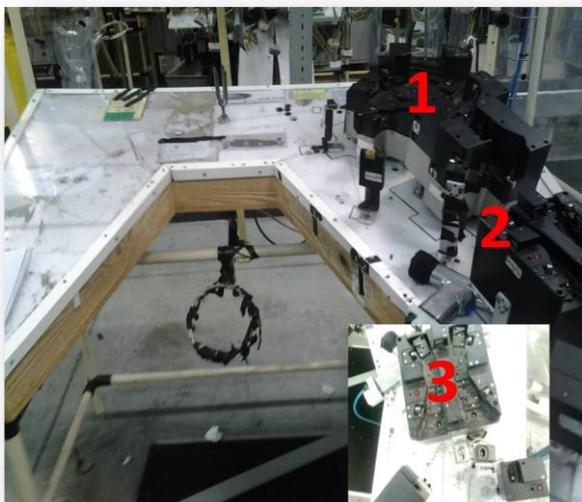


Figure 55 : rack avant et après l'amélioration

2.2. Eliminer la contre pièce BFA de la table goulotte 2

Afin d'équilibrer les tâches effectuées par le poste goulotte 1 et 2 durant la référence LHD nous avons éliminé la contre pièce BFA de la table du goulotte 2 de telle façon que le câble passe seulement par les contre pièces 1 et 2. L'amélioration proposée est illustrée dans la figure ci-dessous réalisée à l'aide du logiciel CATIA.

Avant



Après

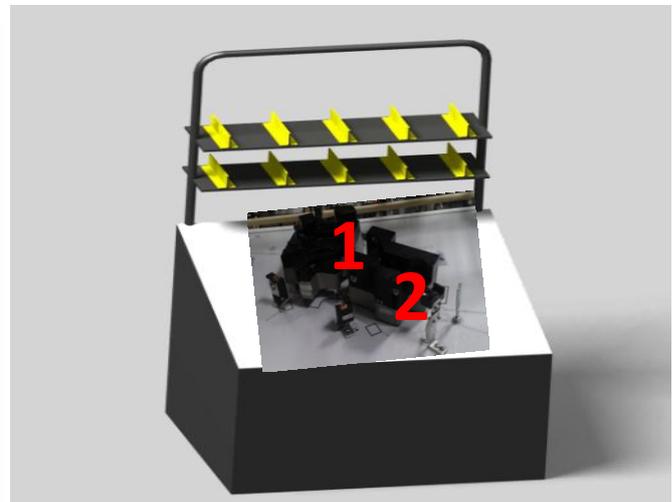


Figure 56 : la table de goulotte 2 avant et après l'amélioration

2.3. Séparation des deux racks à côté du poste goulotte 1

Afin de résoudre le problème de surdimensionnement de ce rack nous avons proposé de le séparer en deux racks contenant les pièces à assembler dans le câble, le premier rack est placé à côté du poste goulotte 1 et l'autre à côté du poste goulotte 2.

Les schémas ci-dessous représentent les améliorations proposées pour les deux racks.



Figure 57 : rack surdimensionné

a. Le premier rack

La rotation du premier rack nous a permis de gagner une surface de **0,15 m²** celle sélectionnée en rouge dans le schéma après l'amélioration.

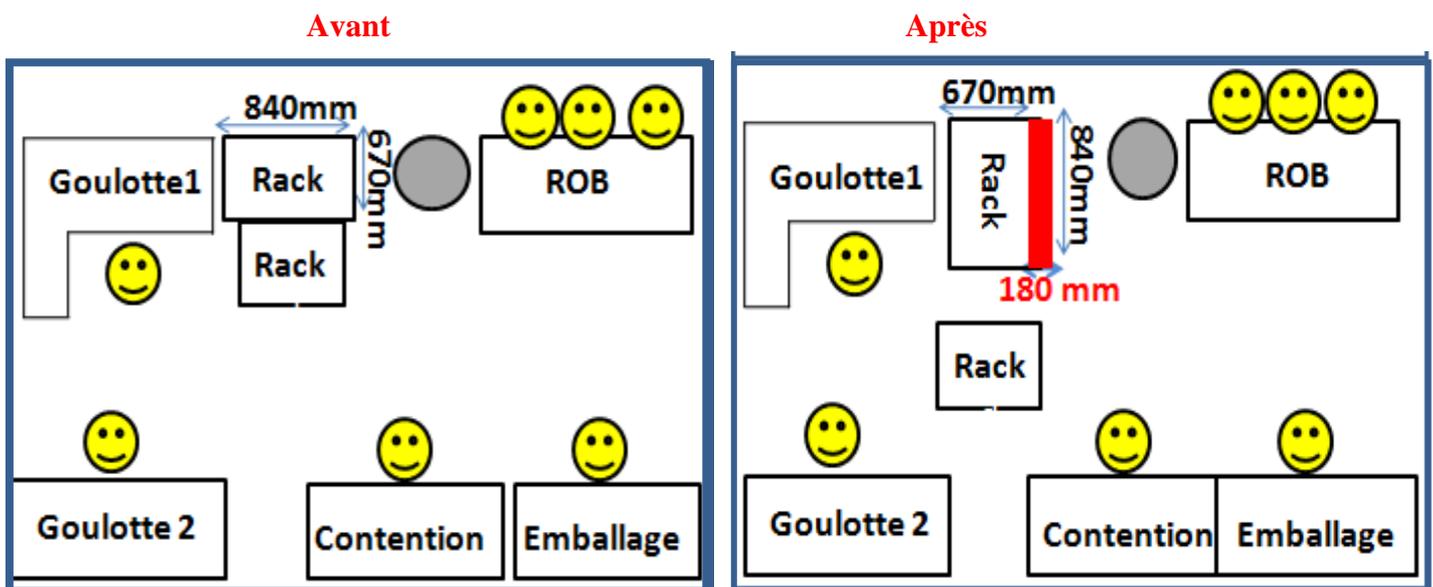


Figure 58 : le premier rack avant et après l'amélioration

b. Le deuxième rack

Le nouveau positionnement du deuxième rack est basé sur l'élimination d'un déplacement inutile d'un opérateur du poste goulotte 1 qui se déplace d'une distance de **800 mm** pendant une durée de **1,2 s** pour avoir les pièces nécessaires pour la réalisation de la tâche demandée, ainsi nous avons gagné une surface de **0,28 m²** celle déjà occupée par le deuxième rack.

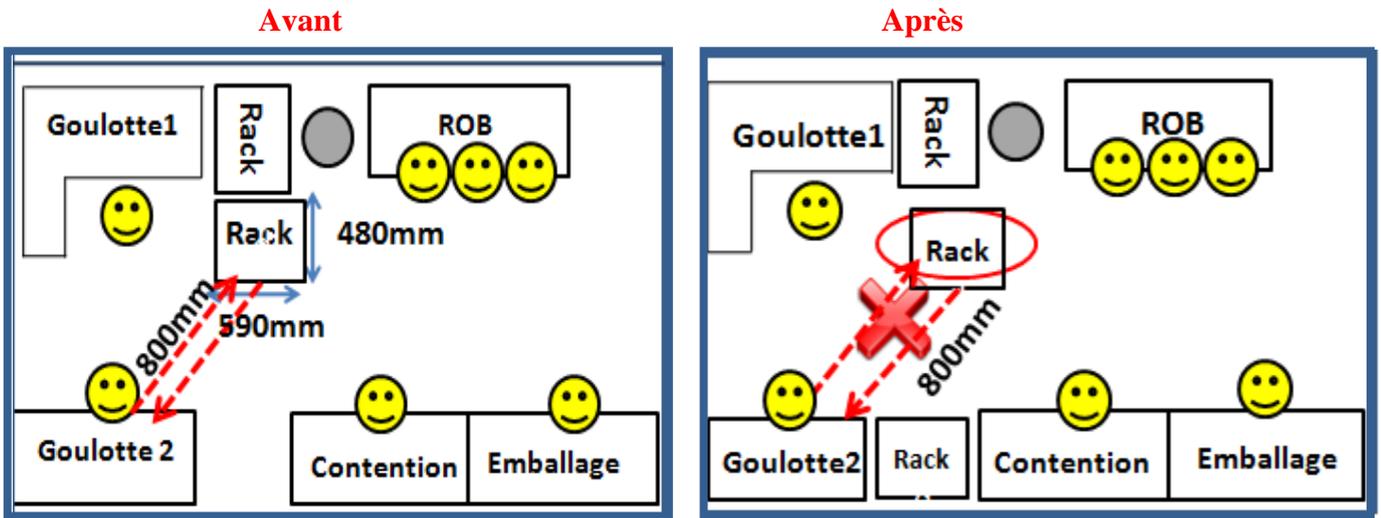


Figure 59 : le deuxième rack avant et après l'amélioration

2.4. Dessiner un couloir pour l'alimentation du poste goulotte 2

Afin d'alimenter le rack du poste goulotte 2 nous avons dessiné un couloir de **500 mm** de largeur.

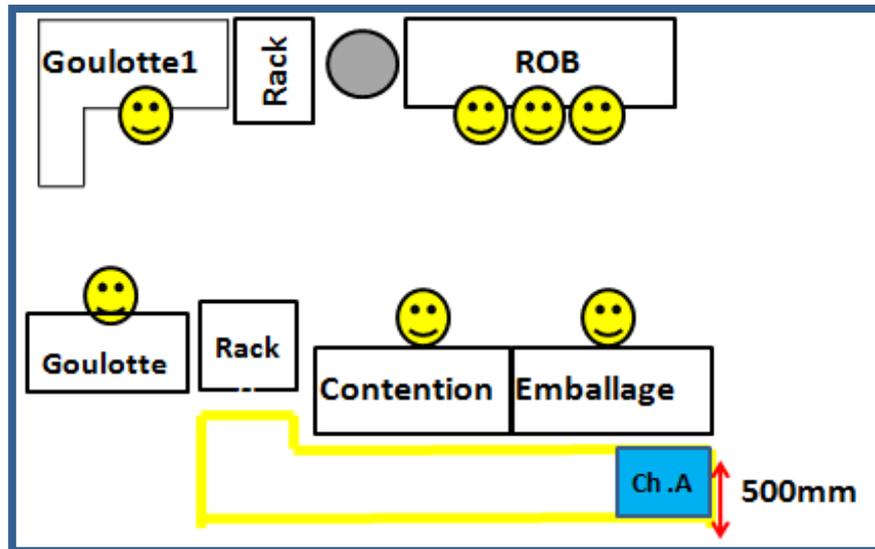


Figure 60 : couloir dessiné pour l'alimentation du poste goulotte2

2.5. Changement de l'emplacement des boîtes vides de la table du poste goulotte 2

Au lieu de l'ancien emplacement des boîtes vides qui a occupé une surface de $0,19 m^2$ nous avons proposé un nouvel emplacement sous forme d'une nouvelle étagère avec des séparations entre les boîtes pour garder toujours l'organisation et l'ergonomie du poste de travail.

La figure ci-dessous réalisée avec CATIA V5 représente l'amélioration proposée.

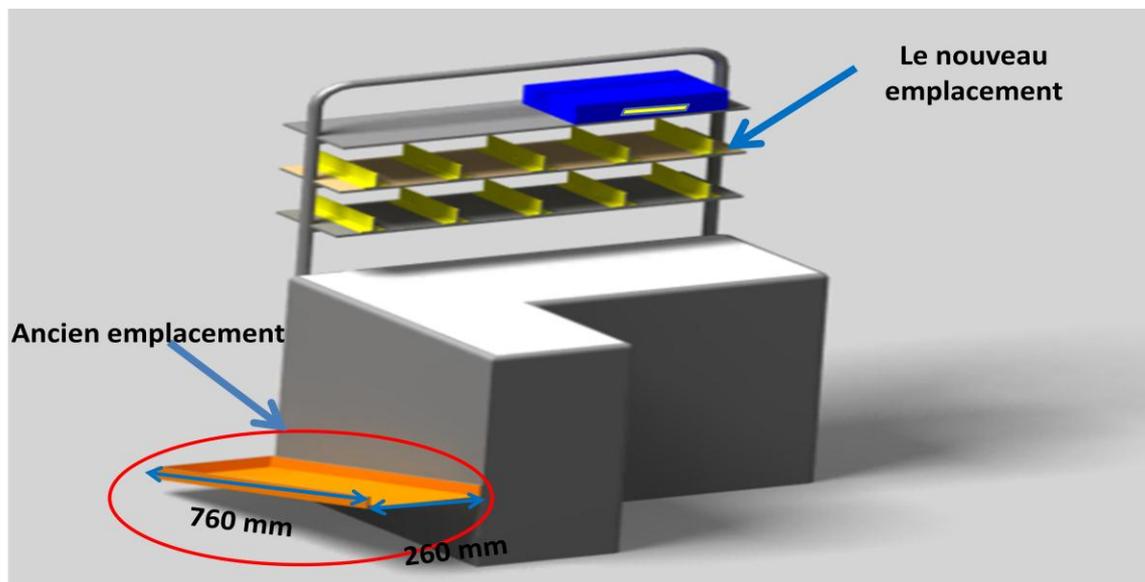


Figure 61 : le nouvel emplacement des boîtes vides

2.6. Diminution de la hauteur des moyens de connexion

Cette amélioration est proposée pour les deux zones IP Line 1 et Line 2 afin d'assurer l'ergonomie du côté opérateurs.

Avant



Après

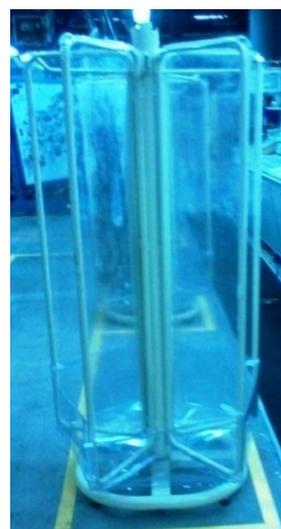


Figure 62 : moyen de connexion avant et après l'amélioration

3. Zone IP Line 2

L'ensemble des actions d'amélioration proposées dans la zone IP Line 2 sont les suivantes :

3.1. Changement de l'emplacement du rack à coté du poste goulotte 2

Cette amélioration est proposée dans le but de faciliter le flux en minimisant la distance parcouru par l'opérateur du poste goulotte 2, pour qu'il récupère le câble à partir du moyen de connexion, et par conséquent diminution du temps de déplacement.

Les figures ci-dessous (**Figure 64**) représentent les changements au niveau de distance et de temps du à l'amélioration proposée.

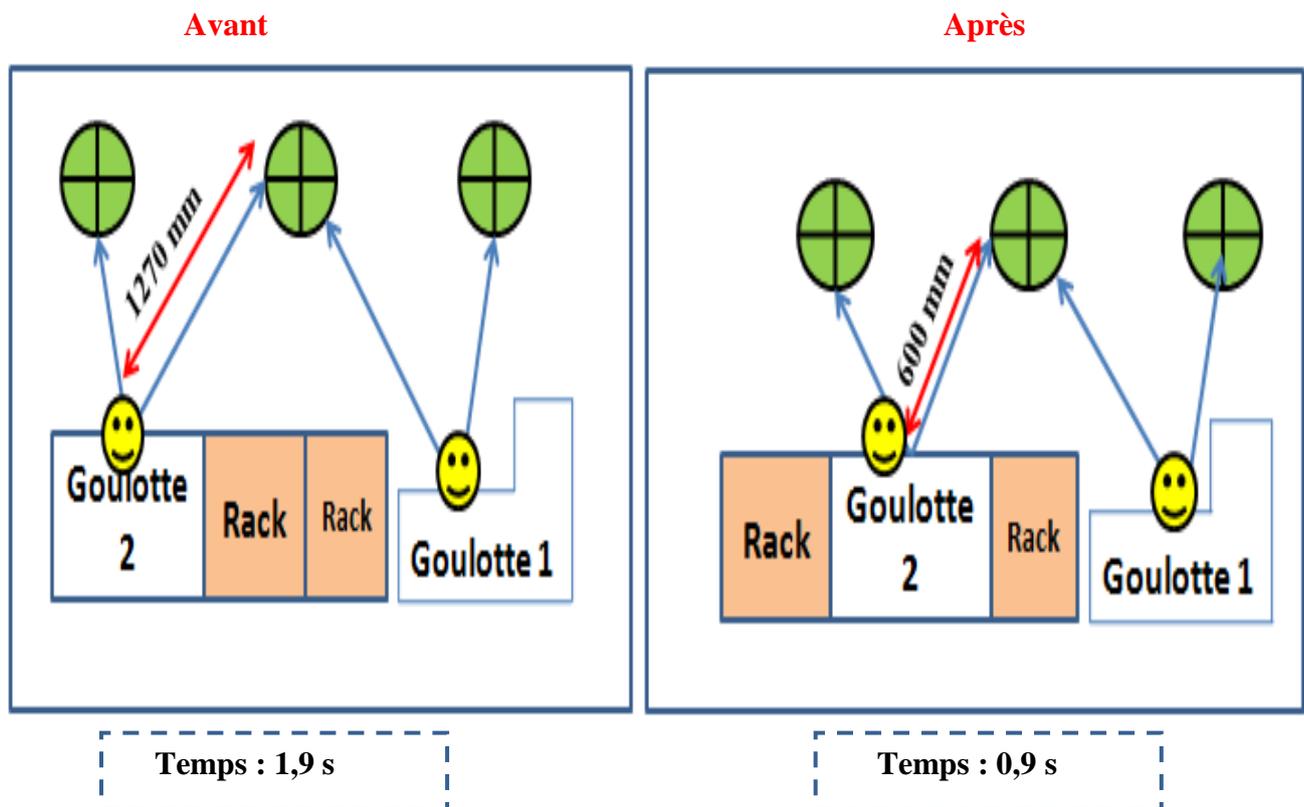


Figure 63 : l'emplacement du rack avant et après l'amélioration

3.2. Redimensionner les plaques de splice saver

Durant notre étude de la zone IP Line 1 nous avons constaté que les plaques de contrôle de Splice Saver sont surdimensionnées, chaque plaque a une surface de $0,21 m^2$ et les cellules qui contiennent ces plaques sont les suivantes : cellule 2, cellule 3, cellule 6, cellule 8.

Afin de résoudre le problème de surdimensionnement nous avons proposé de redimensionner les plaques de telle façon que chaque plaque occupe une surface de $0,14 m^2$ et grâce à cette amélioration nous avons gagné une surface $0,56 m^2$ ($0,14 m^2 * 4$ cellules).

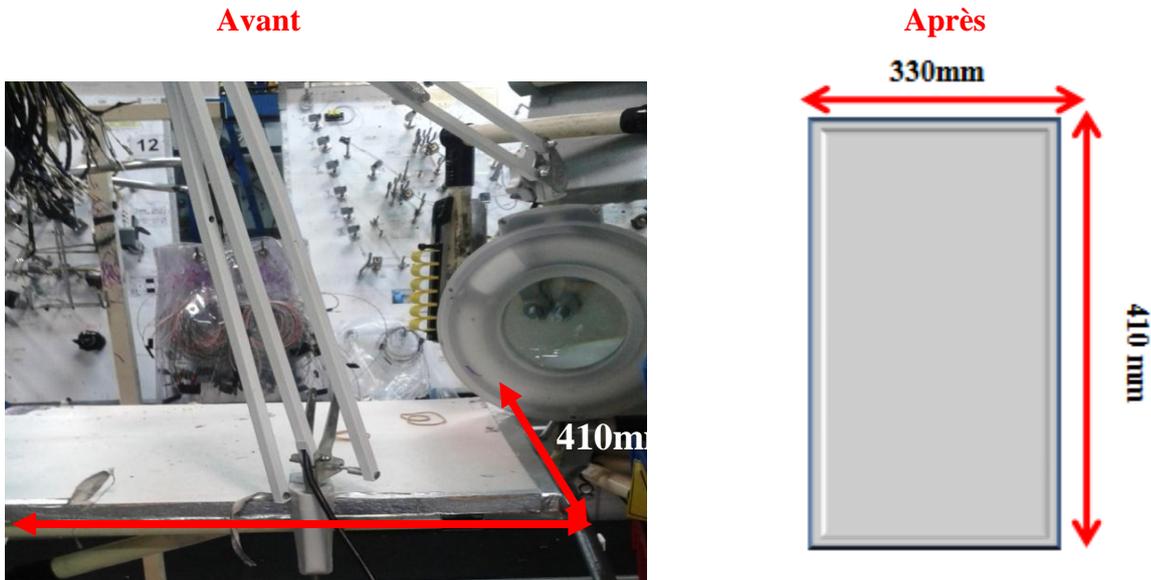


Figure 64 : plaque SpliceSaver avant et après amélioration

3.3. Eliminer l'espace entre les cellules

Cette proposition consiste à éliminer l'espace entre :

- (la table de la contention, cellule 1),
- (cellule 3, US2),
- (US2, cellule 4).

D'après cette amélioration nous pourrions gagner une surface de $0,54m^2$ ($(0,21m + 0,32m + 0,25m) * 0,77m$).

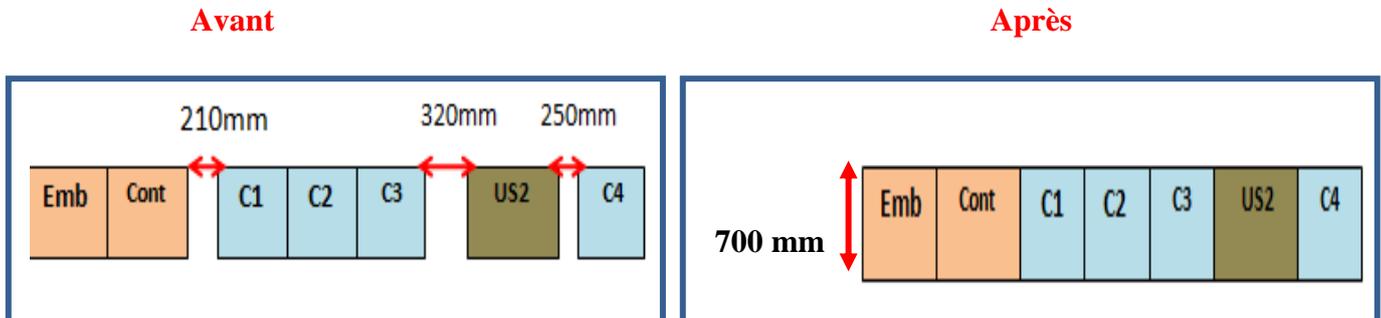


Figure 65 : Elimination de l'espace entre les cellules

Conclusion :

Durant cette partie nous avons cité l'ensemble des améliorations proposées afin de résoudre les problèmes identifiés.

Dans le chapitre suivant nous allons présenter l'implantation des actions d'amélioration proposées au sein des zones d'assemblage Floor et IP, ainsi que nous allons établir un bilan des gains obtenus accompagné d'un suivi pour s'assurer de l'efficacité des améliorations implantées.

Chapitre 5

La 5^{ème} étape « Contrôler »

Dans ce chapitre nous allons exposer dans un premier temps les actions qui ont été mises en place accompagnées d'un suivi des résultats obtenus après amélioration. Dans un second temps nous allons réaliser une étude technico-économique afin d'estimer le gain généré pour la société.

Introduction

L'ensemble des étapes « Définir », « Mesurer », « Analyser », « Contrôler » a permis de fournir des solutions afin d'optimiser l'espace et améliorer le flux au sein des zones d'assemblage Floor et IP. Ce chapitre sera consacré à la présentation de l'implantation des améliorations proposées ainsi que leurs différents gains. Nous exposerons également, les résultats du suivi réalisé afin de s'assurer de l'efficacité des améliorations implantées.

I. Implémentation des solutions

Dans cette étape, nous précisons comment les solutions seront mises en œuvre, ainsi que le coût total de chaque investissement et les personnes impliquées.

1. Présentation de l'équipe

L'implémentation des solutions proposées dans les zones Floor et IP nécessite la présence d'une équipe qui a été consacrée par l'entreprise. Le tableau ci-dessous montre les membres d'équipe ainsi que leurs rôles.

Tableau 30 : l'équipe consacrée pour la mise en place des actions d'amélioration

Département	Equipe		Rôle
Ingénierie	FLOOR	Fayçal Meqdar(Ingénieur méthode)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ S'assurer du respect du flux ▪ S'assurer du respect des normes de sécurité et d'ergonomie: <ul style="list-style-type: none"> ✓ couloir pour le passage des opérateurs et du personnel, ✓ espace de travail, de l'opérateur, suffisant 40*40cm, ✓ moyen de connexion loin des opérateurs, ✓ machine à utilisation non dangereuse.
		Khadija Ouben Saïd (Technicien spécialisé)	
	IP	Ghizlane El Kouhen(Ingénieur méthode)	
		El guelyie Ahmed(Technicien spécialisé)	
Qualité	Ingénieur qualité		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Auditer la zone après l'implantation de l'amélioration.
Fiabilité	Ingénieur fiabilité		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Valider les équipements après l'implantation de l'amélioration.
Maintenance	Groupe TECTRA (Main d'œuvre)		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Déplacement/ajustement/Fusionnement des équipements.

2. La mise en place des actions proposées pour les zones Floor et IP

2.1. Zone Floor line 1/Line 2 :

Nous allons citer dans cette partie les différentes propositions, qui ont été implémentées dans les deux zones Floor line 1/line 2.

Remarque :

La criticité du taux d’occupation de la zone Floor line 2 (**62.74%**), nous a poussé à donner plus de priorité à cette zone pour objectif de remédier aux problèmes du manque de l’espace libre et la mauvaise gestion de flux, et par la suite généraliser ces solutions sur la zone Floor Line 1.

❖ Amélioration 1 :

Suite à la nouvelle répartition que nous avons proposés dans la phase innover, la société Delphi a opté pour cette solution, qui vise à éliminer tous les équipements produisant les câbles (4Door) de la zone floor line 2. Nous avons éliminé 5 structures (Chariot C6, C4.3, C3.3, Sub6, Sub3.1).



Figure 66 : L’espace libéré après l’élimination des équipements (4 Door)

Après avoir éliminé toutes les structures (4D), nous avons lancé la deuxième étape qui consiste à minimiser les déplacements inutiles des opérateurs au niveau des cellules Kitting et sub Kitting.

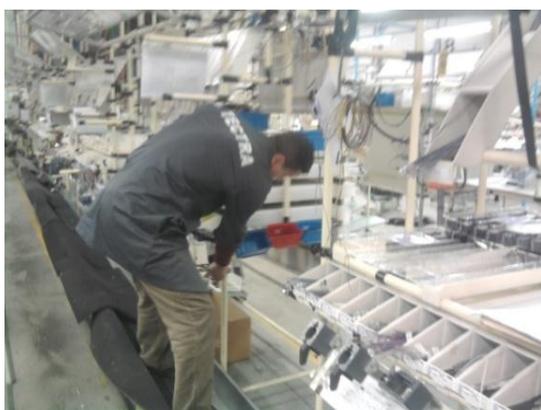


Figure 67 : L’opération du déplacement des cellules

Investissements :

Le tableau ci-dessous montre le cout d’investissement de cette amélioration.

Tableau 31 : Investissement en main d’oeuvre

Man power			
Nombre d’opérateur	Durée (h)	Cout /h.op (Dh)	Cout totale (Dh)
2	6	17.8	213.6

❖ **Amélioration 2 :**

Déplacement de l'UCAB près de la cellule 6 en exploitant l'espace que nous allons optimiser en implantant l'amélioration précédente.

Avant



Après



Figure 68 : L'emplacement de l'UCAB avant et après amélioration

Investissements :

Le tableau ci-dessous montre le cout d'investissement de cette amélioration.

Tableau 32 : Investissement en main d'œuvre

Man power			
Nombre d'opérateur	Durée (h)	Cout /h.op (Dh)	Cout totale (Dh)
4	3	17.8	213.6

❖ **Amélioration 3 :**

Changement de l'emplacement du poste Splice Sever-Sub, et le mettre à coté du poste Sub 3.2.

Avant



Après



Figure 69 : Déplacement du poste SS-Sub

Investissements :

Le tableau ci-dessous montre le cout d'investissement de cette amélioration.

Tableau 33 : Investissement en main d'oeuvre

Man power			
Nombre d'opérateur	Durée (h)	Cout /h.op (Dh)	Cout totale (Dh)
2	2	17.8	71.2

❖ **Amélioration 4 :**

Fusionnement des racks d'alimentation des postes de bandage de la chaîne d'assemblage, en exploitant les espaces vides dans certains racks, ce qui nous a permis d'éliminer quatre racks de la zone Floor line 2 (voir **figure 71**).



Figure 70 : Racks vides après l'amélioration effectuée

Investissements :

Le tableau ci-dessous montre le cout d'investissement de cette amélioration.

Tableau 34 :Investissement en main d'oeuvre

Man power			
Nombre d'opérateur	Durée (h)	Cout /h.op (Dh)	Cout totale (Dh)
2	1	17.8	35.6

❖ **Amélioration 5 :**

Ajustement du moyen de connexion par gravité situé entre les cellules 4/5 et le poste 4 de la chaîne mobile de la zone Floor line 1.Nous avons réalisé un gain de **0.4 m2** (décalage de **0.4 m²** par rapport au gain en espace que nous avons estimé «**0.8 m²**») (voir **figure 72**).



Figure 71 : Moyen de connexion après ajustement

Cette amélioration sera généralisée sur la zone Floor line 2.

Investissements :

Le tableau ci-dessous montre le cout d'investissement de cette amélioration.

Tableau 35 :Investissement en main d'oeuvre

Man power			
Nombre d'opérateur	Durée (h)	Cout /h.op (Dh)	Cout totale (Dh)
2	2	17.8	71.2

❖ **Amélioration 6 :**

Implémentation d'une nouvelle zone de réparation qui va nous permettre de résoudre de façon définitive le problème du temps de non production dû à la réparation des câbles au niveau de la chaîne mobile ou bien au niveau de sub assembly, et par conséquent nous allons augmenter la productivité des zones Floor line 1/line 2.



Figure 72 : Zone de réparation Floor line 1 / line 2

Remarque :

- Nous n'allons pas embaucher d'autres opérateurs parce que la réparation au niveau de cette zone sera assurée par deux opérateurs polyvalents déjà existants.
- Nous avons placé la zone de réparation dans un espace non utilisé situé placée entre la zone Floor line 1 et Floor line 2 pour objectif de minimiser les déplacements inutiles.
- L'espace que nous avons exploité est situé en dehors de la zone d'assemblage.

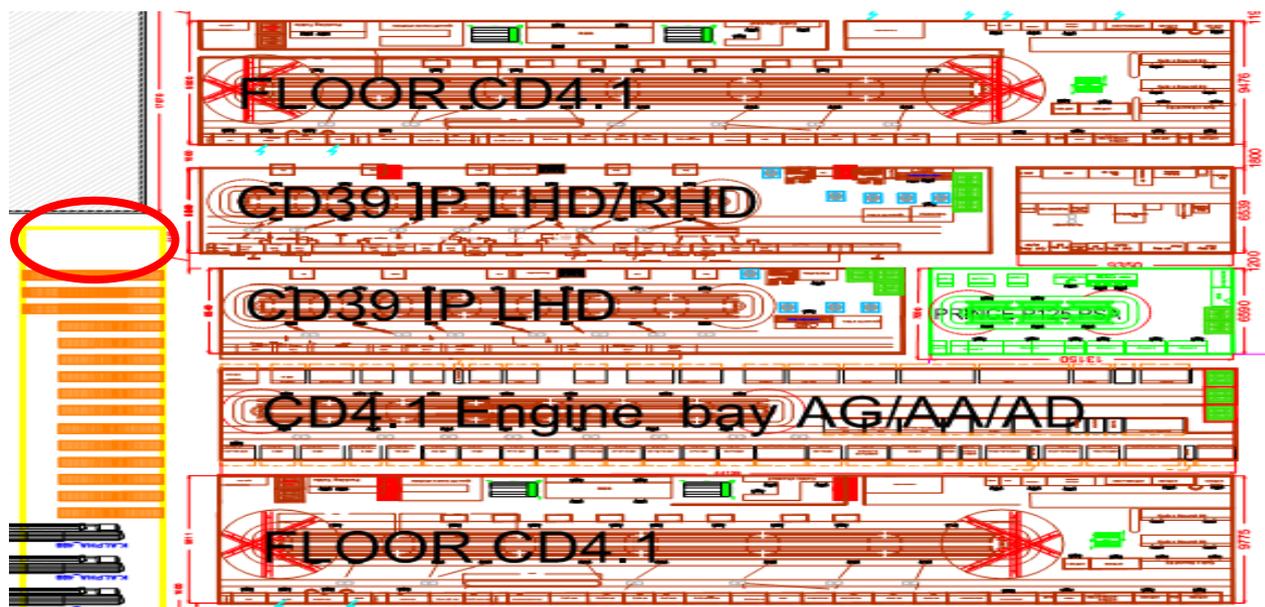


Figure 73 : L'emplacement de la nouvelle zone de réparation

Investissements :

Le tableau ci-dessous montre le cout d’investissement en main d’œuvre

Tableau 36 :Investissement en main d’oeuvre

Man power			
Nombre d’opérateur	Durée (h)	Cout /h.op (Dh)	Cout totale (Dh)
8	16	17.8	2278.4

Le tableau ci-dessous montre le cout d’investissement en outils et équipements.

Tableau 37:Investissement en équipements

Equipement	Image	Nb d’articles	Cout/article (Dh)	Cout (Dh)
Master Board				
Main-Board		1	135000	135000
Sub-Board		1	95000	95000
Testing				
Analyseur		2	15000	30000
Imprimante		2	6000	12000
Scanner		2	1500	3000
Tools				
Mechanical Gun		4	2200	8800
Moyens de connexion		4	400	1600
Chariot mobile		2	500	1000
Structure				
Creforme		50	90	4500
			Cout totale	290900

❖ Amélioration 7 :

Dans le cadre de l'amélioration continue et de la recherche des solutions plus pertinentes, nous avons cherché à optimiser l'espace de la zone centralisée, cette amélioration a pour but d'assurer un espace libre suffisant pour déplacer l'UCAB de la zone Floor line 2 à la zone centralisée, pour cela nous avons enlever deux équipements (Dipsoldring inutilisé ,Chariot inutilisé),voir **Annexe 15**.



Figure 74 : L'UCAB installé au niveau de la zone centralisée

Cette amélioration nous a permis d'éliminer de façon définitive les déplacements inutiles au niveau de l'UCAB, ainsi que la réalisation d'un gain de **2.8 m²**.



Figure 75 : Espace libéré au niveau de la zone Floor line 2

Remarque :

- L'amélioration 1 a duré 1 mois avant l'implémentation de ce 2^{ème} scénario.
- L'opérateur travaillant au niveau du poste de Dipsoldring sera chargé de réaliser les mangeras de l'UCAB
- L'alimentation de la cellule 7.1 avec les mangeras sera assurer par l'alimentateur du ring.

Investissements :

Le tableau ci-dessous montre le cout d'investissement en main d'œuvre

Tableau 38 : Investissement en main d'oeuvre

Man power			
Nombre d'opérateur	Durée (h)	Cout /h.op (Dh)	Cout totale (Dh)
4	4	17.8	284.8

❖ **Amélioration 8 :**

Changement du flux des tableaux de sub assembly afin de réduire la diversité des tâches effectuées par chaque opérateur. Nous avons prévu de réduire le nombre d'opérateur de trois personnes de telle façon à avoir trois groupes, chaque groupe formé de deux personnes réaliseront une tâche spécifique. Sur le terrain nous avons pu réduire le nombre d'opérateur d'une personne, et la répartition des tâches s'est faite comme suit :

Tableau 39 : La nouvelle répartition des tâches au niveau de sub assembly de la zone Floor line 1

Groupe	Nombre d'opérateur	Tâches effectuées
Groupe 1	3	Séparation des fils+Encliquetage
Groupe 2	2	Bandage
Groupe 3	3	Montage des brides+Test molètes

La figure ci-dessous monte les tableaux de Sub Assembly avant et après l'amélioration



Figure 76 : Tableaux de sub assembly avant et après l'amélioration

Cette amélioration sera généralisée sur la zone Floor line 2.

Investissements :

Le tableau ci-dessous montre le cout d'investissement en main d'œuvre

Tableau 40 : Investissement en main d'oeuvre

Man power			
Nombre d'opérateur	Durée (h)	Cout /h.op (Dh)	Cout totale (Dh)
2	4	17.8	142.4

Le tableau ci-dessous montre le cout d'investissement en outils et équipements.

Tableau 41 : Investissement en équipement

Equipement	Image	Nb d'articles	Cout/article (Dh)	Cout (Dh)
Moyen de connexion				
Cheville		8	50	400

❖ **Autres améliorations :**

L'implantation des autres améliorations que nous avons proposé dans la phase innover seront implémentées selon le calendrier suivant :

Tableau 42: Calendrier des améliorations

Amélioration	Zone	La date d'implantation
Am9 : Ajustement des racks/chariots/Moyen de connexion	Floor line 2	20 et 21 juin 2015
Am 10 : Fusionnement ente les cellules C5.1 et C5.2	Floor line 2	28 juin 2015
Am 11 : Réduction de la largeur du slot	Floor line 2	4 et 5 Juillet 2015
Am 12 : Ajustement du poste de réparation	Floor line1/Floor Line 2	11 et 12 Juillet 2015

Remarque :

Nous n'avons pas changé les emplacements de la table de réparation et des postes de préparation parce qu'au début du mois mai il y avait le démarrage de production d'un nouveau modèle Ford Mandeo « Vignale», ce dernier comporte les trois body styles précédentes (4D, 5D, W) mais avec plus d'options automobile. Afin de réussir ce changement nous avons exploité l'espace qui était réservé pour la table de réparation pour introduire un nouveau rack à la place de Sub 5.1.



Figure 77 : Modèle 2015 de la voiture Ford Mandeo « Vignale»

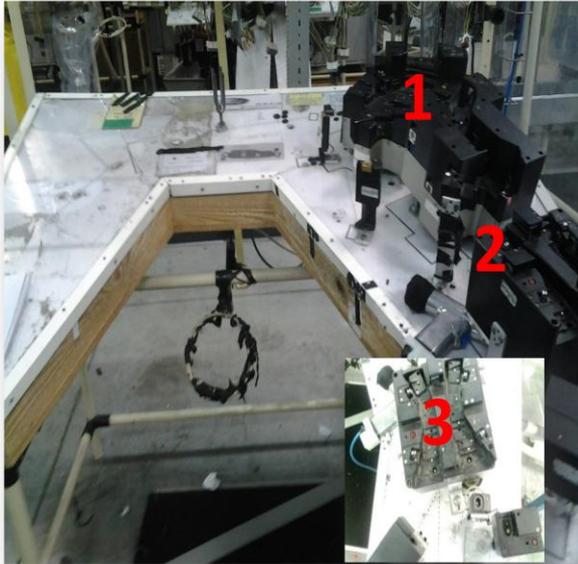
2.2. Zone IP Line 1

Les améliorations implantées dans la zone IP Line 1 sont les suivantes :

❖ **Amélioration 1 :**

Changement de la table de la goulotte en éliminant la contre pièce BFA et en gardant seulement deux contre pièces.

Avant



Après

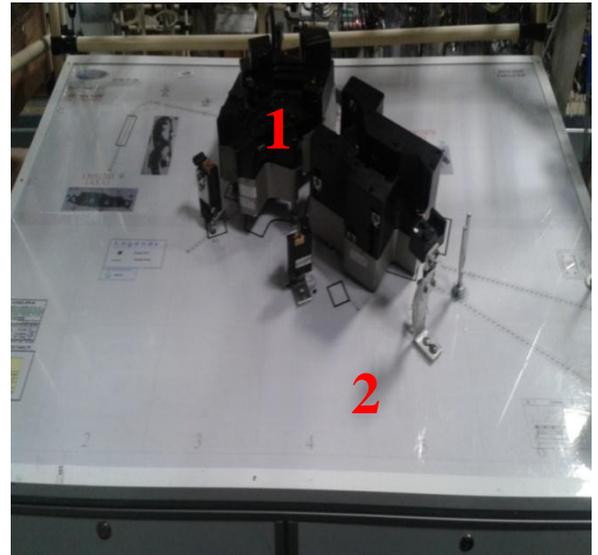


Figure 78 : Table goulotte avant et après amélioration

Investissement :

Les tableaux ci-dessous montrent le cout d’investissement en main d’œuvre et en équipement de cette amélioration.

Tableau 43:table de goulotte 2 avant et après l’amélioration

Man power			
Nombre d’opérateur	Durée (h)	Cout /h.op (Dh)	Cout totale (Dh)
2	2	17.8	71.2

Tableau 44: l'investissement en équipement de l'amélioration 1

Equipement	Image	Nb d'article	Cout/article (Dh)	Cout (Dh)
Table du goulotte 2		1	40000	40000

❖ **Amélioration 2 :**

Elimination du rack à coté de la table de réparation.

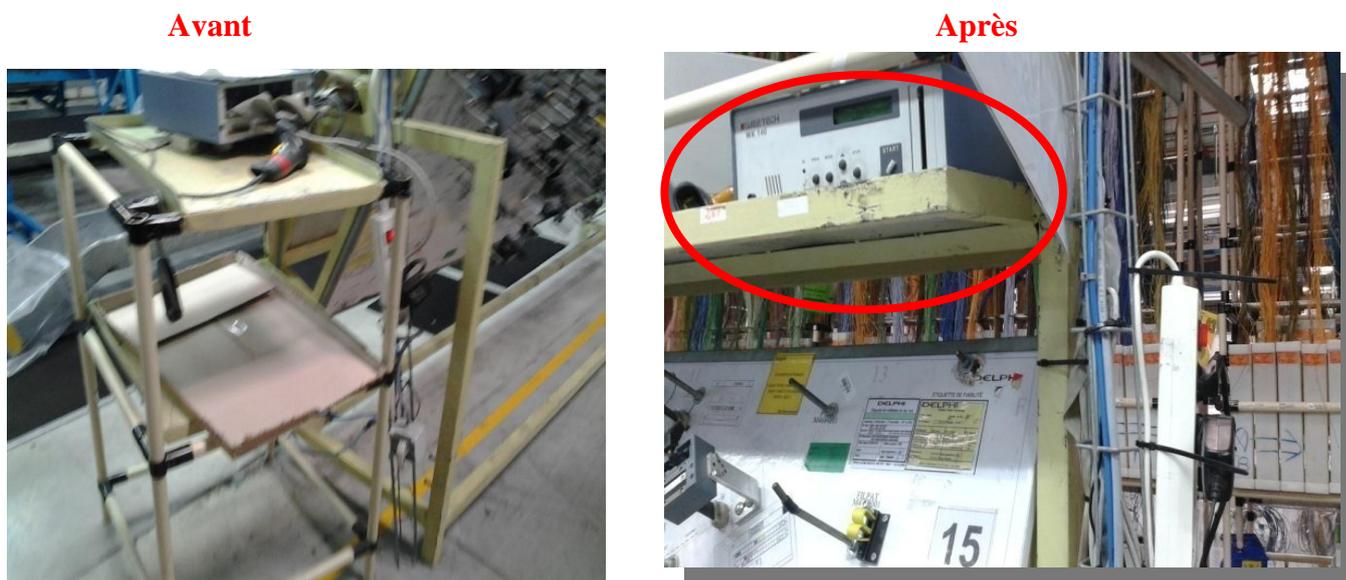


Figure 79: rack à coté de la table de réparation avant et après l'amélioration

Investissement :

Le tableau ci-dessous montre le cout d'investissement en main d'œuvre de cette amélioration.

Tableau 45 : l'investissement en main d'œuvre de l'amélioration 2

Man power			
Nombre d'opérateur	Durée (h)	Cout /h.op (Dh)	Cout totale (Dh)
1	2	17.8	35.6

❖ **Amélioration 3 :**

Séparation du rack à coté du poste goulotte 2 en deux racks :

- Le premier rack à coté du poste goulotte 1.
- Le deuxième rack à coté du poste goulotte 2



Figure 80: rack à côté du poste goulotte 1 avant l'amélioration



Figure 81: le nouveau emplacement des deux racks avant et après l'amélioration

Investissement :

Le tableau ci-dessous montre le cout d'investissement en main d'œuvre de cette amélioration.

Tableau 46 : l'investissement en main d'œuvre de l'amélioration 3

Man power			
Nombre d'opérateur	Durée (h)	Cout /h.op (Dh)	Cout totale (Dh)
2	2	17.8	71.2

❖ **Amélioration 4 :**

Dessiner un couloir pour l'alimentation du poste goulotte 2.

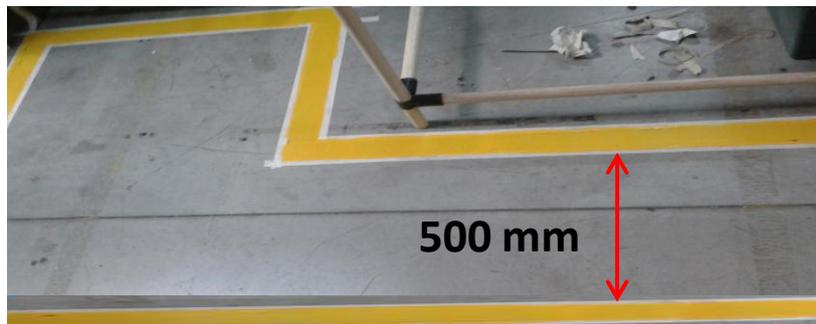


Figure 82 :couloir pour l'alimentation du poste goulotte 2

Investissement :

Le tableau ci-dessous montre le cout d'investissement en main d'œuvre de cette amélioration.

Tableau 47 :l'investissement en main d'œuvre de l'amélioration4

Man power			
Nombre d'opérateur	Durée (h)	Cout /h.op (Dh)	Cout totale (Dh)
1	1	17.8	17.8

❖ **Amélioration 5 :**

Diminution de la hauteur des moyens de connexion (voir **figure 84**).

Avant



Après



Figure 83 : Moyens de connexion avant et après amélioration

Investissement :

Le tableau ci-dessous montre le cout d'investissement en équipement de cette amélioration.

Tableau 48:l'investissement en équipement de l'amélioration 5

Equipement	Image	Nb d'article	Cout/article (Dh)	Cout (Dh)
Moyen de connexion		6	600	3600

❖ Amélioration 6 :

Changement de l'emplacement des boites vides pour le poste goulotte 1.

Avant



Après



Figure 84 :l'emplacement des boites vides avant et après l'améliortion

Investissement :

Le tableau ci-dessous montre le cout d'investissement en main d'œuvre de cette amélioration.

Tableau 49 :l'investissement en main d'œuvre de l'amélioration 6

Man power			
Nombre d'opérateur	Durée (h)	Cout /h.op (Dh)	Cout totale (Dh)
1	1	17.8	17.8

2.3. Zone IP Line 2

Les améliorations implantées dans la zone IP Line 1 sont les suivantes :

❖ Amélioration 1 :

Diminution de la hauteur des moyens des connexions.

Avant



Après



Figure 85 :moyen de connexion avant et après l'améliortion

Investissement :

Le même investissement pour la zone IP Line 1.

❖ Autres améliorations :

L'implantation des trois dernières améliorations qui restent sera réalisée selon le calendrier suivant :

Tableau 50: calendrier de l'application des améliorations

Amélioration	La date d'implantation
Redimensionnement des plaques Splice Sever	21 juin 2015
Changement de l'emplacement du rack à coté du poste goulotte 2.	28 juin 2015
Elimination de l'espace entre les cellules	5 Juin 2015

3. Suivre des actions implémentés

Afin de s'assurer de la pertinence des résultats obtenus après l'implémentation des améliorations, nous allons décrire l'évolution de l'état de base avec laquelle nous avons démarré notre projet en se basant sur des données collectés du terrain.

3.1. Zone Floor Line 1/Line 2 :

Cette partie concerne le suivi des indicateurs de performances des actions mis en place au niveau de la zone Floor line 1 et Floor line 2.

a. Taux d'occupation :

Le tableau ci-dessous rassemble les taux d'occupation correspondants à chaque semaine au niveau des deux zones Floor line1/line2.

Tableau 51 : Taux d'occupation des zone Floor line 1/line 2

Week		11	12	13	19	25	26	27	28
Floor line 2	Gain en espace (m ²)	0	7.67	2.14	2.8	4.75	1.21	15.42	1.1
	Taux d'occupation	62.74	60.96	60.47	59.82	58.72	58.44	54.87	54.62
Floor line 1	Gain en espace (m ²)	0	0	0	0.4	0	0	0	1.1
	Taux d'occupation	54.65	54.65	54.65	54.56	54.56	54.56	54.56	54.3

A partir des données du tableau 51, nous avons tracé la courbe d'évolution du taux d'occupation au niveau des deux zones étudiées.

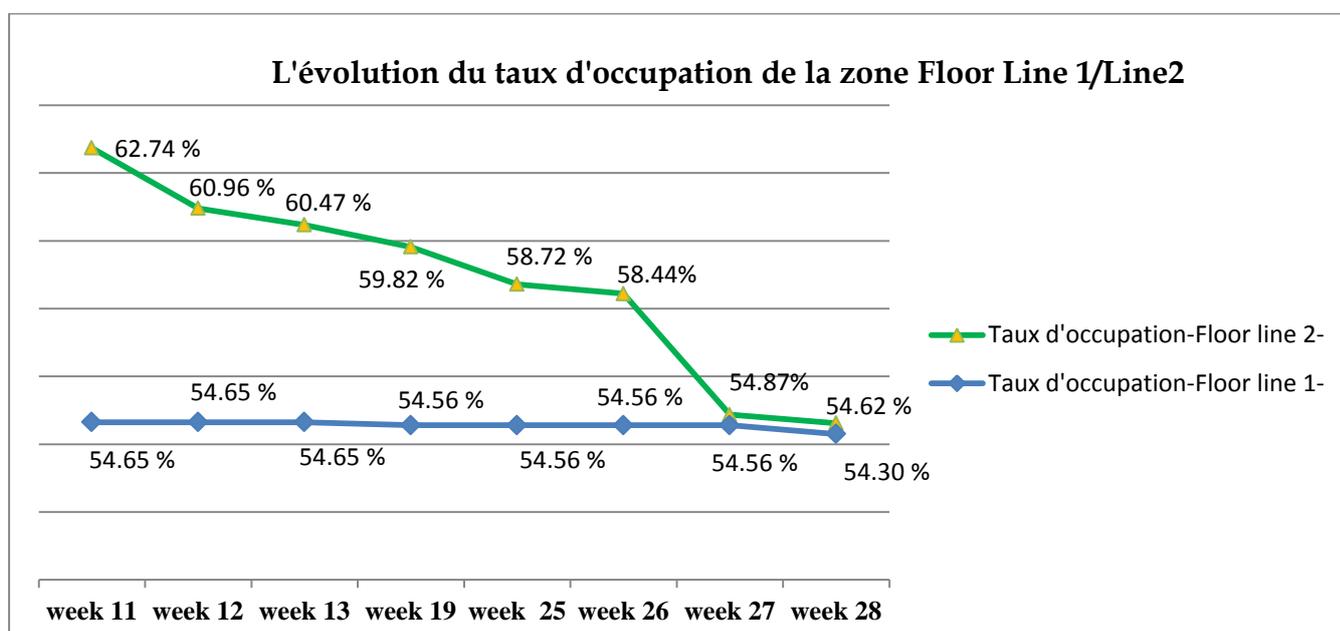


Figure 86 : tracé la courbe d'évolution du taux d'occupation au niveau des deux zones étudiées.

Interprétation:

Dans l'étape Mesurer nous avons constaté que la zone Floor line 2 Souffre plus d'un manque d'espace si en la compare avec la zone Floor line 1, c'est cette raison que nous nous sommes focalisés sur la réduction du taux d'occupation de la zone Floor line 2.

D'après la figure 93, nous remarquons que nous avons réduit le taux d'occupation de la zone Floor line 2 de 62.74% à 58.82 %, ce dernier va se réduire davantage dans les deux mois prochains pour qu'il atteigne 54.62 %. Le taux d'occupation de la zone Floor line 1 va atteindre 54.30 % à la fin d'application du plan d'action.

b. Déplacements inutiles

Après avoir implémenté les améliorations visant la minimisation des déplacements inutiles des opérateurs au niveau des différents postes de la zone Floor line 2. Nous avons réalisé un chronométrage pour objectif de visualiser l'effet des actions mis en place et de comparer la situation de départ avec la situation finale.

Le tableau ci-dessous illustre les temps perdus durant les déplacements des opérateurs avant et les améliorations que nous avons implémentés sur terrain.

Tableau 52 : Déplacements inutiles avant et après les améliorations

Poste	Déplacements inutiles (s)	
	Avant	Après
SUB 3.2	9.42	4.48
C1.1	1.34	0.88
C1.2	3.82	1.50
C2.1	1.92	1.07
C2.2	4.08	1.20
C3.1	1.02	0.64
C3.3	12.54	1.64
C5.1	7.34	0.90
C5.2	6.22	2.64
C5.3	14.04	10.22
C6	5.24	2.30
UCAB	41.04	0.00
C7.1	1.01	0.48
C7.2	2.44	1.76

Le calcul du temps des déplacements inutiles après amélioration est basé sur les données du tableau présenté dans l'annexe 16.

Remarque:

Le temps de déplacement après est calculé en se basant sur des chronométrages réalisés au niveau de tous les postes influencés par les actions d'amélioration.

A partir des données du tableau 52, nous avons tracé l'histogramme suivant :

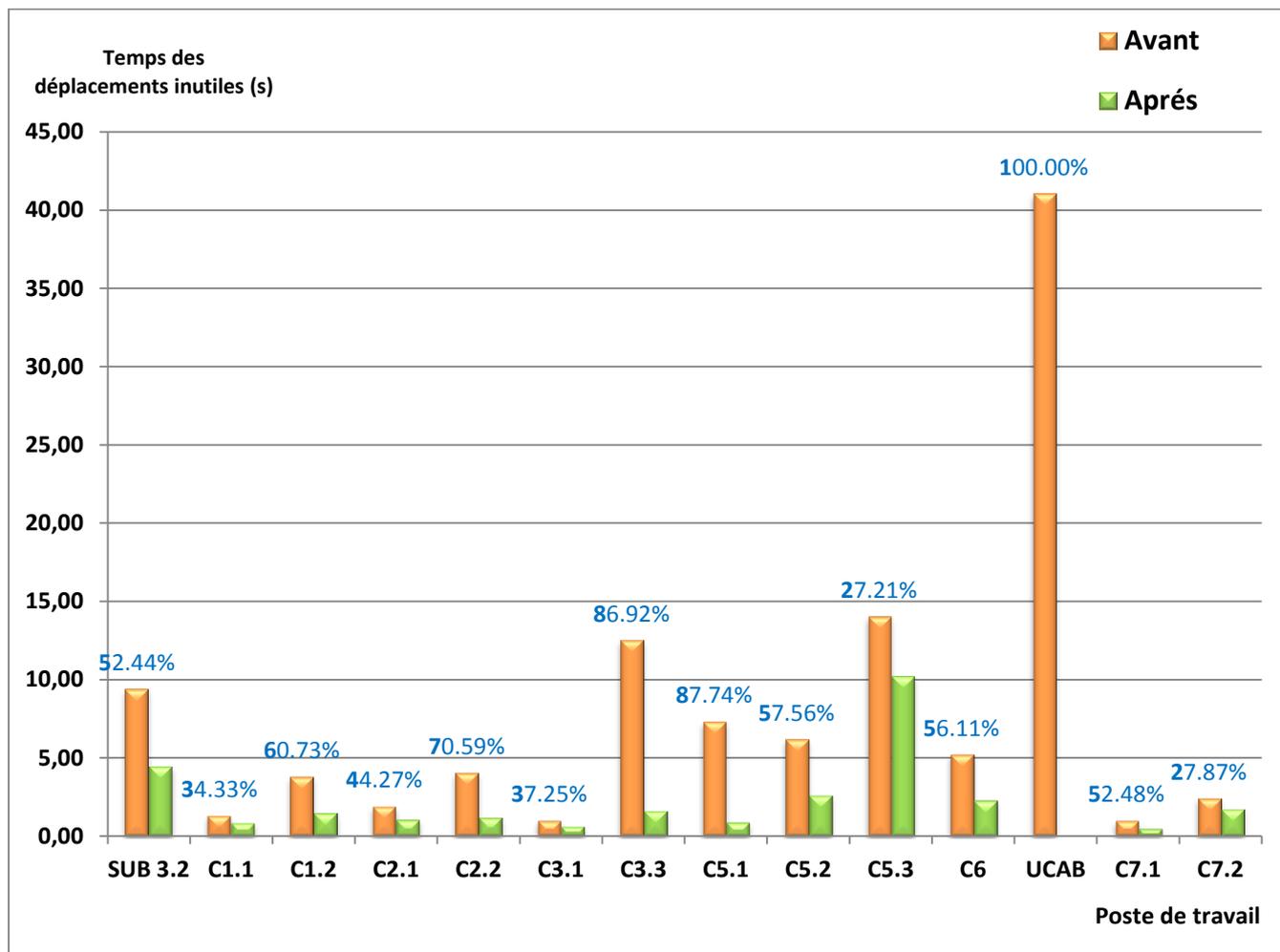


Figure 87 : Histogramme des déplacements avant et après amélioration

Interprétation:

Dans l'étape analyser nous avons conclut que les postes les plus critiques en termes des déplacements inutiles sont les suivants : UCAB, C5.3, C3.3, SUB 3.2, C5.1, C5.2, C6. D'après l'histogramme ci-dessus nous constatons que nous avons pu réaliser des taux de réduction importants au niveau de ces postes- UCAB [100%]- C5.3 [27.21%]-C3.3 [86.92%]-SUB 3.2 [52.44%]-C5.1 [87.74%]-C5.2 [57.56%]-C6 [56.11%].

3.2. Zone IP Line 1/Line 2 :

D’après le tableau ci-dessous nous remarquons que la nouvelle répartition des opérations effectuées par les deux poste goulottes 1 et 2 a permis de diminuer la durée de l’ensemble des taches effectuées par chaque poste.

Tableau 53 : la nouvelle répartition des taches pour les postes goulotte 1 et 2

Référence	poste	Les opérations effectuées avant l’amélioration	La durée (s)	Les opérations effectuées après l’amélioration	La durée (s)
LHD	Goulotte1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Assemblage des pièces. ▪ Montage des pièces assemblées dans le câble. ▪ Assemblage des pièces pour le poste goulotte. 	255	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Assemblage des pièces. ▪ Montage des pièces assemblées dans le câble. 	245
	Goulotte2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Montage des pièces assemblées dans le câble. 	295	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Assemblage des pièces. ▪ Montage des pièces assemblées dans le câble. 	212

Interprétation:

En comparaison avec l’ancienne répartition nous constatons que le poste goulotte 2 termine ses taches avant le poste goulotte 1 et par conséquent nous avons évité le risque d’arrêt de la chaine à cause du retard de poste goulotte 2.

II. Evaluation des gains

La phase la plus importante de chaque projet c’est le gain qui doit être apporté à la société, si ce projet est réalisé. Dans ce chapitre nous expliquerons l’importance des améliorations proposées durant notre stage en terme économique.

Les différentes améliorations réalisées et proposées aux zones Floor et IP ont provoqué des gains considérables, ces derniers sont réparties en deux types de gains :

- gains quantifiables,
- gains non quantifiables.

1. Gain quantifiable

1.1. Gain au niveau de l'espace

a. Zones Floor Line 1/ line 2

L'ensemble des améliorations réalisées au sein de la zone Floor Line 1/Floor line 2 nous a permis de gagner un total d'espace de **36.59m²**(le tableau explicitant le calcul de l'espace gagnée est présenté dans l'**annexe 17**).

Selon le responsable *Work Space, une économie d'un mètre carré d'espace de production coute (**1 m² = 3 000 000 DH/an**).

Tableau 54: Gain Annuel

Gain Brut (DH)	Gain Brut= nombre de m ² *gain/ (m2. an) = 109770000 (36.59*3000000)		
Investissements (DH)	Investissements dépensés	Investissements à venir	Total
	320	1887	2207
Gain Net (DH)	Gain Net = Gain Brut- Investissements = 109767793 (=109770000-2207)		

Le calcul des investissements à venir est détaillé sur le tableau représenté dans l'**annexe 18**.

* : tous les travaux concernant l'organisation des postes et l'optimisation de l'espace.

b. Zones IP Line 1/Line 2

L'ensemble des améliorations réalisées au sein de la zone Floor Line 1/Floor line 2 nous a permis de gagner un total d'espace de **2.1 m²**(le tableau explicitant le calcul de l'espace gagnée est présenté dans l'**annexe 19**).

Tableau 55 : Gainannuel

Gain Brut (DH)	6300000 (2.1*3000000)		
Investissements (DH)	Investissements dépensés	Investissements à venir	Total
	125	142	267
Gain Net (DH)	6299733 (6300000-267)		

Le calcul des investissements à venir est détaillé sur le tableau représenté dans l'**annexe 20**.

1.2. Gain au niveau de production

a. Zones Floor Line 1/Floor line 2

L’installation de la zone de réparation nous a permis d’éliminer de façon définitive le temps d’arrêt de production qui est de l’ordre de 2650 s par shift, ce résultat a généré l’augmentation de la production de 11 câbles de plus, sachant que la production d’un seul câble nécessite une durée moyenne de 240 s.

Tableau 56 : Gain annuel

Gain Brut (DH)	Gain Brut = nb de câbles*gain/câbles*nb de shift*nb de zones*Nb de jours* Nb de mois = 4255680 (11*310*2*2*26*12)		
Investissements (DH)	Investissements dépensés	Investissements à venir	Total
	293178	0	293178
Gain Net (DH)	3962502 (=4255680-293178)		

Remarque :

Après avoir recueilli les données concernant le prix de vente moyen ainsi que le cout de revient moyen, nous avons calculé le gain moyen par chaque câble Floor vendu suivant la relation ci-dessous.

<p>Gain par câble (Floor) = Prix de vente - Cout de revient = 1750 DH – 1440 DH = 310 DH</p>

b. Zones IP Line 1/IP Line 2

La nouvelle répartition des taches au niveau des deux postes goulotte 1 et 2 nous a permis d’éviter le risque d’arrêt de la chaine au sein de la zone IP Line 1 pendant une durée de 20 min ,c’est à dire nous avons gagné 1200 s durant laquelle nous pouvons produire 6 câbles sachant que la production d’un seul câble nécessite une durée moyenne de 184 s.

Tableau 57: Gain Annuel

Gain Brut (DH)	Gain Brut = nb de câbles*gain/câbles*nb de shift*nb de zones*Nb de jours* Nb de mois = 748 800 (6*200*2*1*26*12)		
Investissements (DH)	Investissements dépensés	Investissements à venir	Total
	40071	0	40071
Gain Net (DH)	708729 (748 800 – 40 071)		

1.3. Gain au niveau de production

a. Zones Floor Line 1/Floor line 2

La nouvelle répartition des tâches entre les trois groupes des tableaux de Sub Assembly nous a permis de réduire de l'effectif de 1 opérateur par shift.

Tableau 58 :Gain annuel

Gain Brut (DH)	Gain Brut = nb d'opérateur*nb de shift*nb de zones*salaire mensuel* Nb de mois = 120 000 (1*2*2*2500*12)		
Investissements (DH)	Investissements dépensés	Investissements à venir	Total
	542	0	542
Gain Net (DH)	119 458 (120 000 – 542)		

2. Gains non quantifiables

Les actions d'amélioration appliquées au sein des zones Floor et IP ont apporté non seulement des gains chiffrables, il existe d'autres types de gains non chiffrables, et qui ne sont autant moins considérable à savoir :

- amélioration de l'ergonomie :
- élimination des déplacements inutiles ;
- développement du degré d'engagement de l'opérateur au sein de l'entreprise de même que son sentiment d'appartenance. Rappelons que les actions d'amélioration n'ont été possibles qu'avec la participation des opérateurs à travers leurs suggestions d'amélioration.

Conclusion :

Dans cette partie nous avons résumé les actions d'amélioration réalisées avec leurs investissements et nous avons également chiffré les gains obtenus accompagnés d'une exposition des résultats des suivis.

Conclusion & perspectives

Durant ce stage nous avons traité quatre grands volets indispensables à la déclinaison et l'aboutissement de la mission qui nous a été confiée : L'optimisation de l'espace et l'amélioration de flux du projet CD4.1 « Floor, IP ».

Le premier volet de ce projet était l'élaboration d'un diagnostic de l'état de lieu des zones Floor line1/line2 et IP line1/line2, ce qui nous a permis de connaître parfaitement le champ d'étude et de maîtriser le flux de production, en effet, l'utilisation de l'AutoCad a constitué un outil fiable et précis pour assurer la pertinence de l'étude et bien rassembler les données constituant une base solide pour les différentes étapes DMAIC.

Le deuxième volet a été consacré à une analyse méticuleuse des causes racines générant une mauvaise gestion de l'espace et de flux en se basant sur l'outil Ishikawa, suivi d'une analyse Pareto, ce qui nous a permis de bien cerner le problème et de classer ces causes par ordre de gravité, ce qui impose des priorités particulières dans la phase de résolution de ces problèmes.

Le troisième volet a été consacré à la mise en œuvre d'un plan d'action afin de réorganiser les postes et de libérer de l'espace pour les expansions futures.

Le quatrième volet a été dédié à l'implémentation de quelques améliorations parmi ceux qui ont été proposés. Les résultats obtenus étaient très satisfaisant à savoir :

- une optimisation de la mise en ligne des équipements de production en était à l'origine d'une réduction considérable des déplacements inutiles,
- L'amélioration du poste goulotte a généré un gain de 6 câbles par shift dans la zone IP line 1,
- L'installation de la zone de réparation nous a permis d'augmenter La production des deux zones Floor de 11 câbles par shift,
- Un gain au niveau de l'espace de 38.69 m².

Ces améliorations nous ont permis de réaliser un gain annuel de **120 668 757 DH**.

En perspective, nous pouvons dire qu'il est temps de généraliser la démarche suivie dans ce projet avec tous ses outils d'amélioration dans toutes les zones de production, afin de réduire leurs taux d'occupation et d'augmenter la capacité d'entreprise à accueillir de nouveaux projets.

Bibliographie

Ouvrages

- [1] VOLCK, Nicolas (2009). **Déployer et exploiter Lean Six Sigma**, EYROLLES Editions D'organisation,
- [2] DURET, Daniel ; PILLET, Maurice (2005). **Qualité en production : de l'ISO9000 à Six Sigma**, EYROLLES Editions d'organisation,
- [3] Jean-Marc Gallaire, Edition Eyrolles : **Les outils de la performance industrielle**,
- [4] Gaël Garreau, Novembre 2009, Dauphine Université Paris : **L'aménagement de l'espace de travail** : entre théories et pratiques,
- [5] Maurice Pillet, Edition d'organisation 2004 : **Six Sigma : Comment l'appliquer**,
- [6] **Documents interne** de Delphi Packard Tanger.

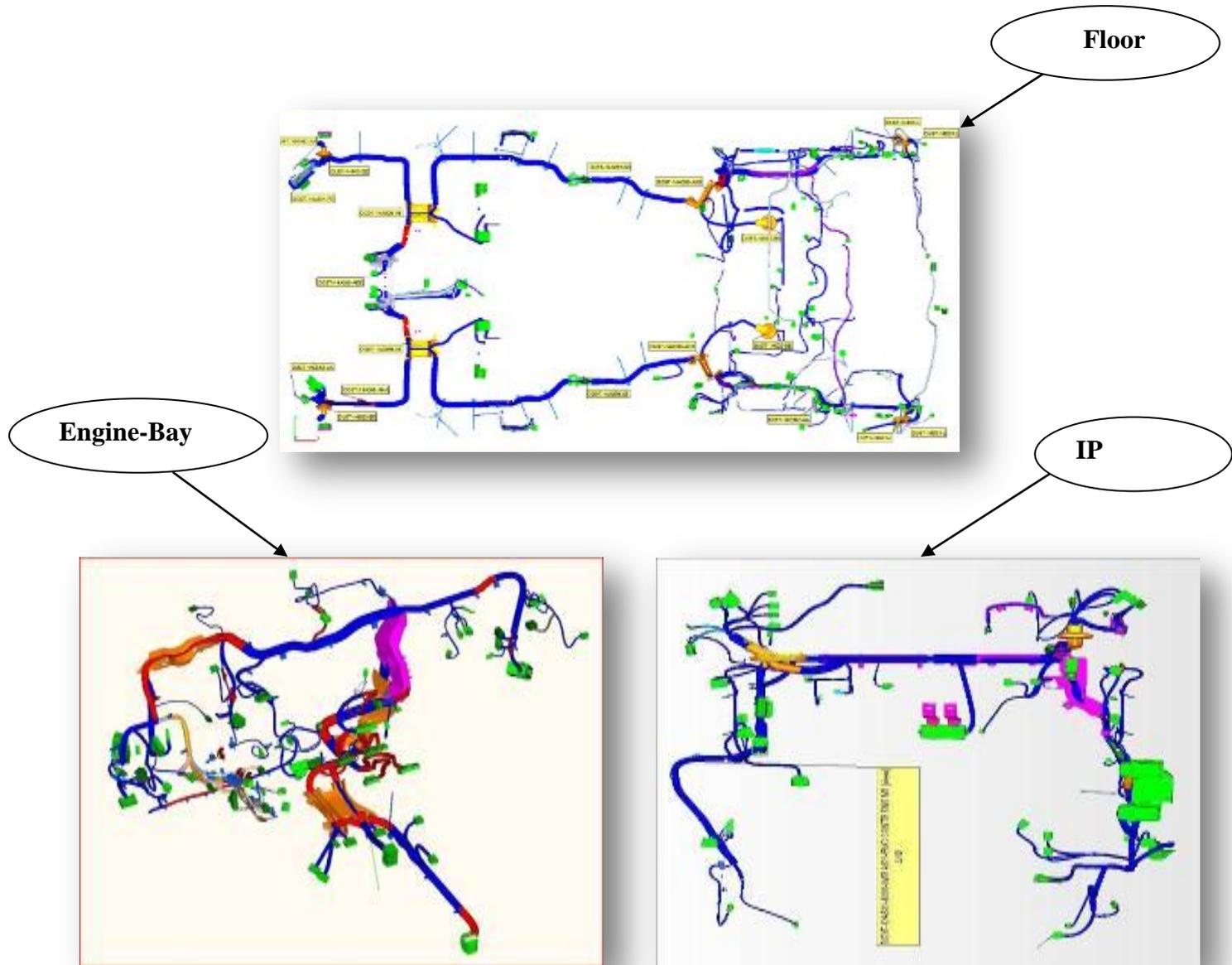
Sites Internet

- [1] <http://www.piloter.org/six-sigma/methode-six-sigma.htm>
- [2] <http://www.frechetconseil.com/Lean-Six-Sigma-DMAIC-DFSS.htm>
- [3] <http://www.manager-go.com/management-de-la-qualite/methode-dmaic.htm>

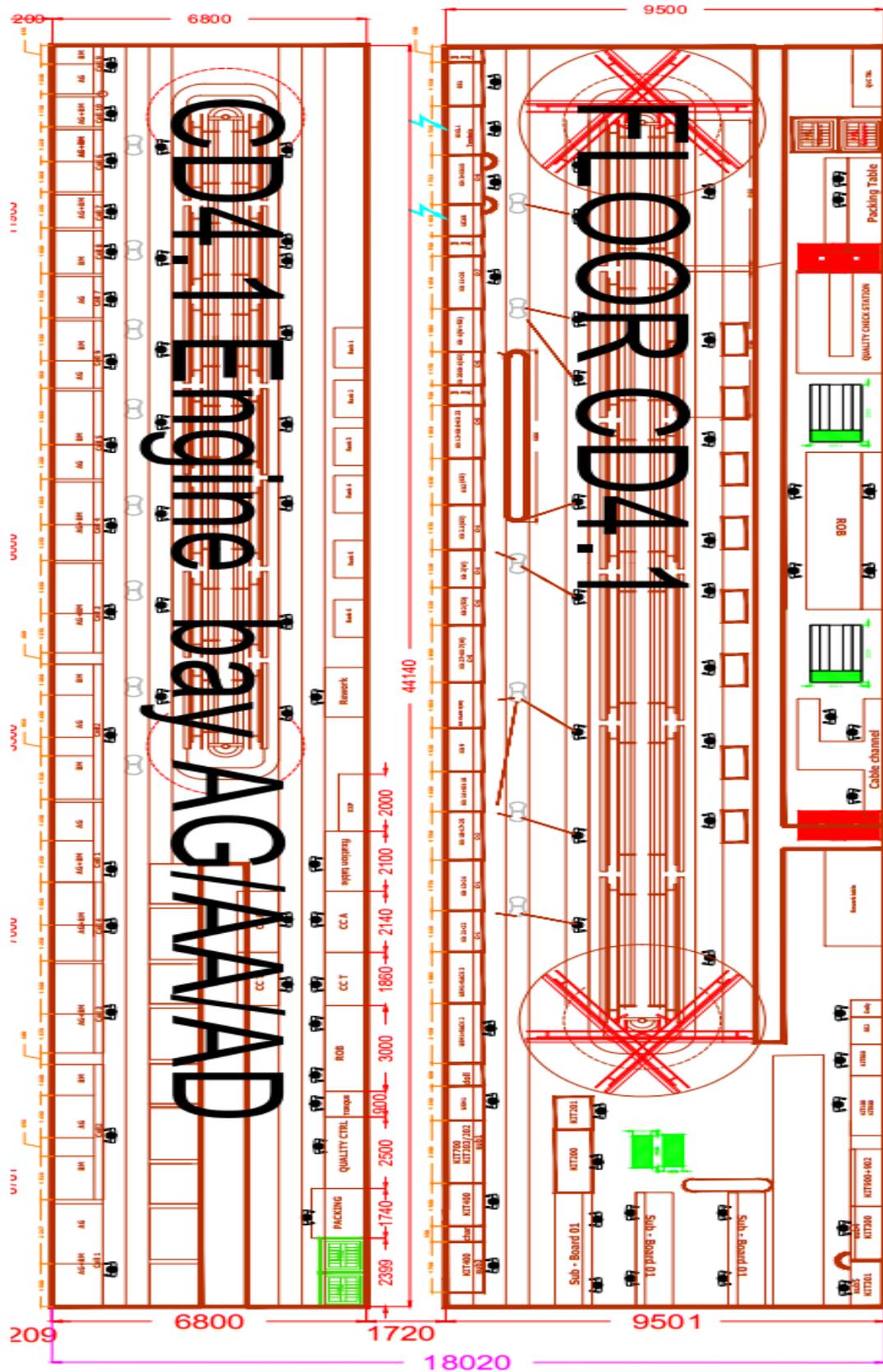
Annexes

- Annexe N° 1 :** Les câbles de Engine-Bay, Floor et IP
- Annexe N° 2 :** lay-out des zones Floor1/Floor2 avant l'actualisation
- Annexe N° 3 :** lay-out des zones IP1/IP2 avant l'actualisation
- Annexe N° 4 :** lay-out de la zone Floor Line 1
- Annexe N° 5 :** lay-out de la zone IP Line 1
- Annexe N° 6 :** lay-out de la zone IP Line 2
- Annexe N° 7 :** Le Flux de la zone Floor line 1
- Annexe N° 8 :** Le Flux de la zone IP line 1
- Annexe N° 9 :** Le Flux de la zone IP line 2
- Annexe N° 10 :** Calcul du taux d'occupation de la zone Floor line 2
- Annexe N° 11 :** Calcul du taux d'occupation de la zone IP line 1
- Annexe N° 12 :** Calcul du taux d'occupation de la zone IP line 2
- Annexe N° 13 :** Les cellules surdimensionnées de la zone Floor line 2
- Annexe N° 14 :** Le min et le max du moyen de connexion de la cellule 5
- Annexe N° 15 :** Dipsoldring et chariot non utilisés au niveau de la zone centralisée
- Annexe N° 16 :** Calcul de temps moyen des déplacements inutiles (Floor line 2)
- Annexe N° 17 :** Calcul de total d'espace gagné au niveau des zones Floor1/Floor2
- Annexe N° 18 :** Calcul de l'investissement à venir visant le gain d'espace (Floor)
- Annexe N° 19 :** Calcul de total d'espace gagné au niveau des zones IP1/IP 2
- Annexe N° 20 :** Calcul de l'investissement à venir visant le gain d'espace (IP)

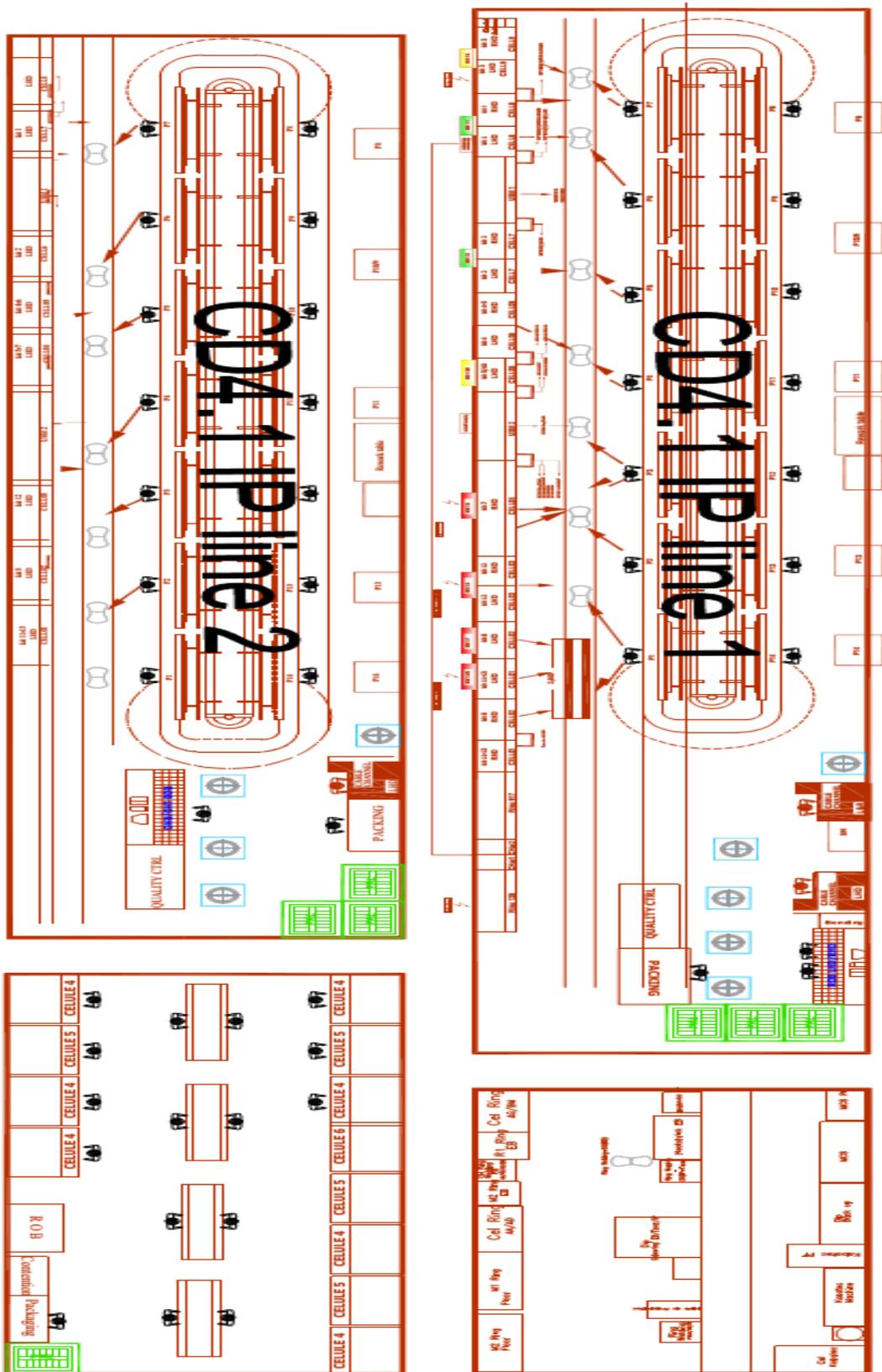
Annexe N° 1 : Les câbles de Engine-Bay, Floor et IP



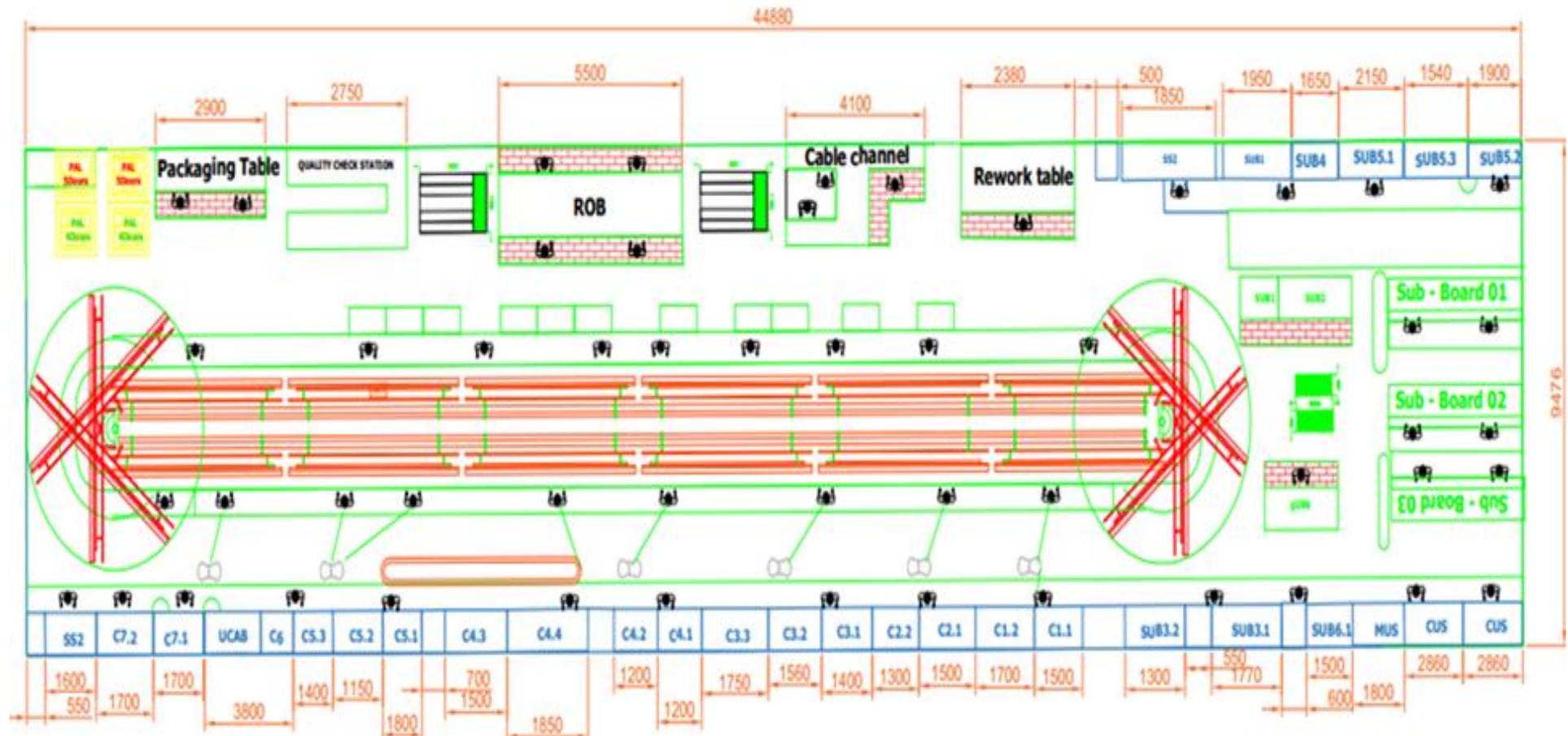
Annexe N° 2 : Lay-out des zones Floor1/Floor2 avant l'actualisation



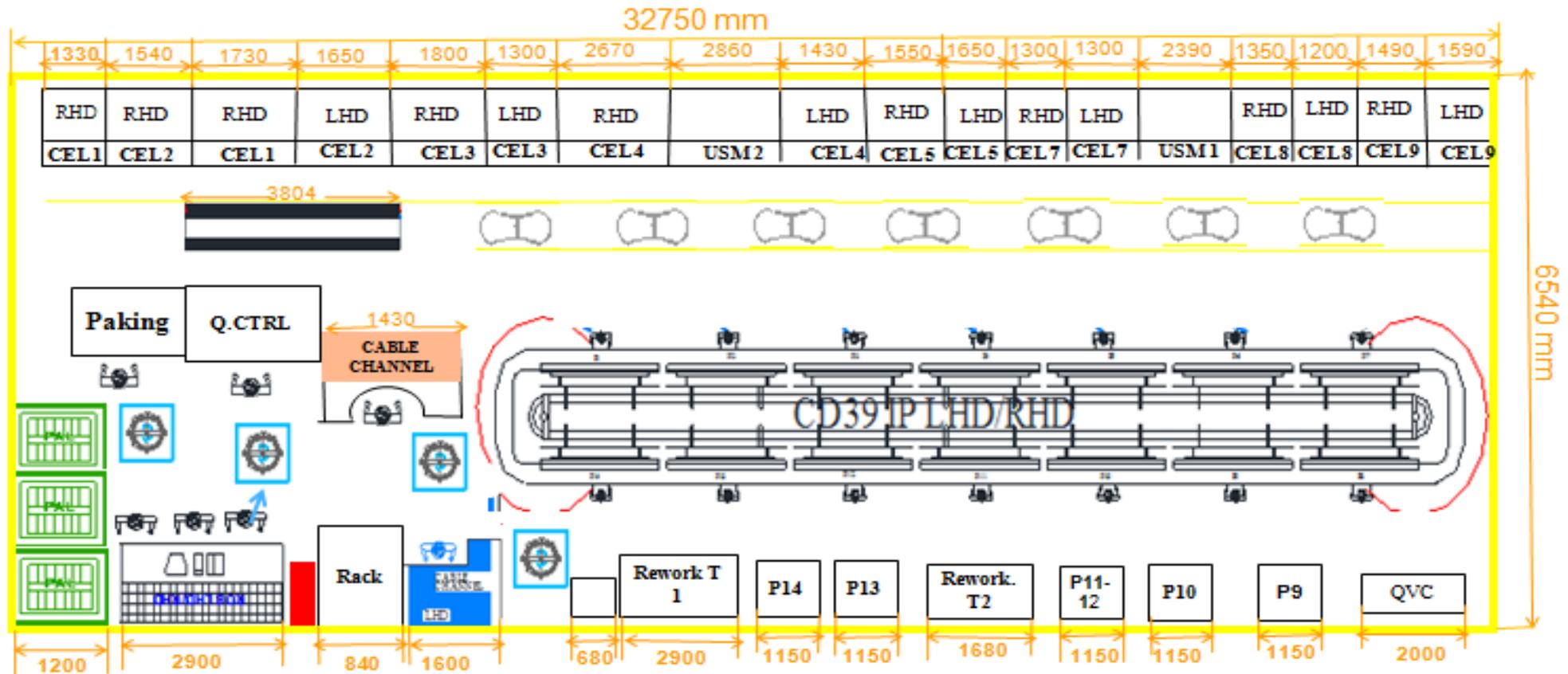
Annexe N° 3 : Lay-out des zones IP1/IP2 avant l'actualisation



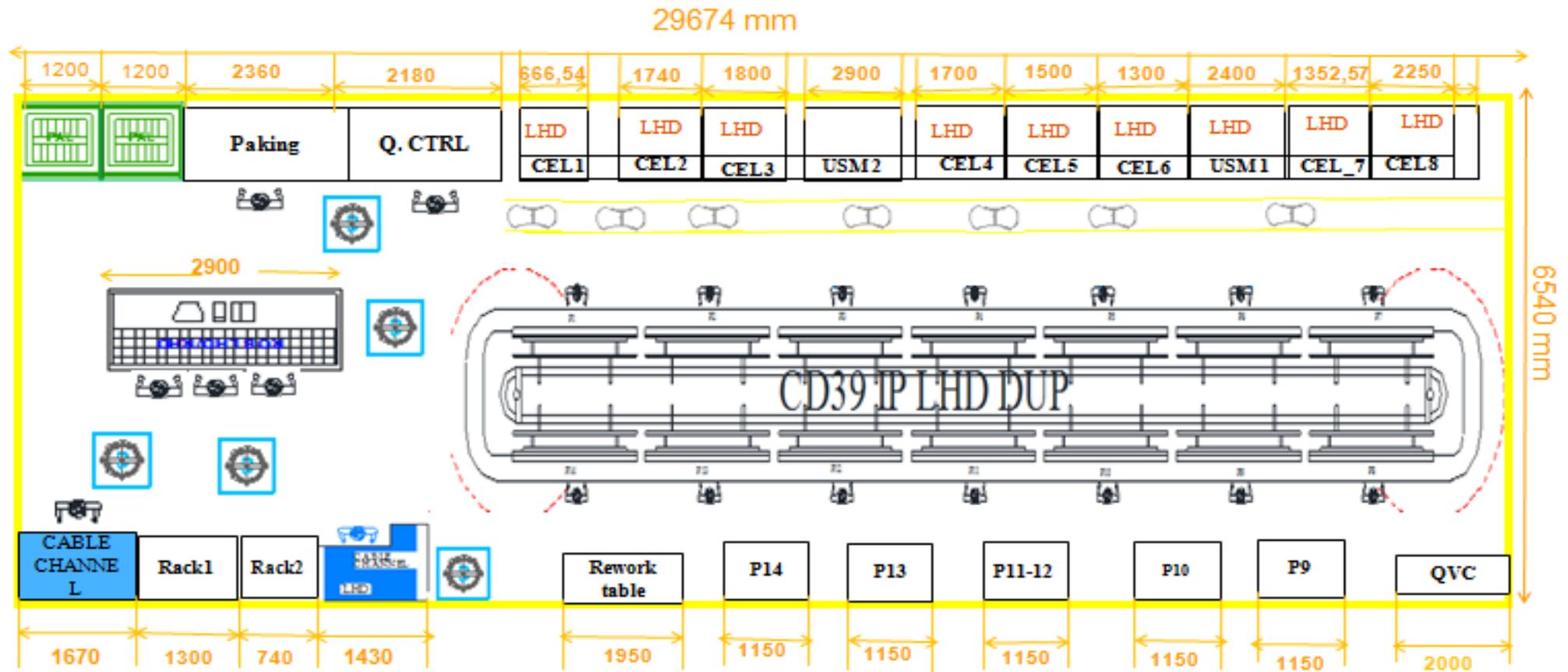
Annexe N° 4 : Lay-out de la zone Floor Line 1



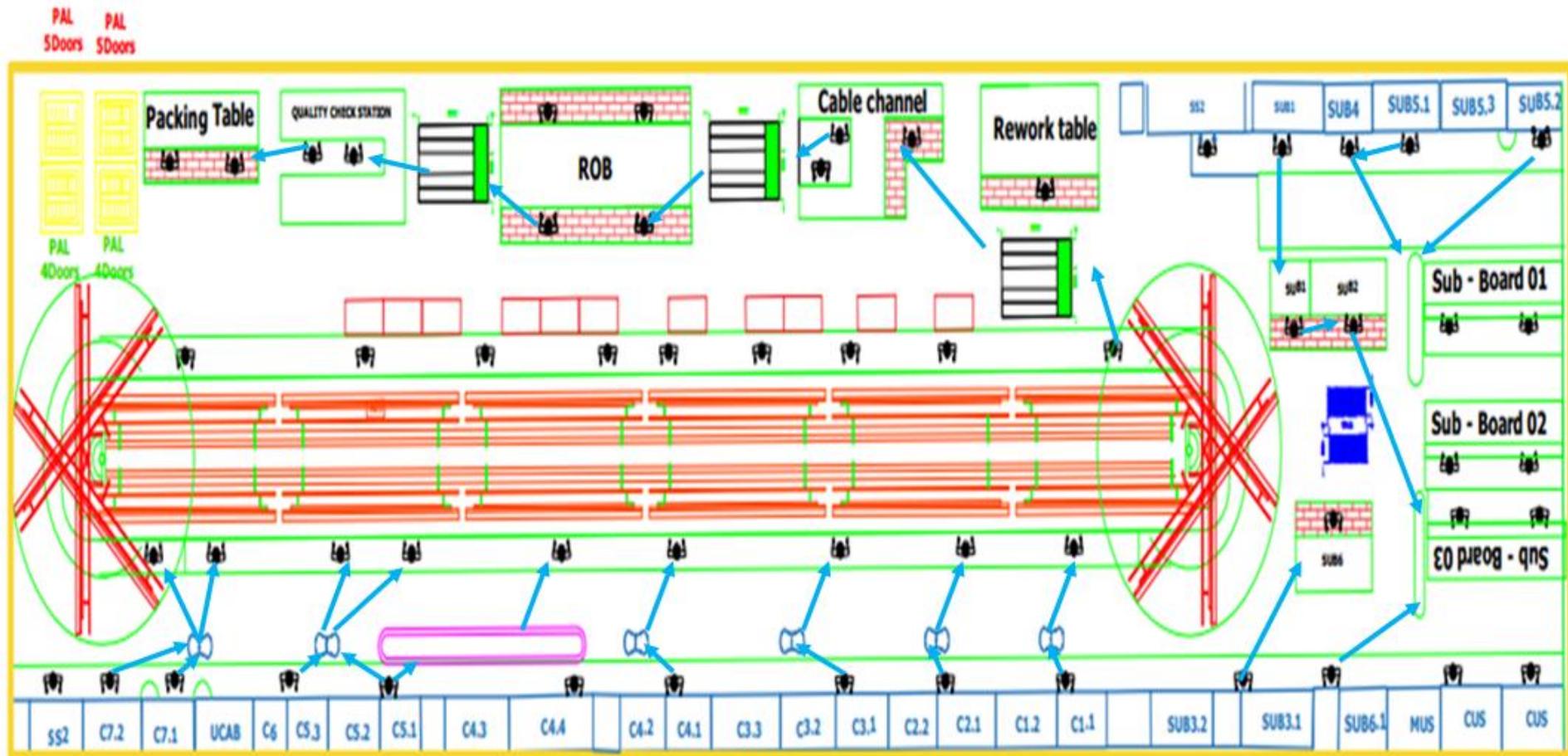
Annexe N° 5 : Lay-out de la zone IP Line 1



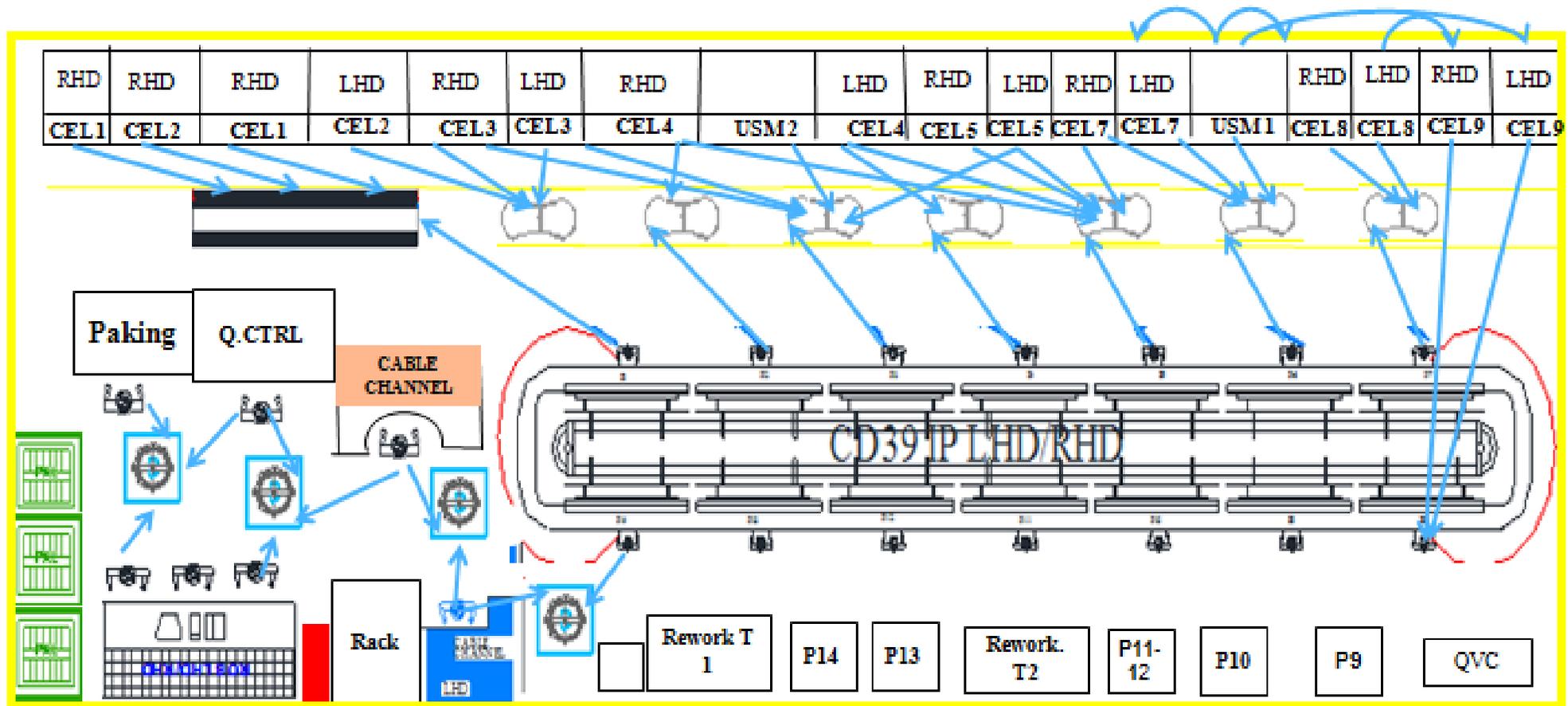
Annexe N° 6 : Lay-out de la zone IP Line 2



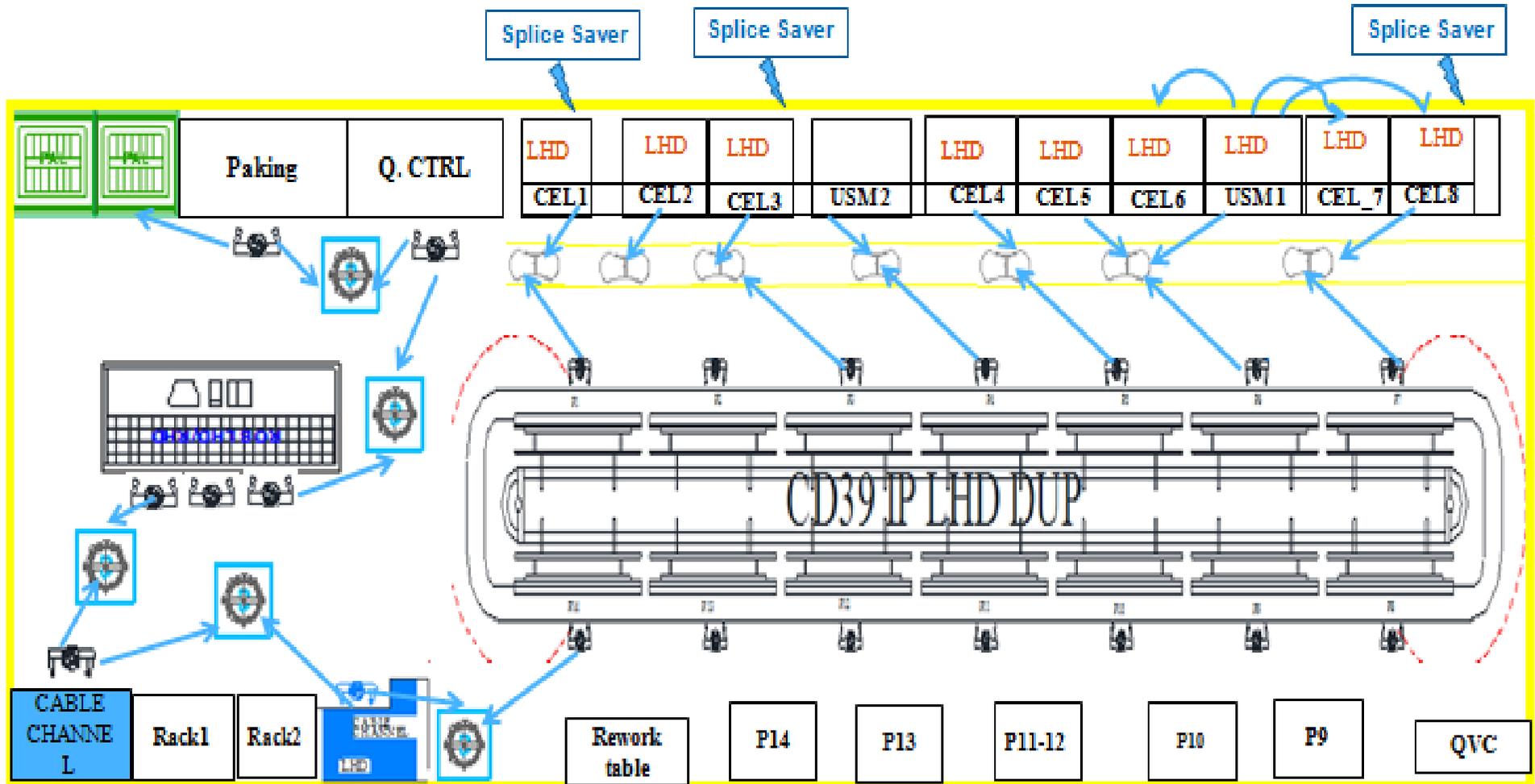
Annexe N° 7 : Le Flux de la zone Floor line 1



Annexe N° 8 : Le Flux de la zone IP line 1



Annexe N° 9 : Le Flux de la zone IP line 2



Annexe N° 10 : calcul du taux d'occupation de la zone Floor line 2

Poste	L'espace occupé (m²)	Poste	L'espace occupé (m²)
Sub3.1	1.54	Sub5.1	2.32
Sub3.2	1.87	Sub4	1.87
Chariot sub3.2	0.55	Sub5.3	1.52
Sub1	2.31	Sub5.2	3.10
MUS1	0.88	CS5.1	1.43
CUS1	2.2	CUS2	2.2
CUS1	2.2	CUS2	2.2
Chariot C1.1	0.55	MUS2	0.99
C1.1	1.32	Ch US2	0.77
C1.2	1.87	SS-Sub	2.84
C2.1	1.87	Cable channel	4.26
C2.2	1.65	Ch Cable channel	0.55
C3.1	1.65	ROB	6.48
C3.2	1.54	Ch ROB	0.42
C3.3	2.2	Quality check	3.43
C4.1	1.54	Packaging table	8.90
C4.2	1.54	4 Palletes	4.8
C4.4	1.87	Rework table	2.04
C4.3	1.76	2CH Rework Table	0.56
C5.1	1.98	UCAB	1.80
Chariot C5.1	0.77	3 Sub Board	4.00
C5.2	1.21	Sub1	0.77
C5.3	1.76	Sub2	1.02
C6	1.98	M.C	7.55
Chariot C6	0.77	Sub 6	1.33
Chariot2 C6	0.55	Chaine rotative	61.74
C7.1	1.76	Racks postes de bandage	7.81
C7.2	2.09	Tapis	87.54
SS2-Main	2.849		
Espace occupé	270.87		
Espace disponible	431.69		
Taux d'occupation	62.74%		

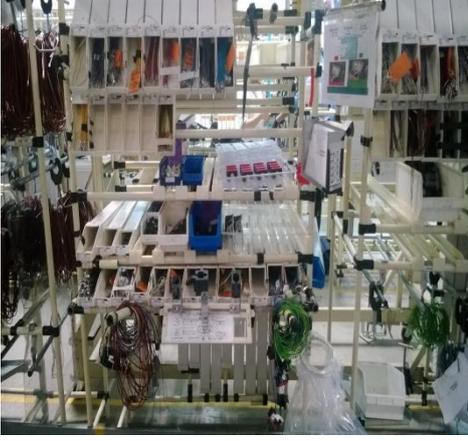
Annexe N° 11 : Calcul du taux d'occupation de la zone IP line 1

Le poste	L'espace occupée en m2	Le poste	L'espace occupée en m2
Cellule 1R	1,00	Goulotte 1	1,44
Cellule 2R	1,23	Goulotte 2	1,28
Cellule 1L	1,38	ROB	3,49
Cellule 2L	1,32	Table de réparation1	1,40
Cellule 3L & R	2,64	Table de réparation 2	2,60
Cellule 4R	2,13	Tableau QVC	1,00
US2	2,28	Palettes	1,20
Cellule 5L	1,24	Moyen de connexion	3,12
Cellule 5R	1,13	La chaine	36,00
Cellule 7R&7L	1,32	Les tapis	43,88
US1	1,91	Rack à coté de goulotte 1	0,84
Cellule 8L	0,78	Rack1	0,38
Cellule 8R	0,96	Rack poste 9	1,40
Cellule 9L	1,01	Rack poste 10	1,40
Cellule 9R	1,28	Rack poste 11-12	1,40
Emballage	1,97	Rack 2	0,36
Contention	2,37	Rack poste13	1,40
		Rack poste 14	1,40
Espace occupé	129,94 m²		
Espace disponible	214.18m²		
Taux d'occupation(%)	60.67%		

Annexe N° 12 : Calcul du taux d'occupation de la zone IP line 2

Le poste	L'espace occupé en m²	Le poste	L'espace occupé en m²
Cellule 1	0,46	Goulotte 1	2,18
Cellule 2	1,21	Goulotte 2	1,27
Cellule 3	1,26	Rack à coté de poste goulotte 1	1,26
US2	2,03	Rack à coté de poste goulotte 2	0,72
Cellule 4	1,19	Rack de poste 9	1,39
Cellule 5	1,05	Rack de poste 10	1,39
Cellule 6	0,91	Rack de poste 11-12	1,39
US1	1,68	Rack de poste 13	1,39
Cellule 7	0,94	Rack de poste 14	1,39
Cellule 8	1,57	La chaine	37,58
ROB	3,49	Moyen de connexion	3,12
Palette	1,20	Contention	2,05
Tableau QVC	1,00	Emballage	2,21
Table de réparation	1,52	Les tapis	42,00
Espace occupé	118,85 m²		
Espace disponible	194,067m²		
Taux d'occupation	61,24 (%)		

Annexe N° 13 : Les cellules surdimensionnées de la zone Floor line 2

<p>Cellule 2 US2</p>	<p>Cellule 1 US 1</p>	<p>Cellule 2 US2</p>
		
<p>Cellule 1.1</p>	<p>Cellule 2.2</p>	<p>Cellule 3.3</p>
		
<p>Ch C5.1</p>	<p>C5.3</p>	<p>Ch C6</p>
		

Annexe N° 14 : le min et le max du moyen de connexion de la cellule 5



Annexe N° 15 : Dipsoldring et chariot non utilisés au niveau de la zone centralisée



Chariot



Dipsoldring

Annexe N° 16 : calcul de temps moyen des déplacements inutiles (Floor line 2)

Poste	T1(s)	T2(s)	T moyen(s)
SUB 3.2	5.20	3.76	4.48
C1.1	0.78	0.98	0.88
C1.2	0.90	2.10	1.50
C2.1	1.09	0.24	1.07
C2.2	1.15	1.25	1.20
C3.1	0.54	0.74	0.64
C3.3	1.60	1.68	1.64
C5.1	0.88	0.92	0.90
C5.2	2.53	2.75	2.64
C5.3	9.33	11.11	10.22
C6	2.22	2.38	2.30
UCAB	0.00	0.00	0.00
C7.1	0.51	0.45	0.48
C7.2	1.82	1.70	1.76

**Annexe N° 17: calcul de total d'espace gagné au niveau des zones
Floor1/Floor2**

Amélioration appliquée	Zone	L'espace gagné en m^2
Elimination des équipements 4D	Floor line 2	7.67 m^2
Fusionnement des racks de l'alimentation de la chaîne mobile	Floor line 2	2.14 m^2
Déplacement de l'UCAB à la zone centralisée	Floor line 2	2.80 m^2
Ajustement du moyen de connexion situé entre les cellules 4/5 et le poste 4	Floor line 1	0,40 m^2
Ajustement des racks/chariots/Moyen de connexion	Floor line 2	4.75 m^2
Fusionnement entre les cellules C5.1 et C5.2	Floor line 2	1.21 m^2
Réduction de la largeur du slot	Floor line 2	15.42 m^2
Ajustement des postes de réparation	Floor line 1/line2	2.2 m^2
Total		36.59 m^2

Annexe N° 18: calcul de l'investissement à venir visant le gain d'espace (Floor)

Amélioration	Man Power		
	Nb d'opérateur	Durée (h)	Cout total (DH)
Am9 : Ajustement des racks/chariots/Moyen de connexion	4	8	569.6
Am 10 : Fusionnement ente les cellules C5.1 et C5.2	1	2	35.6
Am 11 : Réduction de la largeur du slot	8	8	1139.2
Am 12 : Ajustement du poste de réparation	2	4	142.4
		total	1886.8

Annexe N° 19 : calcul de total d'espace gagné au niveau des zones IP1/IP 2

Amélioration appliquée	L'espace gagné en m^2
Elimination du rack à coté de la table de réparation	0,38 m^2
Rotation du rack à coté du poste goulotte 1	0,18 m^2
Changement de l'emplacement du rack 2 à coté du poste goulotte 1	0,28 m^2
Redimensionnement des plaques Splice Saver	0,56 m^2
Elimination d'espace entre les cellules	0,54 m^2
Changement de l'emplacement des boites vides	0,19 m^2
Total	2,13 m^2

Annexe N° 20 : calcul de l'investissement à venir visant le gain d'espace (IP)

Amélioration appliquée	Man power		
	Nb d'opérateur	Durée (h)	Cout Total (Dh)
Redimensionnement des plaques Splice Saver	2	3	106.8
Elimination de l'espacement entre les cellules	1	2	35.6
		Total	142.4