كلية العلوم و التقنيات فاس
ⵜⴰⵖⵉⵡⴰⵏⵜ ⵏ ⵜⵎⴰⵙⵙⴰⵏⵉⵏ ⴷ ⵜⵙⵏⵉⵅⵉⵜⵉⵏ
Faculté des Sciences et Techniques de Fès

جامعة سيدي محمد بن عبد الله
ⵜⴰⵙⴷⴰⵡⵉⵜ ⵙⵉⴷⵉ ⵎⵓⵃⵎⵎⴰⴷ ⴱⵏ ⵄⴰⴱⴷⵍⵍⴰⵀ
Université Sidi Mohamed Ben Abdellah

MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du

Diplôme d'Ingénieur d'état

Spécialité : Conception Mécanique et Innovation

AMELIORATION DE LA PRODUCTIVITE AU NIVEAU DE LA LIGNE DE PRODUCTION CITROËN AMI O2C

Présenté par :

EL OUARDI NOUHAYLA

Encadré par :

-ABOUTAJEDDINE Ahmed, Professeur département Génie Mécanique, FST Fès

- NAMLI OMAR, Manager technique, Encadrant de la société

Effectué à : PROMA INDUSTRIE KENITRA

Soutenu le :19/07/2022

Le jury :

- **Pr. ABOUTAJEDDINE Ahmed, FST Fès**
- **Pr. EL MAJDOUBI Mohammed, FST Fès**
- **Pr. BELATIK Mourad, FST Fès**

Année Universitaire : 2021-2022

DEDICACE

A mes très chers parents

Aux deux plus douces personnes qui m'ont mise au monde et qui m'ont toujours comblée d'amour et d'affection. Qui ont été les premiers à mes côtés de m'encourager dans le bon et le pire, qui m'ont inculqué le goût du travail et de l'ambition.

Vous ne savez pas ce que la force de vos sacrifices, amour et soutien a pu m'apporter, ce sont à l'origine de ma réussite, vous êtes ma vie, source de mon bonheur et ma fierté.

Je vous dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferai toujours de mon mieux pour rester votre fierté.

A mes très chères sœurs et adorable frère

Qui me donnent force, courage, et espoir. Vos conseils ont toujours guidé mes pas vers la réussite.

Votre amour dévoué, votre tendresse, votre patience sans fin, vos aides et encouragements sont pour moi le soutien indispensable que vous avez toujours su m'apporter.

En témoignage de mon amour et de ma grande affection, je vous prie de trouver dans ce travail l'expression de mon estime et de mon sincère attachement.

A mes très chers amis

Pour tous les moments agréables et inoubliable que nous avons partagés. Pour tout le soutien que vous m'avez offert.

A toute Personne ayant consacré un jour, un moment de sa vie pour m'aider, me conseiller, m'encourager ou simplement me faire sourire.

Je dédie ce rapport à tous ceux qui m'aiment

Nouhayla EL OUARDI

REMERCIEMENT

Il m'est agréable d'exprimer ma reconnaissance et ma gratitude envers des personnes qui ont rendu le déroulement de ce projet agréable et constructif surtout mes parents et ma famille, qui m'ont énormément soutenu pour que ce stage se passe dans les meilleures conditions.

A travers ce modeste travail, je tiens à remercier la direction et le corps professoral de la Faculté des Sciences et Technique de Fès, et particulièrement les professeurs du département Génie Mécanique, pour la qualité de l'enseignement et les efforts qu'il fournit pour former des ingénieurs dignes de leur valeur.

J'adresse mes remerciements à mon professeur encadrant M. **ABOUTAJEDDINE Ahmed** qui s'est dévoué pour me dispenser de tous conseils et directives utiles pour la réalisation de ce modeste travail. Je voudrais également lui témoigner ma gratitude pour son soutien permanent, et son aide qui m'ont été précieux afin de réussir mon projet.

Je tiens à remercier tout particulièrement M. **SABBANI Youssef** pour sa disponibilité, sa patience, son partage d'expertise, son suivi et ses consignes qui ont été pour moi d'un grand apport.

Je présente mes vifs remerciements à mon encadrant industriel M. **NAMLI Omar**, manager technique et industrialisation, qui m'a recueilli avec amabilité et bienveillance, qui m'a fait bénéficier de son savoir-faire, de sa disponibilité malgré ses occupations extrêmes, ses orientations professionnelles et son suivi précis de toutes les étapes de la réalisation du projet. Ainsi que son partage généreux de ses connaissances, ses conseils avisés qui m'ont permis d'apprendre énormément de choses et d'acquérir de nouvelles connaissances et compétences.
J'adresse aussi toute mes reconnaissances à M. **BOUATRA Mehdi**, ingénieur process, pour sa serviabilité, sa sympathie et ces précieuses directives.

Je tiens aussi à remercier M. **ZARROUI Abdellah,** responsable production, pour ses conseils et sa gentillesse qui ont grandement facilité mon travail.

Sans omettre de remercier aussi tout le personnel de PROMA IDUSTRIE KENITRA, notamment l'équipe du projet O2C, qui n'a épargné aucun effort pour le bon déroulement de ce travail. J'espère qu'ils retrouveront dans ce rapport la confirmation de mes remerciements les plus sincères.

RESUME

En se donnant pour objectif l'excellence au quotidien, le Système de Production PROMA, qui est basé sur le concept **Lean Manufacturing**, s'oriente vers le développement de ses unités de production et ses indicateurs de performance en éliminant toutes sortes de gaspillages dévoilés.

L'objectif de ce projet de fin d'étude est d'analyser et identifier les causes spécifiques de la dégradation de la performance de la zone de soudage du projet O2C. Le processus de résolution des problèmes proposé dans cette étude est inspiré de la démarche **DMAIC (**Définir, Mesurer, Analyser, Innover, Contrôler) de **Six Sigma**.

Une analyse de déroulement détaillée a révélé que 80% de la non performance existante est causée par des temps de cycle très élevés et de la mauvaise organisation du flux.

Afin de remédier à cette problématique, il faut bien ajuster la chaine de production et éliminer les différents dysfonctionnements de la ligne de production. Pour ce, nous avons commencé par les postes goulots, en travaillant sur

- Un changement de processus de soudage afin d'équilibrer le temps de cycle des postes et maitriser les encours de production (WIP).
- La réalisation d'un chariot de chargement pour diminuer les déplacements inutiles que fait l'opérateur lors du chargement des postes.
- L'application d'une démarche 5S et management visuel dans le but d'organiser l'espace de travail et minimiser les **MUDA**.
- La réorganisation du flux physique de production, en identifiant la zone des inputs et celle des outputs pour chaque ISOLA.

Ces améliorations ont pu augmenter la cadence de production, minimiser le coût de cette dernière, ainsi qu'améliorer les conditions de travail avec un flux physique simple, fluide, et bien organisé, et par la suite atteindre les objectifs de la société.

Mots clés: *Lean Manufacturing*, DMAIC, *Six Sigma, MUDA.*

ABSTRACT

With the goal of daily excellence, the PROMA Production System, which is based on the Lean Manufacturing concept, is moving towards the development of its production units and performance indicators by eliminating all kinds of revealed waste.

The objective of this end-of-study project is to analyze and identify the specific causes of the degradation of the performance of the welding area of the O2C project. The problem-solving process proposed in our study is inspired by the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Innovate, Control) approach of Six Sigma.

A detailed process analysis revealed that 80% of the existing non-performance is caused by very high cycle times and poor flow organization.

In order to remedy this problem, it is necessary to adjust the production line and to eliminate the different dysfunctions of the production line. For this, we started with the bottleneck stations, working on

- A change in the welding process in order to balance the cycle time of the stations and to control the WIP, by the realization of a loading cart to reduce the unnecessary movements made by the operator during the loading of the stations.
- The application of a 5S approach and visual management in order to organize the work space and minimize the MUDA.
- The reorganization of the physical flow of production, identifying the area of inputs and outputs for each ISOLA.

These improvements were able to increase the production rate, minimize the cost of the latter, as well as improve the working conditions with a simple, fluid, and well-organized physical flow, and subsequently achieve the company's objectives.

Key words: Lean Manufacturing, DMAIC, Six Sigma, MUDA.

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1:PROMA GROUP EN CHIFFRES. ---------- 5
Figure 2:Localisation mondiale de PROMA GROUP ---------- 6
Figure 3: la clientèle de PROMA groupe ---------- 6
Figure 4: Organigramme de la structure organisationnelle de PROMA INDUSTRIE ---------- 8
Figure 5 : Lay-out de l'usine PROMA INDUSTRIE ---------- 9
Figure 6: Schéma explicatif du principe d'emboutissage. ---------- 10
Figure 7: ligne d'emboutissage à froid ---------- 10
Figure 8: lay-out de la ligne peinture par cataphorèse. ---------- 12
Figure 9: image de la ligne peinture par cataphorèse. ---------- 12
Figure 10: images de la zone de presse injection. ---------- 13
Figure 11: clients de PROMA INDUSTRIE ---------- 14
Figure 12: Diagramme Gantt ---------- 25
Figure 13: les cinq principes du Lean. ---------- 28
Figure 14: Diagramme Ishikawa ---------- 31
Figure 15: Roue de DEMING. ---------- 31
Figure 16: Les étapes de la démarche 5S. ---------- 32
Figure 17: La voiture électrique Citroën Ami
Figure 18: Dessin CAO du châssis. ---------- 35
Figure 19: Position de la ligne O2C dans l'usine ---------- 36
Figure 20: Flux de la ligne production O2C. ---------- 37
Figure 21: Layout OP05. ---------- 38
Figure 22: Layout ISOLA1. ---------- 39
Figure 23: Layout ISOLA 2. ---------- 39
Figure 24: Layout ISOLA 3. ---------- 40
Figure 25: Layout ISOLA 5. ---------- 40
Figure 26: Layout ISOLA 6. ---------- 40
Figure 27 : Layout ISOLA 4. ---------- 41
Figure 28: Layout ISOLA 7. ---------- 41
Figure 29: Table du poste des retouches OP175. ---------- 42
Figure 30: Layout ISOLA Rack Battery. ---------- 42
Figure 31 : Layout ISOLA Montage. ---------- 43
Figure 32: Diagramme bête à corne. ---------- 43
Figure 33: Distances parcourues par ISOLA. ---------- 46
Figure 34: Pourcentage des actions VA et NVA de chaque ISOLA. ---------- 47
Figure 35: Pourcentage de temps de cycle total pour un châssis. ---------- 48
Figure 36: Cycle time unitaire par ISOLA. ---------- 49
Figure 37: Diagramme Ishikawa pour analyser les postes goulots. ---------- 50
Figure 38: Les 5 Pourquoi. ---------- 51
Figure 39: Temps des déplacements. ---------- 52
Figure 40: Temps des déplacements. ---------- 52
Figure 41: Classification des causes racines de gaspillage selon 5M. ---------- 53
Figure 42: Diagramme Ishikawa pour analyser les déplacements inutiles. ---------- 53
Figure 43: Les 5 Pourquoi. ---------- 54
Figure 44: Processus de soudage avant et après modification. ---------- 56
Figure 45: Layout avant la modification.
Figure 46: Layout après la modification. ---------- 58
Figure 47: Cordons critiques à ne pas retoucher pour OP30. ---------- 59
Figure 48: L'apparition des nouveaux cordons de soudures NOK. ---------- 60
Figure 49: Layout avant la modification.
Figure 50: Layout après la modification. ---------- 63
Figure 51: Diagramme bête a corne. ---------- 65
Figure 52: Diagramme pieuvre. ---------- 66

Figure 53: Version finale du chariot de chargement. ----------70
Figure 54: La réalisation du chariot. ----------71
Figure 55: Le chariot de chargement de ISOLA2. ----------71
Figure 56: Layout avant la modification. *Figure 57: Layout après la modification.* ----------73
Figure 58: ISOLA RACK BATTERY avant et après l'application de la démarche 5S. ----------73
Figure 59: Rayonnage de MP avant et après identification. ----------73
Figure 60: le poste des retouches manuelles avant et après. ----------74
Figure 61: Photos montrent l'encombrement des châssis et le blocage de la ligne. ----------75
Figure 62: Layout avant et après modifications. ----------75
Figure 63: Photos après organisation de ligne et application du management visuel. ----------75
Figure 64: la zone des inputs avant et après organisation. ----------76
Figure 65: Cycle time après modification du processus. ----------79
Figure 66:L'analyse de déroulement de ISOLA 2 avant et après l'utilisation du chariot. ----------80
Figure 67: Diminution du temps de chargement après réorganisation des postes. ----------81

LISTES DES TABLEAUX :

Tableau 1: fiche signalétique de l'entreprise ---------- 7
Tableau 2: différentes presses d'emboutissage à froid chez PROMA INDUSTRIE ----------11
Tableau 3: Cellules de soudage ----------11
Tableau 4: 12 étapes de peinture par cataphorèse ----------12
Tableau 5: Produits de PROMA INDUSTRIE. ----------14
Tableau 6: Cahier de charge ----------19
Tableau 7: Cotation des votes pondérées ----------21
Tableau 8: Matrice des votes pondérées. ----------22
Tableau 9: Etude de faisabilité. ----------23
Tableau 10 : Cahier de charge----------23
Tableau 11: Degré de criticité. ----------25
Tableau 12: AMDEC du projet ----------26
Tableau 13: Symboles utilisés dans l'analyse de déroulement.----------29
Tableau 14: Méthode QQOQCP appliquée à la problématique du détourage.----------44
Tableau 15: Cycle time unitaire par ISOLA. ----------46
Tableau 16: distance parcourue par l'opérateur pour chaque ISOLA. ----------46
Tableau 17: Classification des causes racines de gaspillage selon 5M. ----------50
Tableau 18: Evaluation de l'état actuel de ISOLA 5.----------56
Tableau 19: Risques possibles. ----------57
Tableau 20: Plan d'action pour le changement du processus.----------57
Tableau 21: Le nouvel enchainement des taches de l'opérateur de ISOLA 1.----------58
Tableau 22: Cordons de soudures de ISOLA 1 et ISOLA 5.----------59
Tableau 23: Evaluation de l'état actuel de ISOLA2.----------61
Tableau 24: Risques possibles. ----------62
Tableau 25: Plan d'actions. ----------62
Tableau 26: Tableau des combinaisons des concepts.----------67
Tableau 27: concepts générés.----------67
Tableau 28: concept screening.----------69
Tableau 29: concept scoring. ----------69
Tableau 30: Evaluation de l'état actuel de ISOLA Rack Battery. ----------71
Tableau 31: Plan d'actions. ----------72
Tableau 32: Temps de cycle en minutes après modification du processus. ----------79
Tableau 33: Suivi de la production de ISOLA RACK BATTERY après amélioration. ----------80
Tableau 34:Suivi de la production de ISOLA RACK BATTERY avant amélioration. ----------80
Tableau 35: Temps de cycle avant et après amélioration du flux.----------81

LISTE DES ABRÉVIATIONS

Abréviation	Signification
IN	Input (l'entré d'un poste)
OUT	Output (sortie d'un poste)
OP	Opération
SF	Produit semi-fini
PF	Produit fini
WIP	Work in Progress, les encours de productions
5P	5 pourquoi
NOK	Non OK
FIFO	First in first out
MR	Manuel reworks
Scrap	Rebut ou déchet
PDCA	Plan-Do-Check-Act
Réf.	Reference
BOM	Bill of material
VA	Operation a Valeur ajouté
NVA	Opération a non-valeur ajouté
ISOLA	Cellule de soudage robotisée

TABLE DES MATIÈRES

Introduction générale 1

Chapitre I : 3

Présentation de l'organisme d'accueil 3

I. PROMA GROUP : 4

1. Présentation de PROMA GROUP : 4
2. Historique du PROMA GROUP : 4
3. Le groupe PROMA en chiffres : 5
4. Implantation : 6

II. PROMA INDUSTRIE Kenitra : 7

1. Fiche signalétique de PROMA INDUSTRIE : 7
2. La structure organisationnelle de PROMA INDUSTRIE : 7
3. Lay-out de l'usine : 8
4. Les départements de PROMA INDUSTRIE et leurs missions : 9
5. Les processus de production de PROMA Industrie : 10
   - 5.1. Ligne d'Emboutissage à froid : 10
   - 5.2. Ligne de soudage : 11
   - 5.3. Processus de peinture par cataphorèse : 12
   - 5.4. Injection plastique : 13
6. La clientèle actuelle de PROMA INDUSTRIE KENITRA : 14
7. Les Produits de PROMA INDUS Kénitra : 14

Conclusion 17

Chapitre II : 18

Cadre général du projet 18

I. Choix du thème du projet : 19

1. Génération des opportunités : 19
   - 1.1. La charte du projet : 19
   - 1.2. Génération de plusieurs opportunités : 20
     - 1.2.1. Combinaison des compétences et passions personnelles : 20
     - 1.2.2. Chercher les frustrations : 20
     - 1.2.3. Générer l'ensemble des opportunités : 21
     - 1.2.4. Trier et filtrer les opportunités : 21
     - 1.2.5. Développer l'opportunité choisie : 22
     - 1.2.6. Evaluation : 23
   - 1.3. Identification des indicateurs de performance : 23
2. Cahier de charge et planification : 23
   - 2.1. Cahier de charge : 23
   - 2.2. Planification : 24

3. Analyse des risques : 25
II. Diagnostique et méthodes d'amélioration 26
1. Définition de Lean Manufacturing : 26
2. Définition de D.M.A.I.C : 28
3. Analyse de déroulement : 29
4. Diagramme ABC ou Pareto : 30
5. Diagramme Spaghetti : 30
6. Diagramme Ishikawa : 30
7. Les 5 Pourquoi : 31
8. PDCA : 31
9. La démarche 5S : 32
10. Le management visuel : 32
Conclusion 33
Chapitre III : 34
Diagnostic de l'existant 34
I. Première phase de DMAIC « Définir » : 35
1. Définition du périmètre d'étude : 35
1.1. Cartographie du projet O2C : 35
1.2. Synoptique des ISOLA : 38
1.2.1. O 05 : 38
1.2.2. ISOLA 1 : 38
1.2.3. ISOLA 2 : 39
1.2.4. ISOLA 2 : 39
1.2.5. ISOLA 5 : 40
1.2.6. ISOLA 6 : 40
1.2.7. ISOLA 4 : 41
1.2.8. ISOLA 7 : 41
1.2.9. OP175 : 41
1.2.10. ISOLA RACK BATTERY : 42
1.2.11. ISOLA MONTAGE : 42
1.2.12. GP12 : 43
2. Diagramme bête à corne : 43
3. QQOQCP : 43
4. Gains prévisionnels : 44
II. Deuxième phase de DMAIC « Mesurer » : 45
1. Préparation à la collecte des données : 45
1.1. Brainstorming : 45
1.2. Informer les opérateurs : 45
1.3. Préparer les fiches de relevés : 45
2. Analyse de déroulement : 45

2.1. Chronométrage des ISOLA : 46
2.2. Les distances parcourues : 46
2.3. Visualisation des premiers potentiels d'amélioration : 47

3. Calcul de Takt time : 48

III. Troisième phase de DMAIC « Analyser » : 48

1. Etude du cycle time : 49
1.1. Identification des postes goulots : 49
1.2. Diagramme Ishikawa : 50
1.3. Les 5 Pourquoi : 51

2. Analyse de flux de déplacements : 51
2.1. Diagramme spaghetti : 51
2.2. Diagramme Pareto : 52
2.3. Diagramme Ishikawa : 52
2.4. Les 5 Pourquoi : 54

Conclusion : 54

Chapitre IV : 55

Mise en place des solution et stratégie d'amélioration 55

I. Amélioration du processus : 56

1. Evaluation de l'état actuel de ISOLA 5 : 56

2. Gestion des risques : 57

3. Plan d'action pour le changement du processus : 57

4. Actions mise en place : 58
4.1. Modification de Layout 58
4.2. Identification des cordons de soudure à retoucher : 59
4.2.1. Identification des cordons de soudure de ISOLA 1 et ISOLA 5 : 59
4.2.2. Préparation d'un mode de soudure pour les retouches des pièces OP15/OP20/OP30 : 60
4.2.3. Identification des cordons non accessibles à retoucher OP175 : 60
4.3. Réorganisation du poste des retouches des finitions du châssis : 60

II. Diminutions des déplacements inutiles de ISOLA 2 : 61

1. Evaluation de l'état actuel de ISOLA 2 : 61

2. Gestion des risques possibles : 61

3. Plan d'action : 62

4. Actions mise en place 62
4.1. Amélioration de l'ergonomie du poste : 62
4.2. Conception d'un chariot de chargement et de déchargement 63

III. Amélioration de ISOLA RACK BATTERY : 71

1. Evaluation de l'état actuel de ISOLA RACK BATTERY : 71

2. Plan d'action : 72

3. Actions mise en place : 72
3.1. Amélioration de l'ergonomie et réorganisation du poste de travail 72

3.2. La création d'un poste de marquage : 72
3.3. Application des 5S : 73

IV. Réorganisation du flux de la ligne de soudage du projet O2C 74

1. Réorganisation de la partie finale du flux : 74

2. Amélioration des zones des inputs et outputs des ISOLA : 76

3. Standardisation des actions : 76

3.1. Formation des opérateurs : 76
3.2. Création des fichiers de nettoyage et de suivi : 76

Conclusion : 77

Chapitre V : 78

Contrôle et suivi des gains 78

I. Contrôle des actions mises en place : 79

1. Gains apportés par l'amélioration du processus : 79

2. Gains apportés par diminution des déplacements de ISOLA 2 : 80

3. Gains apportés par l'amélioration de ISOLA RACK BATTERY : 80

4. Gains apportés par réorganisation du flux : 80

II. Evaluation des gains 81

1. Optimisation du flux physique et d'espace : 81

2. Amélioration de la participation et le moral des employés : 81

3. Amélioration de la cadence horaire de production : 81

4. Gain économique : 82

Conclusion : 82

Conclusion générale : 83

Bibliographie 84

Annexes : 85

INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'industrie automobile est un secteur principal de l'économie nationale et internationale en termes d'innovation de nouvelles technologies, de création des nouvelles offres d'emploi et de valeur ajoutée.

Actuellement, l'industrie automobile se trouve confrontée à des nouveaux défis, comme la plupart des industries, liés à la pandémie Covid-19, causant des impacts remarquables autant dans les ventes que dans la production des véhicules.

Cependant la fabrication des voitures électriques a connu une évolution de cadence vu l'augmentation de la demande suite à l'intérêt porte au sujet du développement durable. Elle est considérée comme étant la voiture du futur offrant des concrètes améliorations aux principaux défis de notre temps, ce qui explique la forte demande de la voiture électrique Citroën Ami qui est le sujet de notre étude au sein de la société PROMA INDUSTRIE filiale de la société italienne PROMA GROUP.

PROMA Group est un équipementier mondial dans l'industrie automobile ayant l'excellence industrielle comme culture et la satisfaction des attentes du client comme politique générale.

A cet égard, ses dirigeants et tout le personnel de la société s'impliquent dans l'amélioration continue de la productivité, dans le but de la diminution des écarts, la réduction des gaspillages, la satisfaction du client et l'optimisation du processus.

La méthode DMAIC (Define-Measure-Analyze-Improve-Control) est un outil solide qui s'inscrit parfaitement dans une démarche d'amélioration continue dans le but d'améliorer la productivité. C'est dans cette optique que s'inscrit ce projet de fin d'étude qui a duré 4 mois au sein du département Technique du site PROMA Industrie Kénitra et qui s'intitule : « Amélioration de la productivité au niveau de la ligne de production Citroën AMI O2C ».

Ce PFE porte sur l'amélioration de la productivité en général et la réorganisation du flux de production du châssis O2C en particulier afin de chasser le gaspillage et aussi augmenter la cadence de production.

Le présent rapport s'étale sur 5 chapitres :

Le premier chapitre décrit l'organisme d'accueil en présentant le système de production, ses objectifs et les moyens utilisés pour son déploiement.

Le deuxième chapitre expose la démarche du choix du thème du projet, et son contexte général en définissant le cahier des charges, la planification du projet, ainsi que la stratégie adoptée pour atteindre les objectifs prescrits de ce stage.

Le troisième chapitre sera consacré à la définition de la problématique, la cartographie du processus, la synoptique des ISOLA's, aux mesures et à l'analyse de l'existant, pour cela nous devons avoir une idée très précise des sources d'insatisfaction et des paramètres à modifier pour atteindre la performance attendue.

Le quatrième chapitre décrit les différentes actions d'améliorations appliquées pour résoudre les problèmes déjà cités dans le chapitre précédent.

Le dernier chapitre montre les résultats d'applications des actions amélioratives que nous avons mis au terrain.

Ces chapitres sont suivis par une conclusion générale pour clôturer le rapport.

CHAPITRE I :

PRÉSENTATION DE L'ORGANISME D'ACCUEIL

INTRODUCTION

Afin de comprendre le contexte du projet, la connaissance de l'organisme de l'accueil s'avère indispensable. En effet, ce premier chapitre vise à présenter d'abord la société PROMA GROUP, ensuite la filiale PROMA INDUSTRIE Kenitra ainsi que les différents produits et processus situés dans cette boîte.

I. PROMA GROUP :

1. Présentation de PROMA GROUP :

PROMA Group est un leader multinational dans la production des sous-ensembles et composants pour le secteur automobile. L'entreprise est spécialisée dans le développement et la fabrication des structures et des mécanismes de sièges, d'assemblages de carrosserie et de traverses de suspension avant.

Ils développent et fabriquent des produits avec un contenu technologique élevé, en tirant parti de leur longue expérience sur le marché et de leur capacité d'innovation. La propriété intellectuelle de PROMA compte plus de 30 brevets internationaux.

PROMA crée des solutions performantes et légères pour leurs produits et ainsi contribue à la réduction générale des émissions de carbone des véhicules.

Il soutient ses clients en leur offrant également un service de logistique de proximité dans le monde entier, en localisant ses usines et ses bons centres de distribution à proximité du point de livraison client.

Les principaux produits de PROMA GROUP sont :

- Assemblage de Carrosserie / Sous-Corps (Body / Under body Modules)
- Les structures des sièges d'automobiles
- Les systèmes des châssis :
- Systèmes de gestion de choc / Crash Management System
- Les crics

2. Historique du PROMA GROUP :

1980 : Premières pièces métalliques estampées pour l'industrie automobile dans le sud de l'Italie (Caserte)

1992 : PROMA élargit son portefeuille de clients et de produits (consolidation de la production de crics et fabrication de structures de premier siège)

1995 : Première usine à l'étranger à Casablanca

1998 : Début de la fabrication des charnières de porte, de capot et de hayon

2001 : Acquisitions d'usines du sud de l'Italie de Lear Corporation pour la fabrication de structures métalliques (usines Pozzilli et Melfi)

2001 : Début des opérations de fabrication en Espagne (Saragosse) France et Pologne (Tychy)

2007 : Ouverture d'un centre de R&D

2008 : Début de la ligne de produits de cric de rechange

2010 : Début des opérations du système de gestion de crash avec des brevets exclusifs dans la région EMGA

2010 : JV avec un partenaire automobile américain

2011 : Début de la gamme de produits de faisceau de suspension

2011 : Ouverture d'une usine d'assemblage en Serbie (Kragujevac) en partenariat avec Magneto Group (PMC Automotive Serbia)

2012 : PROMA lance sa première usine en Amérique du Sud (Brésil- Minas Gerais) et au Mexique (JV)

2016 : Agrandissement d'exploitations sud-américaines avec des usines à Juatuba (Minas Gerais) - Pernambuco

2017 : Ouverture de l'usine PROMA Cordoba en Argentine

2017 : Démarrage d'une usine de fabrication de sièges pour un grand client allemand OEM en Pologne.

2018 : Expansion des affaires avec un OEM français majeur dans la région EMEA

2019 : Démarrage d'une deuxième usine au Maroc précisément à Kenitra.

3. Le groupe PROMA en chiffres :

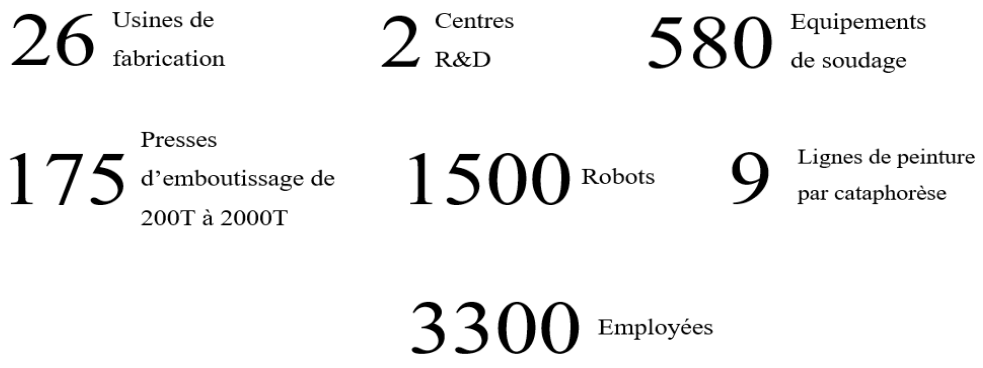


FIGURE 1:PROMA GROUP EN CHIFFRES.

4. Implantation :

Le Groupe dispose de 26 usines de fabrication dans le monde, réparties dans 8 pays, sur 4 continents : Europe, Amérique du Sud, Amérique du Nord et Afrique.

Le développement de produits et de processus est effectué dans 2 centres de R&D et laboratoires d'essais situés en Italie.

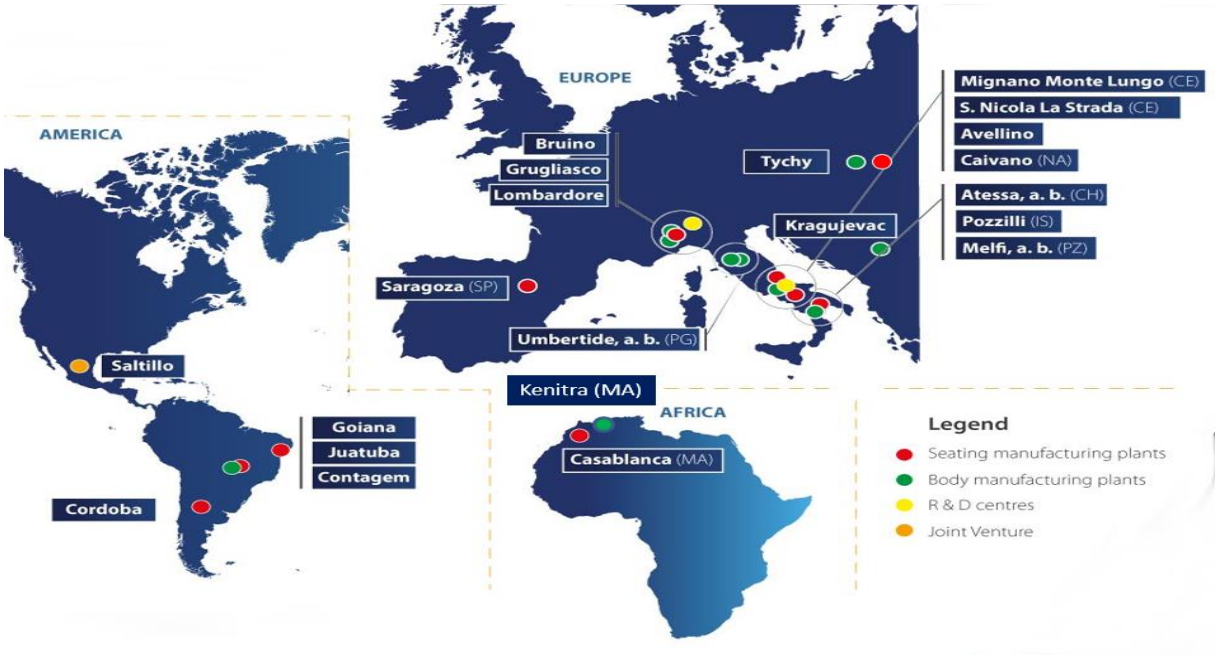


Figure 2:Localisation mondiale de PROMA GROUP

5. Les clients de PROMA Group :

PROMA travaille en tant que partenaire de grands constructeurs automobiles du monde entier sur des projets de développement sur des centaines de plates-formes de véhicules.

Figure 3: la clientèle de PROMA groupe

II. PROMA INDUSTRIE Kenitra :

Le groupe Italien PROMA a capitalisé un investissement de 320 millions de DH à Kénitra et prévoit d'investir autant dans ses futurs projets dans le Royaume, a indiqué le ministre dans une allocution prononcée lors de la cérémonie d'inauguration de l'écosystème du groupe PROMA au Maroc.

Le nouveau site PROMA à Kénitra est d'une superficie de 19.400 m2 dont 11.000 de bâtis, et il sera étendu dans une deuxième phase à 28.000 m2, afin de répondre à l'augmentation de la production du groupe dans le Royaume.

Cette usine permettra la création de 121 postes d'emploi direct et un chiffre d'affaires annuel de 250 millions de DH à l'export.

1. Fiche signalétique de PROMA INDUSTRIE :

La fiche signalétique est un recueil qui renseigne sur l'identité d'une entreprise à savoir : le nom de l'entreprise, la date de création de l'entreprise, le statut juridique de l'entreprise, l'adresse, le capital social, le secteur d'activité, l'activité principale…

Tableau 1: fiche signalétique de l'entreprise

Nom	PROMA INDUSTRIE
Forme juridique	SARL
Date de création	2018
Capital	190 000 000 DHS
Associés	PROMA SSA, PROMA SPA
Surface totale	19 000 m^2
Surface couverte	10 056 m^2
Adresse	Atlantic free zone extension, lots I.09 Ameur SEFLIA, Kenitra

2. La structure organisationnelle de PROMA INDUSTRIE :

La structure organisationnelle de l'entreprise PROMA INDUSTRIE est présentée par l'organigramme suivant :

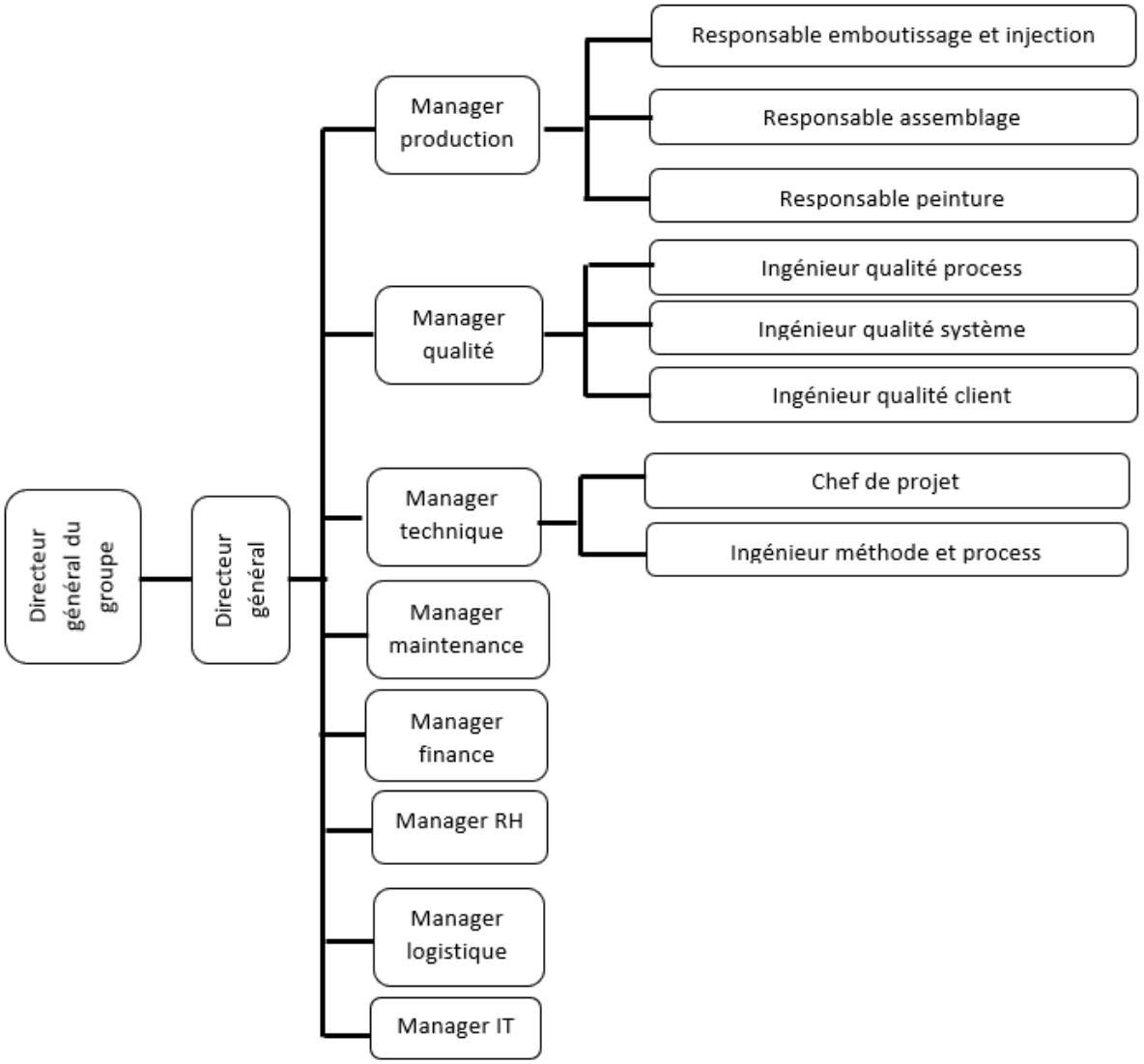


Figure 4: Organigramme de la structure organisationnelle de PROMA INDUSTRIE

3. Lay-out de l'usine :

L'équipementier automobile italien PROMA est d'une superficie de 19.400 m2 dont 11.000 de bâtis. Le lay-out de l'usine est présenté ci-dessous :

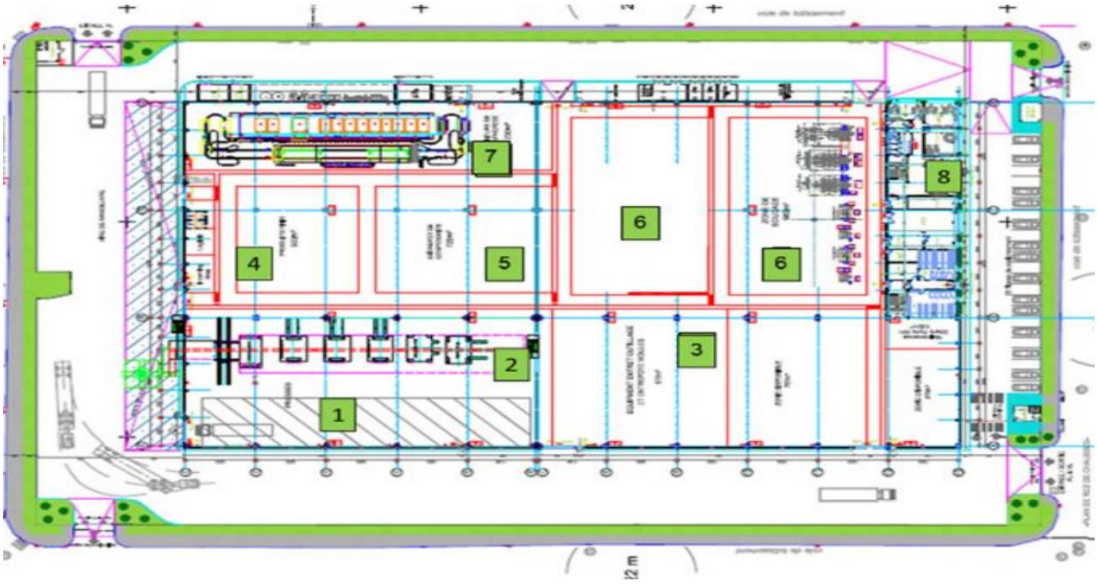


Figure 5 : Lay-out de l'usine PROMA INDUSTRIE

1. Entrepôt de bobines.
2. Presses ligne.
3. Zone de maintenance.
4. Entrepôt de produits finis.
5. Entrepôt de composants.
6. Zone de soudage et d'assemblage.
7. Ligne de peinture.
8. Plateaux bureaux.

4. Les départements de PROMA INDUSTRIE et leurs missions :

PROMA INDUSTRIE a une structure, une organisation et un règlement intérieur propres à lui. Elle est organisée suivant plusieurs départements. Chacun d'eux a des tâches spécifiques à accomplir.

Département qualité : gère le système qualité de l'entreprise et veille à la vérification des exigences de la qualité dans chaque phase du processus de production.

Département production : il a pour principale mission la réalisation des programmes de production tout en assurant une bonne qualité du produit en respectant les délais fixés au préalable et en optimisant les performances.

Département technique : qui a pour mission d'adapter les procédés de fabrication conformément aux règles.

Département logistique : gère l'approvisionnement, la réception, l'expédition et le stockage de la matière première. Il assure l'approvisionnement de la matière première et la livraison du produit fini avec le minimum de charges possibles. Ce département s'occupe aussi de la planification des besoins en matière première à partir des données reçues du client.

Département IT : Il s'agit tout simplement d'une équipe de professionnels de l'informatique, chargée d'utiliser les technologies IT pour résoudre les problèmes que rencontre l'organisation.

Département Administration & Finance : permet d'assurer les fonctions financières et comptables de l'entreprise, de développer et d'implanter les pratiques, les procédures financières et le contrôle de gestion qui affectent la santé financière de la compagnie tout en veillant à la préservation du patrimoine financier de l'entreprise.

Département maintenance : établit les plans de maintenance des machines et équipements existant dans l'usine et assure la maintenance corrective des équipements en cas de défaillance. Sa mission est d'assurer le bon fonctionnement des machines.

Département Gestion des Ressources Humaines : administre, mobilise et développe les ressources humaines impliquées dans l'activité d'une organisation.

5. Les processus de production de PROMA Industrie :

5.1. Ligne d'Emboutissage à froid :

L'emboutissage consiste à déformer à froid une tôle pincée entre une matrice (qui donne la forme à la pièce) et une serre flan (qui maintient la tôle plaquée contre la matrice). Ce procédé permet d'obtenir rapidement et à moindre frais des tôles emboutie

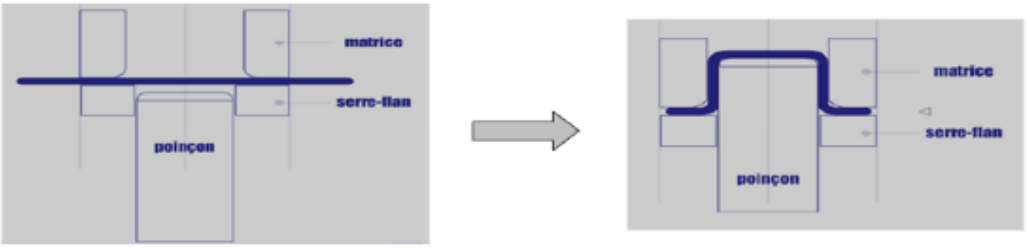


Figure 6: Schéma explicatif du principe d'emboutissage.

Figure 7: ligne d'emboutissage à froid

PROMA INDUSTRIE Kenitra se dispose de 6 presses d'emboutissage de type et tonnage différents, décrites dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2: différentes presses d'emboutissage à froid chez PROMA INDUSTRIE

Quantité	Nom	Description	Tonnes
1	CATTANEO (PR1)	Presse avec système d'alimentation et de transfert	1000T
1	BENELLI (PR2)	Presse avec système d'alimentation	800 T
2	ROVETTA 1 & 2 (PR3 & PR4)	Presse avec système d'alimentation	600 T
1	MECFOUND (PR5)	Presse avec système d'alimentation	400 T
1	AIDA (PR6)	Presse avec système d'alimentation et de transfert	600

5.2. Ligne de soudage :

Dans cette zone, on trouve 3 types de soudage répartis sur 15 cellules de soudage, représentés dans le tableau en dessous :

- Soudage à l'arc.
- Soudage par points
- Soudage par projection

Tableau 3: Cellules de soudage

Quantité	Description	Client
1	Soudage par point : Cellule à deux robots (SAC AV)	STELLANTIS
1	Soudage à l'arc : Cellule à deux robots (SAC AV)	STELLANTIS
1	Soudage à l'arc : Cellule à un robot (SAC AR)	STELLANTIS
4	Soudage par projection : cellule robot	MAGNETI MARELLI
3	Soudage à l'arc : cellules à deux robots (O2C)	STELLANTIS
5	Soudage à l'arc : cellules à un robot (O2C)	STELLANTIS

5.3. Processus de peinture par cataphorèse :

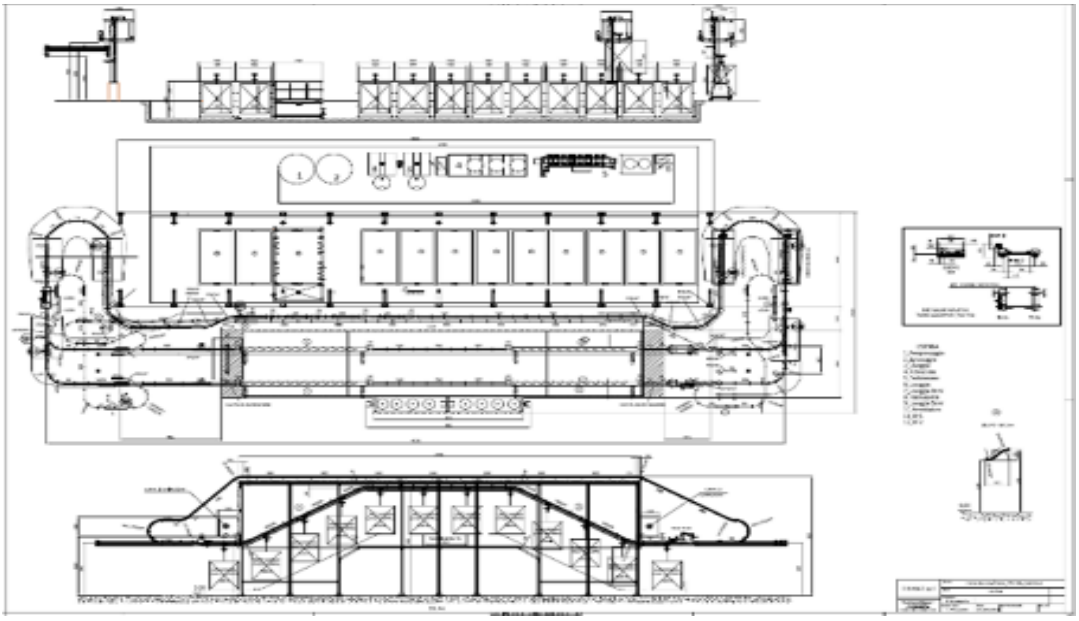


Figure 8: lay-out de la ligne peinture par cataphorèse.

Figure 9: image de la ligne peinture par cataphorèse.

Les pièces sont transférées d'un bain à l'autre à l'aide d'un pont roulant.

La ligne a la capacité de peinturer 6660 m²/shift, de produire 74 barres/ shift.

Le tableau ci-dessous décrit les 12 étapes de peinture par cataphorèse :

Tableau 4: 12 étapes de peinture par cataphorèse

Etape du process	Description
1	Premier dégraissant
2	Deuxième dégraissant
3	Premier bain de rinçage

4	Bain d'activation
5	Bain phosphatant
6	Rinçage à l'eau douce
7	Rinçage à l'eau demi
8	Passivation
9	Rinçage à l'eau demi
10	Peinture cataphorétique
11	Rinçage avec ultra filtre N 1
12	Rinçage avec ultra filtre N 2

5.4. Injection plastique :

Cette société dispose de 4 cellules d'injection plastique, fabriquent les « keeper, Support et pédale de frein/ Support & Brake Pedal Arm » pour leur client STELLANTIS.

Figure 10: images de la zone de presse injection.

6. La clientèle actuelle de PROMA INDUSTRIE KENITRA :

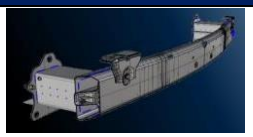
PROMA INDUSTRIE est spécialisée dans la conception, la fabrication et la fourniture de sous-ensembles et composants métalliques pour l'industrie automobile, en tant que fournisseurs de "**Rang 1**" pour le Constructeurs Automobile STELLANTIS (ex PSA + FCA) et, en tant que fournisseurs de "**Rang 2**" : NEXTEER, TUYAUTA Gestamp et MAGNETI MARELLI, PROMA SPAIN.

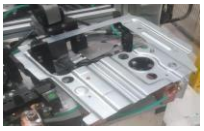
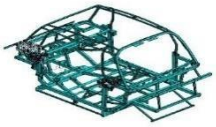
Figure 11: clients de PROMA INDUSTRIE

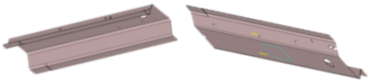
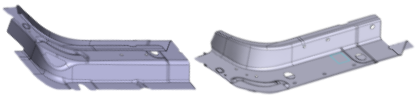
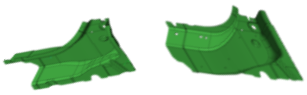
7. Les Produits de PROMA INDUS Kénitra :

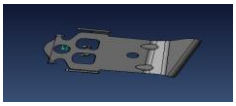
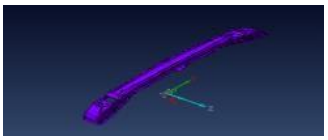
Le tableau ci-dessous décrit les processus, leurs produits et leurs clients.

Tableau 5: Produits de PROMA INDUSTRIE.

Processus	Produit	Illustration
Assemblage	SAC AVANT.	
Assemblage	SAC ARRIÈRE.	
Emboutissage + Assemblage + Peinture	Pedal FCA	
Assemblage +peinture	Chape	

Assemblage	MHEV	
Emboutissage + Assemblage	KNUCKLEBRAKET	
Emboutissage	SPRING SEAT	
Peinture	CRADLE PAINTED	
Peinture	AXLE BAR PAINTED	
Assemblage + Peinture	CHASSIS O2C	
Injection Plastique + Assemblage	PEDAL (Manuel,automatique, électrique)	
Emboutissage	PLANCHE TALON	
Emboutissage	CLOISON LONGERON INT D	
Emboutissage	TRAVERSE TABLIER	

Emboutissage	PLANCHE TALON	
Emboutissage	TRAVERSE AV ASSISE AV DROITE	
Emboutissage	LONGERON INT DROITE	
Emboutissage	LONGERON INT AV DROITE	
Emboutissage	LONGERON INT AR DROITE	
Emboutissage+assemblage	EK9	
Peinture	GRILLE O2C	
Peinture	SUPPORT DE SUSPENSION AV	
Peinture	SUPPORT BATTERIE	

Peinture	RENFORT BOUCLE CEINTURE GESTAMP	
Peinture	TRAVERSE EXTREME GESTAMP	
Peinture	Patt-Fix-Sort-Rad ATN8	

Conclusion

Dans ce premier chapitre, j'ai présenté un aperçu global sur l'organisme d'accueil et ses différentes activités, en présentant de manière générale la société PROMA GROUP ainsi que sa filiale PROMA INDUSTRIE Kénitra, ses processus de fabrication, et ses produits, afin de comprendre le contexte général dans lequel se déroule ce projet de fin d'étude.

CHAPITRE II :

CADRE GÉNÉRAL DU PROJET

INTRODUCTION

Avant d'entamer notre projet, nous allons dans ce chapitre, identifier les écarts entre la productivité attendues (objectif) et le réalisé sur la ligne de soudage O2C (la voiture Citroën AMI). Et par la suite relever les opportunités existantes et choisir celle qu'on va développer. Ensuite, nous décrivons le cahier des charges PFE, suivie par la planification du déroulement de notre projet, l'analyse des risques possibles, ainsi que la démarche suivie.

I. Choix du thème du projet :

1. Génération des opportunités :

Au travers des siècles, l'humanité a constamment dû relever des défis à court et à long terme. Son but semble essentiellement toujours le même : Que celle-ci prenne constamment un plus grand contrôle sur sa destinée et son environnement. Pour les sociétés industrialisées, l'ère technologique que nous vivons semble donner un contrôle inégalé par le passé. Dans ce sens, le changement climatique exige des réductions ambitieuses des émissions de CO_2. Ainsi que la crise du Covid-19 frappe la demande des biens durables, rentables et surtout compétitifs. Ces différents défis sont particulièrement importants pour l'industrie automobile, comme étant un enjeu clé de la transition énergétique et écologique. Le groupe PROMA a transformé ce besoin en une opportunité, qui est de lancer le projet Citroën Ami O2C, au sein de PROMA INDUSTRIE au Maroc, un marché qui a montré une base solide des compétences mécaniques.

Vu que le secteur automobile est un secteur oligopolistique, et sachant que le métier d'ingénieur nécessite toujours la résolution des problèmes, mon travail doit commencer par l'identification des opportunités existantes au sein de la ligne O2C.

1.1. La charte du projet :

Tableau 6: Cahier de charge

Nom du projet	Amélioration de la performance du projet O2C		
Contexte pédagogique	Le stage s'enregistre dans le cadre d'un Projet de Fin d'Etudes qui permet de compléter et de mettre en œuvre la formation acquise durant les cinq années à la faculté des sciences et techniques de Fès.		
Section concerné	Le projet O2C	Responsable projet	Nouhayla EL OUARDI
Date de début	15 Février 2022	Date de fin	15 juin 2022
Equipe de travail			
Nom		Fonction	
M. NAMLI Omar		Manager Technique	

Mme. RAOUI Ikram	Chef de projet
M. BOUATRA Mehdi	Ingénieur process
M. ZARROUI Abdellah	Manager Production
M. KHADDAOUI Hamza	Technicien qualité
Temps de mise en place du projet	
4 Mois	

1.2. Génération de plusieurs opportunités :

Il y a plusieurs techniques pour générer les idées à savoir : suivre les passions personnelles, exprimer les frustrations, design thinking, etc. Nous allons bénéficier de ces outils pour générer le maximum d'opportunités.

1.2.1. Combinaison des compétences et passions personnelles :

Ma formation en tant qu'élève-ingénieur en conception mécanique et innovation, m'a permis d'avoir les acquis nécessaires pour élaborer des solutions de plusieurs types de problèmes. Néanmoins, je ne peux pas nier que je tends toujours vers les astuces et les solutions techniques plus que théoriques. Le suivi des passions personnelles, ce que je veux, avec mes compétences, ce que je peux faire, sans oublier le besoin du client constitue une zone de confort.

1.2.2. Chercher les frustrations :

Pour effectuer cette tâche, je me suis dirigée vers les responsables du projet O2C, les team leaders, les responsables production, les techniciens, et même les opérateurs de cette ligne. Cela m'a permis d'extraire les frustrations suivantes :

- Réclamations répétitives des chefs des projets et des responsables de production.
- Flux non-fluide.
- Espace insuffisant pour l'emplacement des produits semi-finis.

- Temps insuffisant pour faire toutes les tâches.
- Effectif de personnel insuffisant.
- Encombrement des pièces dans la ligne.
- Déséquilibrage des temps des postes.
- Objectif journalier du nombre de châssis produit non atteint.
- Problème d'ergonomie des postes de travail.
- Absence des standards de flux.
- Mauvaise organisation des postes de travail.

1.2.3. Générer l'ensemble des opportunités :

D'après tout ce qui est fait, on peut dire que les des opportunités existantes au sein du ligne O2C sont les suivantes :

a- Améliorer la productivité de la ligne O2C.

b- Améliorer la performance du projet O2C.

c- Améliorer l'efficacité des robots de soudage.

d- Améliorer la cadence horaire du ligne O2C.

e- Amélioration des postes de travail de la ligne O2C.

f- Conception des chariots robotisés pour l'alimentation des postes de travail.

g- Gestion de stockage de la ligne O2C.

1.2.4. Trier et filtrer les opportunités :

Pour classer les opportunités trouvées par ordre de priorité, c'est-à-dire qui a plus d'impact sur la performance du projet O2C, je vais réaliser la matrice des votes pondérés. Le calcul se fait selon la cotation suivante :

Tableau 7: Cotation des votes pondérées

Indice	Evaluation

0	Mauvaise solution
1	Bonne solution
2	Meilleure solution
3	Solution optimale

La matrice des votes pondérés est la suivante :

Tableau 8: Matrice des votes pondérées.

Opportunité	Manager Production	Manager Méthodes et Techniques	Team Leader	Ingénieur Méthodes et Techniques	Techniciens	Score	Classement
a	3	3	2	3	2	13	1
b	2	2	2	2	2	10	3
c	2	1	1	2	3	9	4
d	3	2	2	2	2	11	2
e	3	1	2	1	1	8	5
f	1	1	2	2	1	7	6
g	2	1	2	1	1	7	6

D'après la matrice des votes pondérés, il est clair que l'opportunité que l'on va développer est celle de l'amélioration de la productivité.

1.2.5. Développer l'opportunité choisie :

Afin de garantir l'amélioration de la productivité du projet O2C, il est indispensable de décortiquer cette tache en sous-tâches suivantes :

- La mise en place de Lean manufacturing.
- La réorganisation du flux.

- L'amélioration de la cadence horaire.

1.2.6. Evaluation :

Après avoir étudié la désirabilité de cette opportunité, on va passer à la faisabilité en répondant aux questions suivantes :

Tableau 9: Etude de faisabilité.

Est-ce que le projet O2C a besoin de cette amélioration ?	Oui
Est-ce qu'il y a un bénéfice ?	Oui
Est-ce que les responsables sont convaincus ?	Oui
Est-ce qu'il y a une équipe pour aider à la réalisation de cette amélioration ?	Oui
Est-ce que l'équipe est motivée pour ce travail ?	Oui

1.3. Identification des indicateurs de performance :

Les indicateurs de performance sont les paramètres à modifier pour atteindre la performance attendue, et par lesquels nous évaluons le succès de notre stratégie d'amélioration.
Pour notre projet, nos indicateurs de performance sont le temps et le cout de production ainsi que l'espace, vu que notre objectif ultime est l'optimisation du flux et l'amélioration de la cadence horaire.

2. Cahier de charge et planification :

2.1. Cahier de charge :

Avant le lancement officiel de ce projet, la définition du cahier des charges est un point primordial vu que c'est un document contractuel à respecter. Alors, j'ai mis en accord avec mon équipe de travail sur les points résumés dans le tableau suivant :

Tableau 10 : Cahier de charge

Maitre d'ouvrage	Département Technique à PROMA INDUSTRIE Kenitra.
Maitre d'œuvre	Faculté des sciences et techniques Fès (FSTF), Département Génie Mécanique, Cycle d'ingénieur d'état, Filière Conception Mécanique et Innovation représenté par l'élève ingénieur d'état EL OUARDI Nouhayla avec le suivi et l'encadrement de M. A. ABOUTAJEDDINE.

Acteurs relais	- M. ABOUTAJEDDINE Ahmad: Encadrant académique. - M. NAMLI Omar : Encadrant industriel. - M. BOUATRA Mehdi : Encadrant industriel.
Entreprise	PROMA INDUSTRIE
Période	15 Février 2022 →15 juin 2022
Problématique	Amélioration de la productivité de la ligne de production O2C.
Objectifs	- Identifier et éliminer les sources de gaspillage. - Réduire les opérations à non-valeur ajoutée. - Créer un environnement de travail organisé. - Une cadence journalière de 72 châssis par jour
Contraintes à respecter	-Les solutions proposées doivent être rentables et efficientes. -Les solutions proposées doivent avoir des résultats à court terme et durables. -L'investissement demandé pour mettre en place la solution doit être réduit le maximum possible.
Risque	- Disponibilité d'un historique de données non fiables. - Difficulté d'arrêter la production pour faire des interventions.

2.2. Planification :

La planification est parmi les phases d'avant-projet les plus importantes. Elle consiste à déterminer et à ordonnancer les tâches du projet et à estimer leurs charges respectives. Parmi les outils de planification de projet, j'ai adopté une démarche de gestion de projet illustrée dans le diagramme prévisionnel de Gantt. Ce diagramme permet aussi de visualiser l'enchainement et la durée des différentes tâches durant le stage, comme il est illustré par la figure suivante :

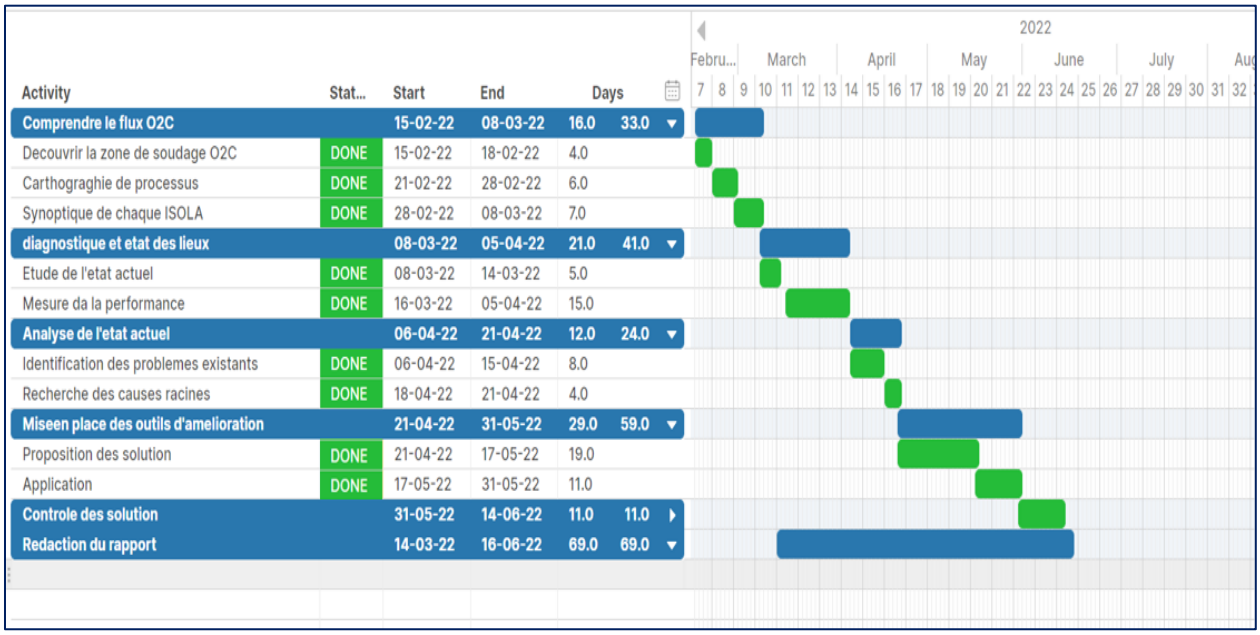


Figure 12: Diagramme Gantt

3. Analyse des risques :

Avant de démarrer le projet, nous avons évalué les risques éventuels qui peuvent bloquer l'exécution du projet. Cette évaluation a été réalisée par l'étude AMDEC, dans laquelle nous avons identifié différents risques chez différents participants au projet. Ces risques sont présentés dans le tableau AMDEC ci-dessous.

On recense l'ensemble des risques qui peuvent affecter notre projet et leurs associer des notes selon les critères de la fréquence d'apparition, la gravité en se basant sur la grille de notation suivante :

Probabilité d'occurrence (o)	Gravité du risque (G)
Peu fréquente	Mineure
Fréquente	Moyenne
Fortement fréquente	Grave

La criticité de risques est calculée par la formule Ci = Pi x Gi tel que :

Tableau 11: Degré de criticité.

La criticité <=6
7< La criticité<10
La criticité>11

Les résultats sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau 12: AMDEC du projet

Risque possible	Causes	O	G	C	Actions préventives à mettre en place
Mauvaise synchronisation des taches.	Mauvaise méthode de travail	2	5	10	Former les opérateurs ; Suivre les standards de travail.
Arrêts non planifiés	Le malade Les empêchements Arrêt de production	2	3	6	Accélérer pour rattraper
Ne pas conclure le projet	Mauvaise planification	3	4	12	Bien planifier et laisser une marge durant la planification de projet
Données insuffisantes	Difficulté dans la recherche des informations	4	4	16	Sortir au terrain Préciser les collaborateurs qui peuvent nous donner les information
Modification inadéquate ou Mauvais changement de méthodes	Le respect du délai de livraison	2	4	8	Etudier les suggestions d'amélioration avec la présence et l'approbation de toutes les parties impliquées

II. Diagnostique et méthodes d'amélioration

1. Définition de Lean Manufacturing :

Le concept de Lean Manufacturing est né dans les ateliers de Toyota, après la seconde guerre mondiale, sous l'impulsion de Kiichiro Toyoda, président de Toyota Motor Company, qui déclara : « Il faut rattraper l'Amérique en trois ans, sinon l'industrie automobile japonaise ne survivra pas. » Les différences entre les marchés et les constructeurs automobiles américains et japonais étaient telles que Toyota devait obligatoirement innover pour survivre. (1)

Les ingénieurs de Toyota vont alors revisiter de manière critique les ateliers et se rendre compte que les opérations sont à envisager par processus et non plus par type d'activité (tournage, perçage, fraisage, etc.) et que ceux-ci comportent énormément de gaspillage. Au fil de leurs observations, ils en définissent sept types génériques :

1. Gaspillages provenant de la surproduction.
2. Gaspillages provenant des temps d'attente.
3. Gaspillages occasionnés par les transports.
4. Gaspillages dus aux stocks inutiles.
5. Gaspillages dans les processus de fabrication.
6. Gaspillages dus aux mouvements inutiles.
7. Gaspillages dus aux pièces défectueuses.

En stipulant que les pertes dues aux gaspillages sont des bénéfices potentiels, il faut s'attacher à les éliminer. De cette volonté et de ces constats sont nées, ou re-nées, la plupart des méthodes dites japonaises.

La mise en œuvre des outils du Lean Manufacturing nécessite la participation et l'implication des personnels opérationnels, car c'est sur le terrain que se détermine en grande partie la performance.

Les acteurs savent le mieux quels sont les problèmes du quotidien et quelles mesures peuvent les résoudre et éviter qu'ils surviennent à nouveau.

En vue d'assurer cette analyse, nous avons opté pour la méthode Lean Manufacturing qui nous permet d'évaluer de façon statistique les performances d'un processus et de décider de régler si nécessaire les caractéristiques des produits stables et conformes aux spécifications retenues.

Une démarche Lean implique aussi d'adapter les outils et de planifier leur utilisation dans le temps en fonction du contexte. Au cœur du Lean Manufacturing se trouve l'amélioration continue, qui est basée sur l'utilisation du D.M.A.I.C. ou du P.D.C.A. Il s'agit donc d'une démarche au long terme, recherchant des résultats rapides, concrets et pérennes. (2)

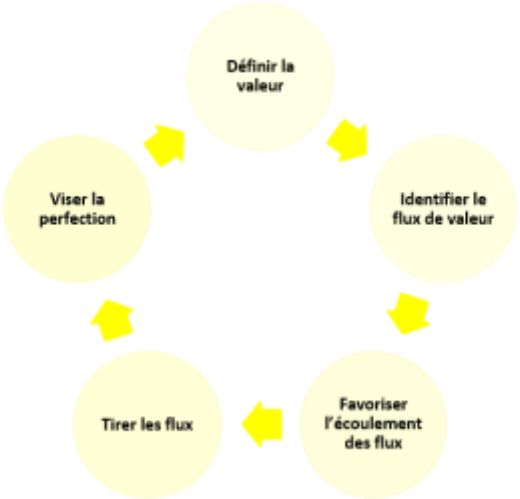


Figure 13: les cinq principes du Lean.

2. Définition de D.M.A.I.C :

La réussite de tout projet réside dans la pertinence de sa conduite. C'est dans cette optique que j'ai commencée par le choix de la démarche et de la méthodologie pour conduire le projet, organiser les actions et définir les moyens pour parvenir aux objectifs.

J'ai choisi de me baser sur la démarche DMAIC qui fait partie des outils fondamentaux du Lean Manufacturing, elle se base sur cinq étapes, plusieurs méthodes d'amélioration se basent sur cette démarche comme la méthode 6 σ (6 sigma). DMAIC est un acronyme formé des mots anglais « Define, Measure, Analyze, Improve, Control ». Traduite en français à : Définir, mesurer, analyser, améliorer et contrôler expliqués ci-dessous :

- Définir : Cette phase s'attache à la définition des objectifs et limites du projet, à l'identification des questions nécessaires pour atteindre le niveau le plus pertinent.

- Mesurer : L'objectif de la phase Mesurer consiste à rassembler les informations nécessaires pour traiter le sujet d'une façon objective, ainsi que d'identifier les zones critiques.

- Analyser : Il s'agit de discriminer l'essentiel de l'accessoire, l'important du secondaire, afin de focaliser les efforts sur les vraies causes des problèmes.

- Innover ou Améliorer : C'est la mise en place des solutions visant à éradiquer les causes les plus probables des problèmes.

- Contrôler (mettre sous contrôle ou maîtriser) : Cette phase essentielle vise à évaluer et suivre les résultats des solutions mises en œuvre.

3. Analyse de déroulement :

L'analyse de déroulement (AD) ou analyse en profondeur de processus (APP) est une analyse chronologique de processus, plus détaillée qu'une VSM et sur un périmètre plus restreint, visant à identifier de manière exhaustive les différentes étapes de réalisation du processus.

La méthodologie de l'analyse de déroulement peut également être mise en œuvre pour réaliser une analyse de poste de travail : il ne s'agit plus de suivre les étapes d'un processus mais les tâches, dans un ordre chronologique, réalisées par un opérateur pour réaliser une gamme de travail. Il est rempli en suivant le produit et/ou les opérateurs, et en utilisant cinq symboles de base détaillés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 13: Symboles utilisés dans l'analyse de déroulement.

Symbole	Nom	Explications
	Opération	Opération physique réalisée sur le produit, avec ou sans un équipement, apportant de la valeur ajoutée.
	Contrôle	Point du processus ou le produit est inspecté ou lorsque l'opérateur réalise un test.
	Transport	Mouvement de l'opérateur, du produit ou de l'équipement.
	Attente	Temps d'attente ou retard dans le processus de fabrication.
	Stockage	Mise au dépôt du produit en attendant la prochaine étape.

L'analyse de déroulement a pour objectif de déterminer et d'améliorer l'efficience du processus actuel en catégorisant chacune des étapes en tâche à valeur ajoutée (VA) ou à non-valeur ajoutée (NVA).

4. Diagramme ABC ou Pareto :

Méthode ABC ou le diagramme Pareto, est un outil graphique d'analyse, de communication et de prise de décision très efficace.

L'intérêt du diagramme de Pareto est de montrer que dans un premier temps il est plus « payant » d'attaquer les trois ou quatre premières causes de défauts, plutôt que de chercher à élucider des causes qui n'apparaissent que rarement.

5. Diagramme Spaghetti :

Le diagramme spaghetti est un outil qui sert à donner une vision claire du flux physique des pièces ou des individus. Il tire son nom de sa ressemblance avec un plat de spaghettis, car lors de son premier tracé, en général, les flux s'entremêlent. Cette visualisation sert à identifier les flux redondants, les croisements récurrents et à mesurer le trajet parcouru par chaque produit ou personne. Il aide à la réimplantation ou réorganisation géographique des machines ou des services pour limiter les temps de déplacements et leur non-valeur ajoutée.

6. Diagramme Ishikawa :

Les premiers diagrammes causes/effet ont été développés par le professeur Kaoru Ishikawa en 1943. Ce type de diagramme est de ce fait également appeler, diagramme d'Ishikawa ou diagramme en arrêtes de poisson. Un diagramme causes/effet peut être utilisé pour :

- ✓ Structurer une recherche de causes ;
- ✓ Comprendre un phénomène, un processus, par exemple les étapes de recherche de panne sur un équipement, en fonction d'un ou plusieurs symptômes ;
- ✓ Analyser un défaut en remontant l'arborescence des causes probable pour identifier la cause racine ;
- ✓ Identifier l'ensemble des causes d'un problème et sélectionner celles qui feront l'objet d'une analyse poussée, afin de trouver des solutions ;
- ✓ Servir de support de communication et de formation.
- ✓ Enfin, il peut être vu comme une base de gestion des connaissances.

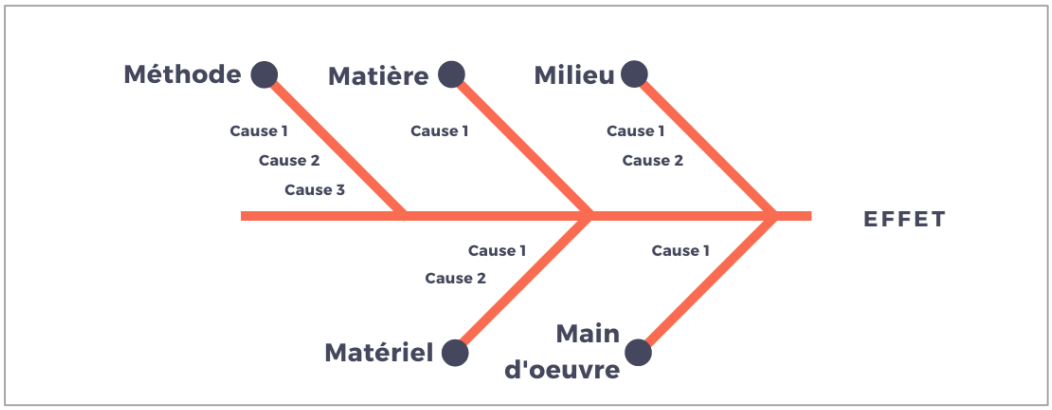


Figure 14: Diagramme Ishikawa

7. Les 5 Pourquoi :

Outil de résolution de problèmes, en se demandant pourquoi le problème est survenu.

- ✓ Puis, pourquoi cette cause est survenue.
- ✓ Répétez le processus 5 fois, jusqu'à découvrir la « cause racine », la cause principale d'origine du problème.
- ✓ Permet de séparer les symptômes, des vrais causes racines, ou potentielles d'un problème.

8. PDCA :

Le cycle PDCA (Plan-Do-Check-Act) est une stratégie de résolution de problèmes interactive qui consiste à améliorer les processus et à mettre en œuvre les changements. Le cycle PDCA est une méthode d'amélioration continue. (3)

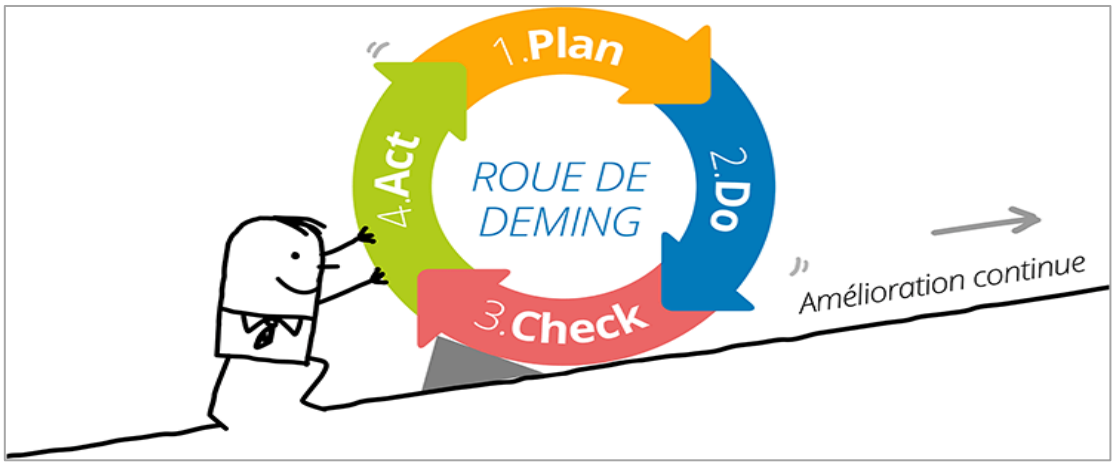


Figure 15: Roue de DEMING.

9. La démarche 5S :

La méthode 5S est une pratique d'optimisation des conditions et de l'environnement de travail, du temps de travail en veillant à ce que cet environnement reste bien rangé, nettoyé, sécurisé, en y instaurant de la rigueur. (4)

Figure 16: Les étapes de la démarche 5S.

10.Le management visuel :

La gestion visuelle ou contrôle visuel utilise des signaux visuels pour communiquer des informations importantes. Ces visuels (diagrammes, pictogrammes, codes couleur, marquages au sol, photographies, etc.) permettent à chacun de comprendre rapidement l'information véhiculée, l'état actuel d'un processus de travail, ou dans une zone de stockage de remettre les matériaux à leur emplacement approprié, avec des marquages au sol et des panneaux.

Dans un lieu de travail visuel, les outils visuels fournissent les informations dont chacun a besoin pour effectuer son travail. Chacun peut travailler à un niveau d'efficacité plus élevé, résoudre des problèmes, ce qui améliore le moral et l'engagement des collaborateurs, tout en réduisant les d'accidents du travail. (4)

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons choisi le thème sur lequel nous allons travailler, et identifié le cadre général du projet, en établissant le cahier des charges, le planning du déroulement du projet, analysant les risques possibles, et clôturant le chapitre par les principes de la méthodologie du travail adoptée Lean Manufacturing, ainsi que quelques outils de cette démarche.

Nous avons, par la suite, entamé la démarche pour bien définir le contexte du projet.

CHAPITRE III :

DIAGNOSTIC DE L'EXISTANT

INTRODUCTION

Ce chapitre se compose de trois parties, dans la première partie, je vais déterminer le périmètre de ce projet en décrivant la zone de soudage du projet O2C. Ensuite, dans la deuxième partie, je vais passer aux mesures des écarts existants entre la productivité attendue et celle réalisée, afin d'évaluer la performance et chercher les insuffisances du processus de soudage de la ligne de soudage du projet O2C.

La troisième partie « analyser », consiste à donner un sens aux informations recueillies lors de la partie précédente, identifier les gaspillages et déterminer leurs causes racines pour sortir avec des meilleures solutions.

I. Première phase de DMAIC « Définir » :

Cette première étape constitue la base de cette démarche suivie, car elle nous permet par la suite de mieux comprendre notre besoin et d'atteindre les meilleures solutions.

1. Définition du périmètre d'étude :

1.1. Cartographie du projet O2C :

Le projet concerne la fabrication du châssis de la voiture électrique Citroën Ami par la technique de soudage par Arc. Cette voiture est 100% électrique et ne demande pas un permis de conduire, elle est accessible pour tout le monde dès 14 ans. Citroën Ami se distingue tant par son autonomie (70 Km et 3 heures pour une charge complète) ainsi que ses performances (45 Km/h comme vitesse Maximale).

Figure 17: La voiture électrique Citroën Ami

Figure 18: Dessin CAO du châssis.

Le châssis O2C se compose de :

- Plus de 1104 cordons de soudure
- 162 composants
- 47 cordons de soudure manuels
- 15 composants qui s'ajoutent manuellement à OP175.

PROMA INDUSTRIE Kénitra s'occupe de l'assemblage des châssis de ce véhicule par soudage à l'arc électrique par robots, et la peinture de ces châssis par un procédé de cataphorèse. Mon projet se focalise seulement sur la zone de soudage.

Le flux de la ligne de production O2C est présenté dans la figure 20.

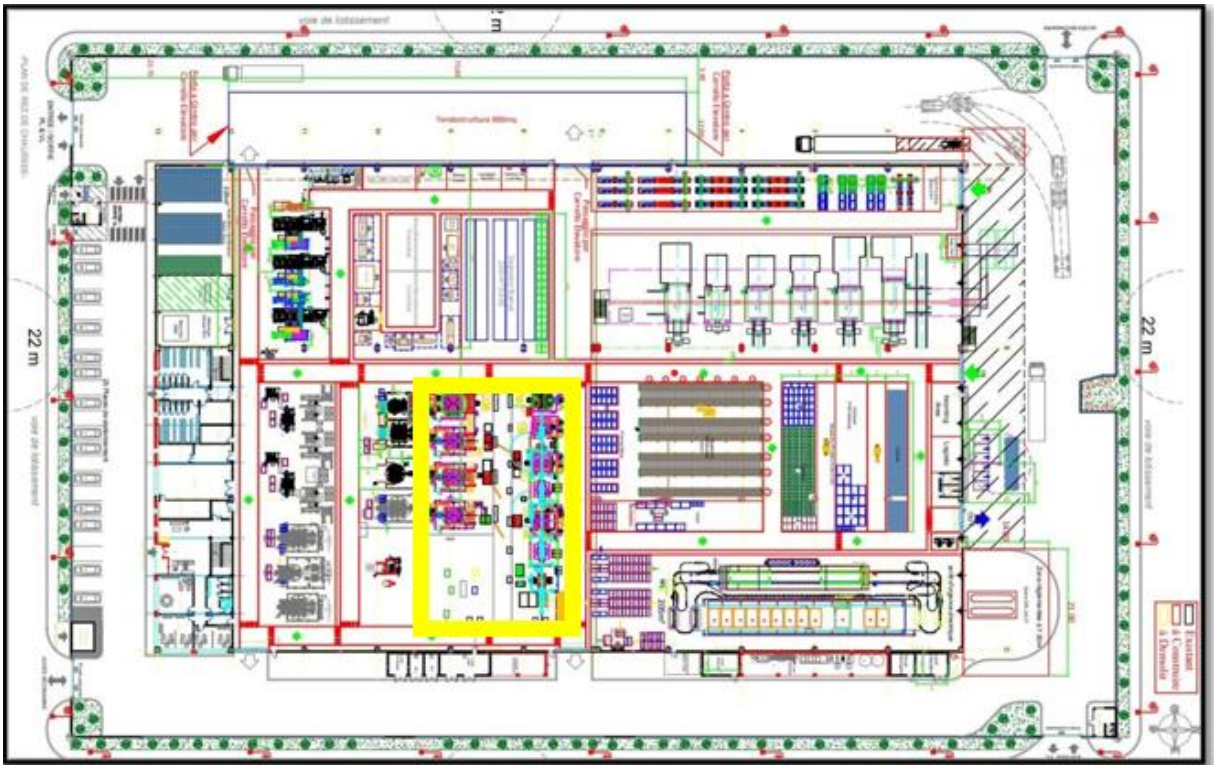


Figure 19: Position de la ligne O2C dans l'usine

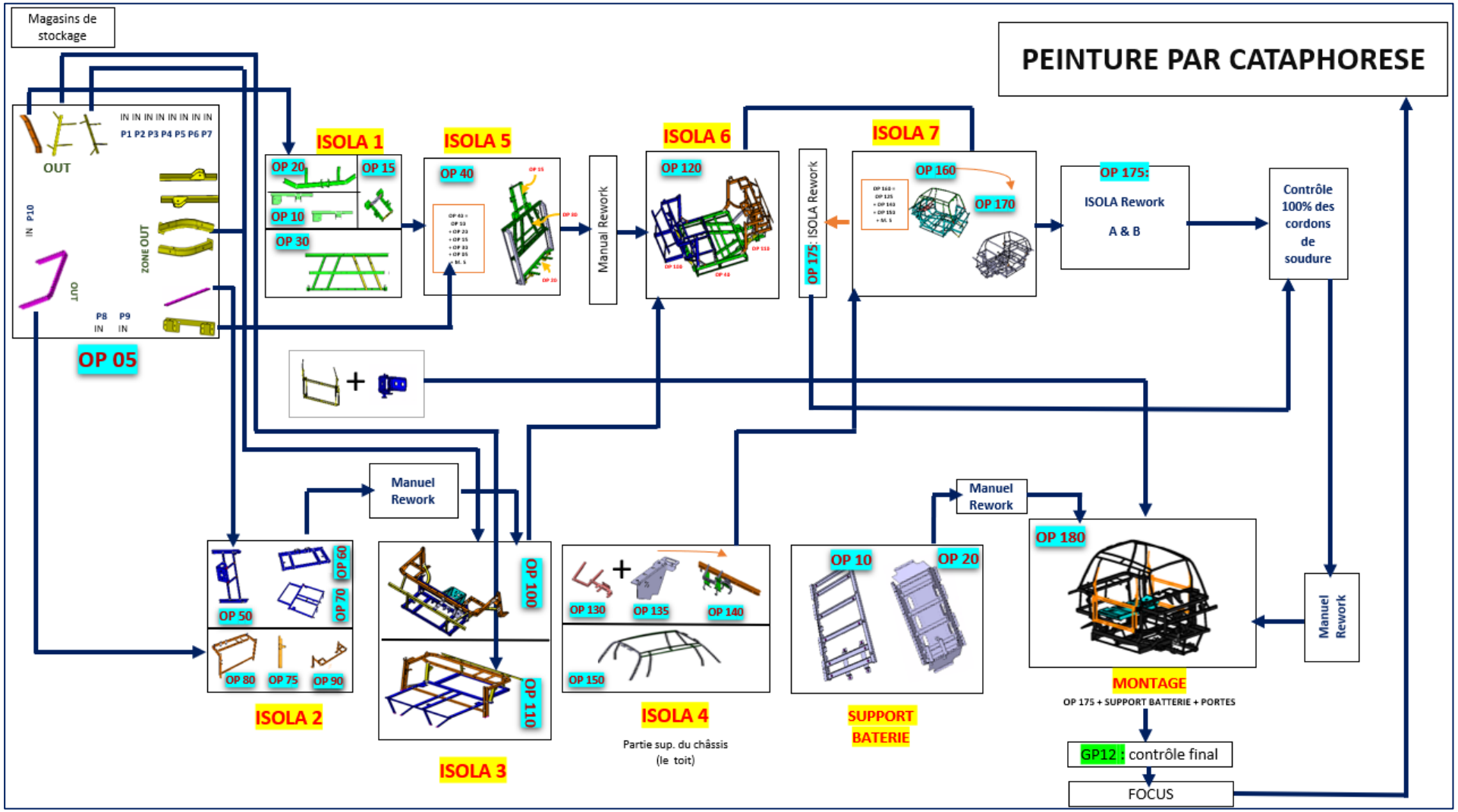


Figure 20: Flux de la ligne production O2C.

Ce flux contient 8 cellules de soudage robotisé appelé « ISOLA » (mot italien signifie île), et 5 cellules de retouche manuelle pour retoucher les cordons non conformes après le robot, on les appelle « ISOLA Rework », plus une cellule de montage manuel final, et 2 cellules de soudage manuel OP05 et OP175.

La ligne dispose de 58 opérateurs, répartis en trois shifts, chaque shift à 7.33 heures de travail par jour.

1.2. Synoptique des ISOLA's :

1.2.1. OP 05 :

On commence par l'OP05, qui est une opération de soudage manuel qui contient 10 postes de travail, 7 de soudage manuel et 3 pour l'ajout des écrous de masse par un Goujon de masse.

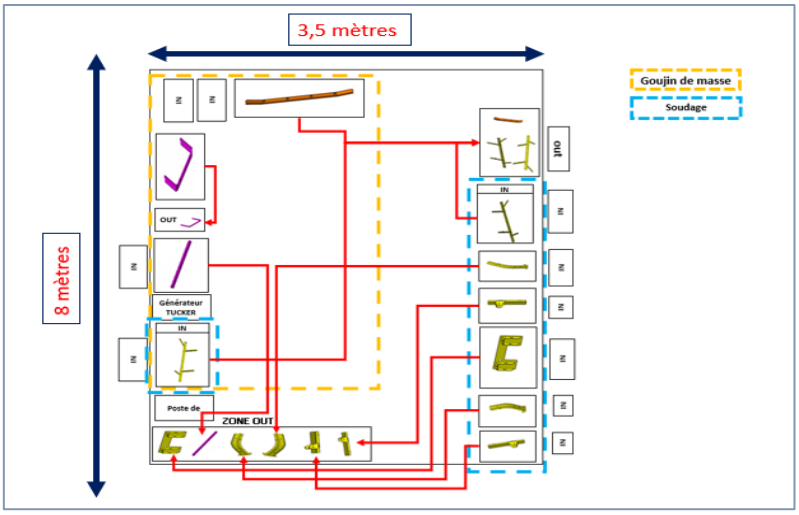


Figure 21: Layout OP05.

OP05 prépare les pièces de l'entrée des ISOLA 1, 2 ,3, et 5, comme montre en détails la figure 20.

1.2.2. ISOLA 1 :

Cette ISOLA dispose d'un robot de soudure avec deux tables qui travaillent en alternance, la première table prépare 3 pièces semi-finies OP10, OP15, OP20, alors que la deuxième table nous donne OP30.

OP10 rentre dans la préparation de OP15, tandis que tous les autres alimentent ISOLA 5.

L'opérateur de cette ISOLA, puisqu'il a un temps libre de soudage du robot, il s'occupe de monter la charnière sur les portes du châssis.

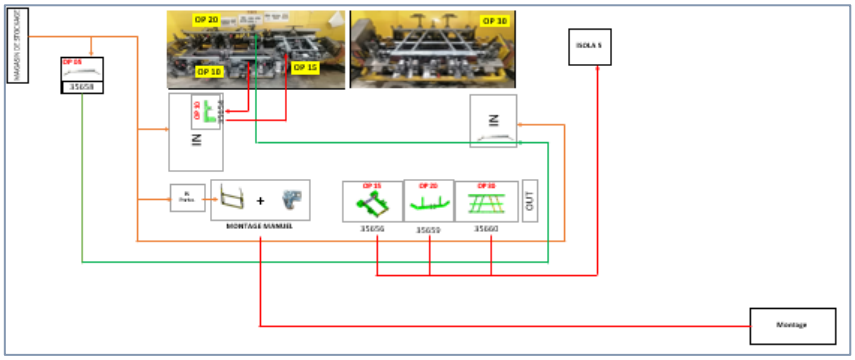


Figure 22: Layout ISOLA1.

1.2.3. ISOLA 2 :

Pareil à ISOLA 1, le robot de ISOLA 2 a deux tables de soudure, chacune de cette dernière prépare trois pièces semi-finies, ce qui nous donne 6 pièces semi-finis OP50, OP60, OP70, OP90 et OP75 qui rentre dans la constitution de OP80.

Ces pièces vont repassées dans ISOLA Rework, pour retoucher les cordons non conformes afin d'alimenter ISOLA 3.

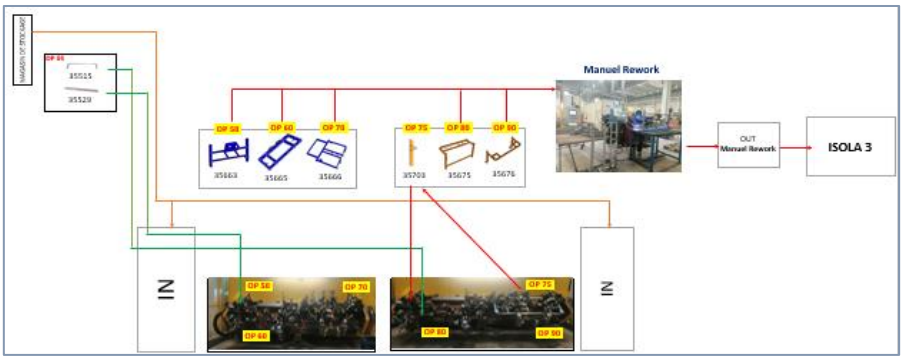


Figure 23: Layout ISOLA 2.

1.2.4. ISOLA 2 :

Cette ISOLA a deux tables de soudage, chaque table donne une seule pièce semi-finie OP100 et OP110. Ces deux SF alimentent ISOLA 6.

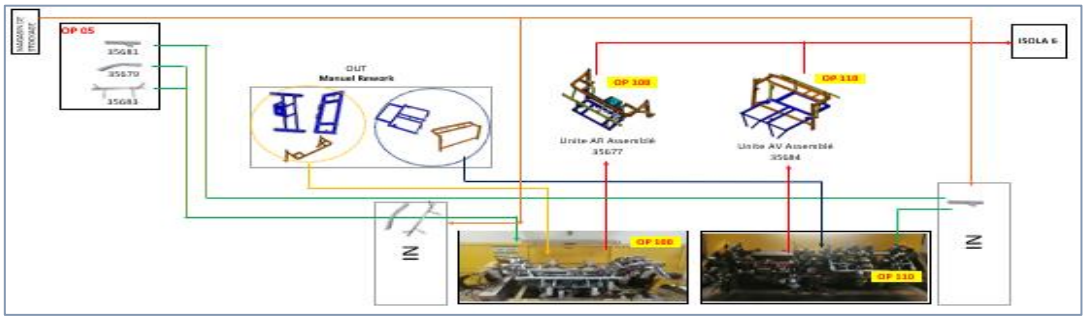


Figure 24: Layout ISOLA 3.

1.2.5. ISOLA 5 :

Dans cette ISOLA, on assemble les 3 pièces de ISOLA 1, dans une seule opération OP40, puisque nous avons dans ce robot une seule table, pour avoir le soubassement soudé. Ce dernier passe par un ISOLA Rework avant d'aller vers ISOLA 6.

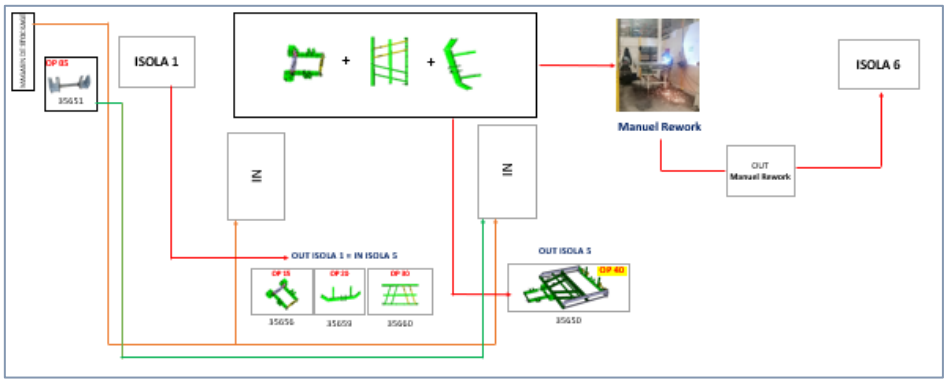


Figure 25: Layout ISOLA 5.

1.2.6. ISOLA 6 :

ISOLA 6 a une seule table de soudure, et nous donne comme produits semi fini la partie inférieure du châssis OP120, en assemblant le soubassement soudé OP40 avec la partie avant et arrière de ISOLA3.

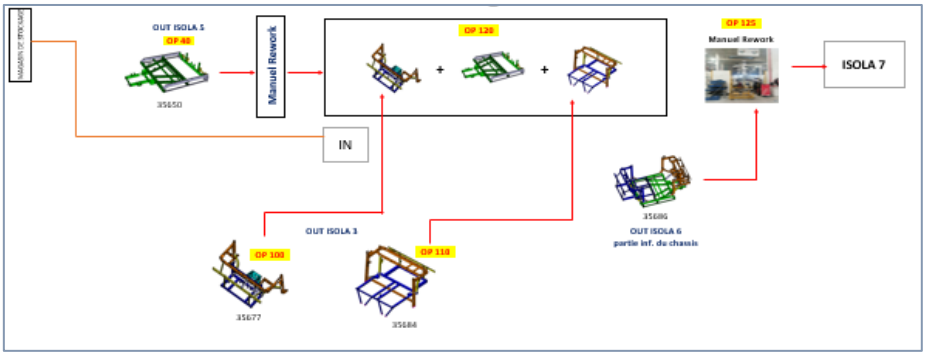


Figure 26: Layout ISOLA 6.

1.2.7. ISOLA 4 :

ISOLA 4 s'occupe de la partie supérieure du châssis, grâce à ces deux tables de soudure, on réalise 4 opérations OP150, OP140 qui constitué par les 2 autres pièces effectuées dans la première table OP130 et OP135.

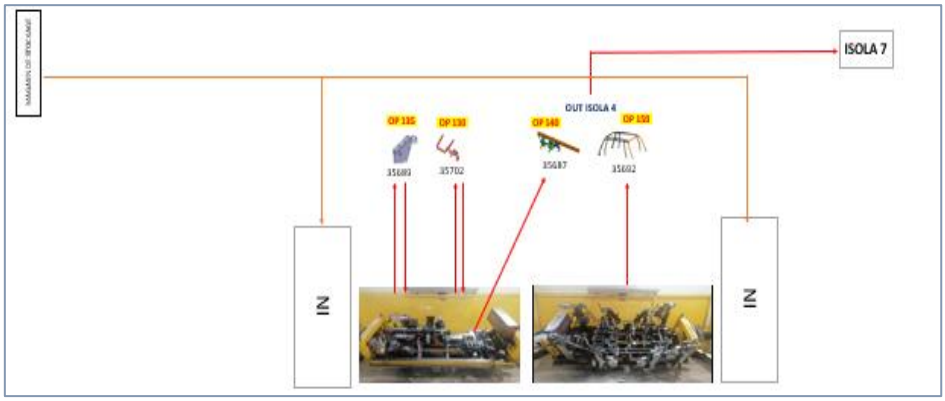


Figure 27 : Layout ISOLA 4.

1.2.8. ISOLA 7 :

Dans cette ISOLA, on peut parler d'un produit presque fini, puisque nous assemblons la partie inférieure de ISOLA 6 et la partie supérieure de ISOLA 4.

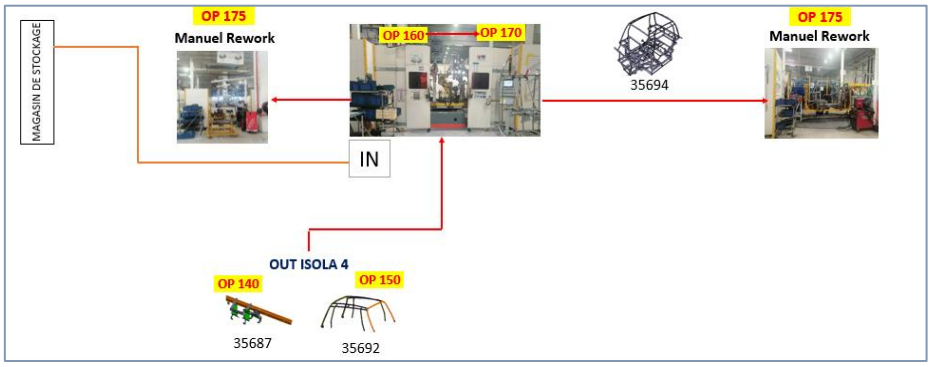


Figure 28: Layout ISOLA 7.

1.2.9. OP175 :

Le soudage dans cette cellule est manuel, dont on ajoute 15 composants au châssis plus quelques retouches pour les cordons NOK.

Pour faciliter ces retouches, on mit le châssis dans un JIG, qui permet aux opérateurs de tourner le châssis comme ils veulent.

Figure 29: Table du poste des retouches OP175.

1.2.10. ISOLA RACK BATTERY :

Cette ISOLA est dédiée au soudage du support de batterie, en deux opérations OP10 et OP20. Le support passe après par un poste de gavage pour graver le nom de la société PROMA, ainsi que le numéro de série, et ensuite aux retouches manuelles avant de passer au contrôle.

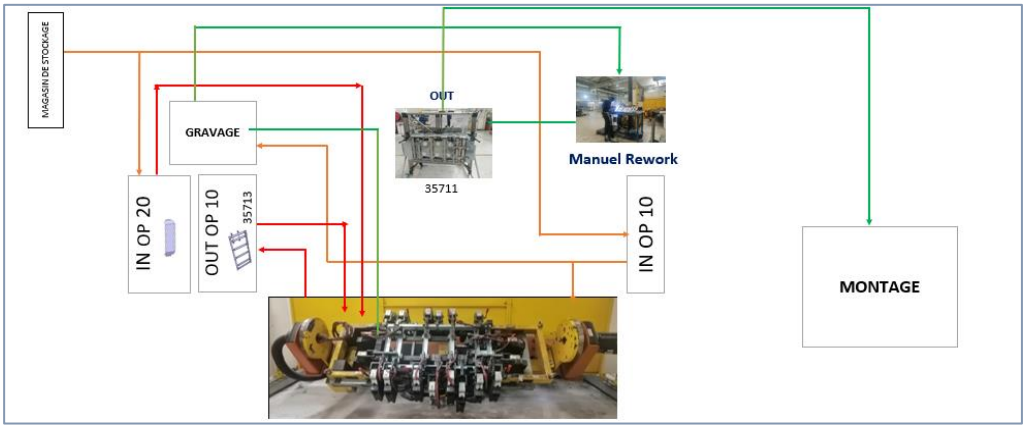


Figure 30: Layout ISOLA Rack Battery.

1.2.11. ISOLA MONTAGE :

Le châssis ici passe par un contrôle pour vérifier la conformité des cordons de soudure, après des retouches de soudage manuel de finition, et finalement le montage des portes et le support batterie.

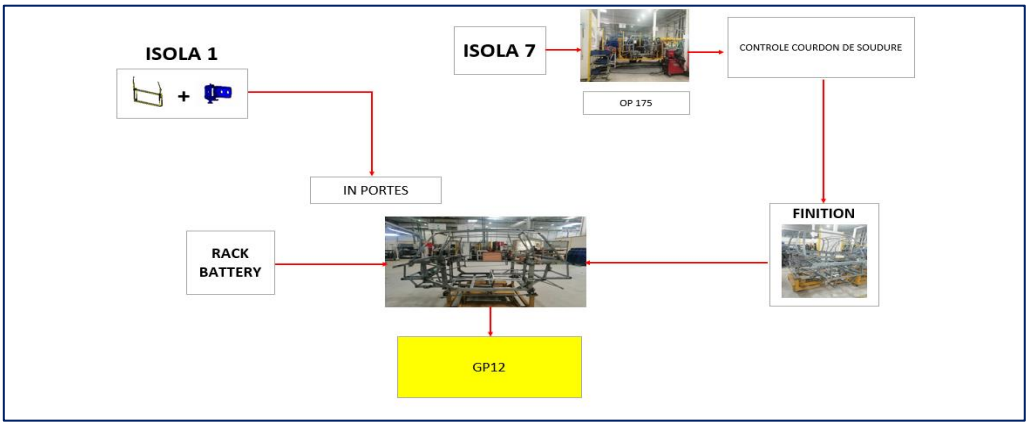


Figure 31 : Layout ISOLA Montage.

1.2.12. GP12 :

Cette phase est la dernière dans le cycle de production du châssis avant de passer à la peinture, donc il s'agit d'un contrôle de qualité final dans GP12 et le nettoyage dans FOCUS.

2. Diagramme bête à corne :

Le diagramme bête à corne a pour objectif de représenter graphiquement l'expression du besoin du client à travers 3 questions simples autour du sujet étudié :

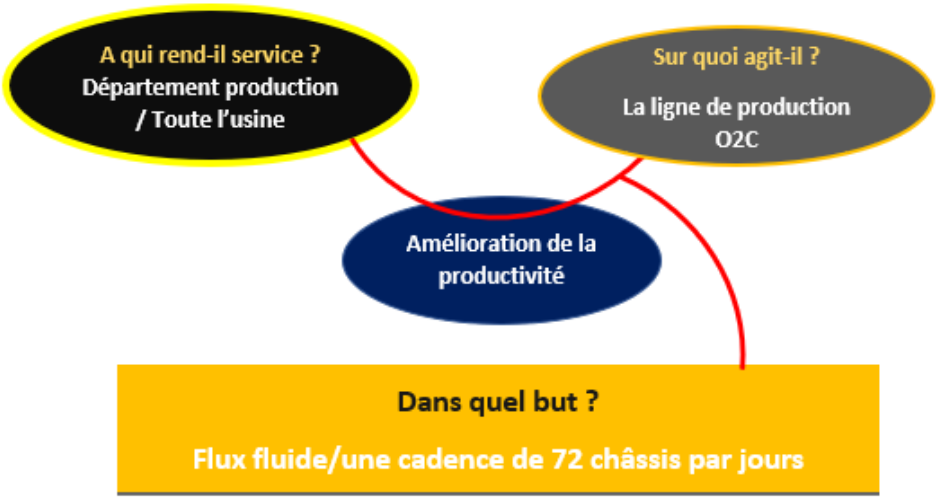


Figure 32: Diagramme bête à corne.

3. QQOQCP :

Afin d'identifier le périmètre de notre projet et mieux saisir les aspects essentiels du problème, j'ai choisi la méthode QQOQCP, pour détailler la problématique. Les informations

élémentaires obtenues sur les différentes dimensions du problème sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 14: Méthode QQOQCP appliquée à la problématique du détourage.

Donnée d'entrée	Comment améliorer la productivité au niveau de la ligne O2C ?
QUOI ? De quoi s´agit-il ?	Amélioration de la productivité.
QUI ? Qui est concerné ?	Les opérateurs, le service de production
OÙ ? Ou se situe le problème ?	La zone de soudage du projet O2C
QUAND ? Quand le problème a lieu ?	Depuis le démarrage du projet
COMMENT ? Comment mesurer le problème ?	Etudier les gaspillages dans le flux de production en déployant la démarche DMAIC et les outils de Lean management, 7 Muda, 6 sigma, Ishikawa et Pareto.
POURQUOI ? Pourquoi résoudre le problème ?	Pour optimiser le flux de production et l'espace de la zone afin d'améliorer la productivité et la cadence horaire.
Donnée de sortie	Quelles sont les actions d'amélioration retenues pour résoudre les problèmes et atteindre les objectifs ?

4. Gains prévisionnels :

Si les coûts sont difficiles à estimer dès le départ, il n'est pas plus aisé d'estimer les gains. En effet, une partie des gains est facilement identifiable, il s'agit des économies réalisées. Mais une grosse partie des gains est difficilement quantifiable, comme l'amélioration de l'image de la société auprès des clients. Pour ce qui est de notre problème, on se donnera comme objectif :

- Equilibrer les postes.
- Réorganiser le flux.
- Eliminer le gaspillage.
- Améliorer la cadence horaire.

II. Deuxième phase de DMAIC « Mesurer » :

Cette phase consiste à collecter les données, mesurer la performance du processus et sa variabilité. La mesure et la collecte des données doivent se faire de manière critique pour obtenir des résultats fiables.

1. Préparation à la collecte des données :

1.1. Brainstorming :

Après s'être réuni avec mon équipe, différentes exigences ont été citées :

- Il faut identifier les postes goulots ;
- Il faut identifier les sources de gaspillage ;
- Il faut décortiquer les opérations de chaque ISOLA pour identifier les NVA ;

A partir de ces exigences, j'ai pu suggérer les scénarios suivants :

- Faire une analyse de déroulement détaillée pour avoir une idée sur l'ensemble des taches effectuées par les opérateurs dans chaque opération de chaque ISOLA ;
- Etudier le cycle time de chaque ISOLA ;
- Calculer le Takt time ;
- Savoir la cadence de chaque ISOLA ;

1.2. Informer les opérateurs :

Avant de prendre les mesures, on informe les opérateurs, que le but n'est pas d'évaluer leur performance, mais plutôt de trouver des moyens pour améliorer le mode de travail, et rendre les taches moins fastidieuses.

1.3. Préparer les fiches de relevés :

Pour prendre les mesures d'une manière efficace, nous avons conçu une fiche de relevés, qui regroupe les taches élémentaires.

2. Analyse de déroulement :

L´analyse de déroulement permet d´avoir une vision sur l´enchaînement des taches pour réaliser une opération, le temps pendant lequel cette opération s'accomplit, et la distance parcourue par l´operateurs lors de réalisation de cette opération.

Le temps est mesuré mécaniquement, en observant le poste et l'exécutant, et ce à l'aide d'un chronomètre.

Pour avoir des résultats aussi précisent que possible, on mesure la durée de chaque opération 2 fois, par shift, pour en déduire le temps moyen.

Il est aussi important de souligner que les unités de temps généralement utilisées en chronométrage à l'entreprise PROMA INDUSTRIE sont exprimées en minutes.

Dans la suite, on résume les résultats trouvés après avoir appliqué cette analyse sur la ligne de production du projet O2C.

2.1. Chronométrage des ISOLA :

Tableau 15: Cycle time unitaire par ISOLA.

ISOLA	OP 05	ISOLA 1	ISOLA 5	MR 5	ISOLA 2	MR 2	ISOLA 3	ISOLA 6	ISOLA 4	ISOLA 7	OP 175	RACK BATERRY	MR RB	FINITION	GP12	FOCUS
CYCLE TIME UNITAIRE (min)	10	14	17	13,5	16	11,5	14	16	15,5	15,5	12	14	11	10,63	10	11

2.2. Les distances parcourues :

Tableau 16: distance parcourue par l'opérateur pour chaque ISOLA.

ISOLA	OP05	ISOLA 1	ISOLA2	ISOLA 3	ISOLA 4	ISOLA 5	ISOLA 6	ISOLA 7	RACK BATTERY	OP175	FINITION	GP12	FOCUS
Distance (m)	4,5	14	29	18	12	32	13,5	8	26	1,5	5	1,5	0
Temps (min)	1,08	3,541	8,74	5,2	3,4	8,45	4,075	1,99	7,89	0,4	1,42	0,524	0

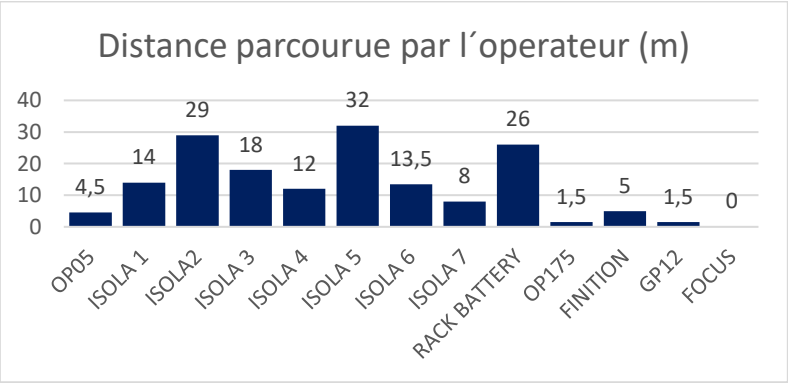


Figure 33: Distances parcourues par ISOLA.

2.3. Visualisation des premiers potentiels d'amélioration :

Certaines des étapes traversées par le flux physique transforment la matière et contribuent ainsi à créer de la valeur pour le client. D'autres ne sont pas créatrices de valeur. Ainsi une répartition de ces opérations a été faite selon ce critère : **VA**, **NVA**.

<u>Action à Valeur Ajoutée VA :</u> Une action qui change la nature, la forme, ou les caractéristiques d'un produit en lui apportant une plus-value réelle que le client est prêt à payer, dont le but est d'augmenter le ratio de ces actions.

<u>Actions à Non-Valeur Ajoutée NVA :</u> une action indispensable pour réaliser le produit au regard des contraintes internes ou externes à l'entreprise. Mais elle n'apporte aucune valeur au client. Ces actions on peut les diviser en deux types, NVA à réduire, il s'agit des actions qui n'apportent pas de valeurs au produit final, mais elles sont importantes pour la production de ce produit. Et NVA à éliminer, sont les actions qui n'apportent aucune valeur au produit final, et qui ne sont pas nécessaires dans la production.

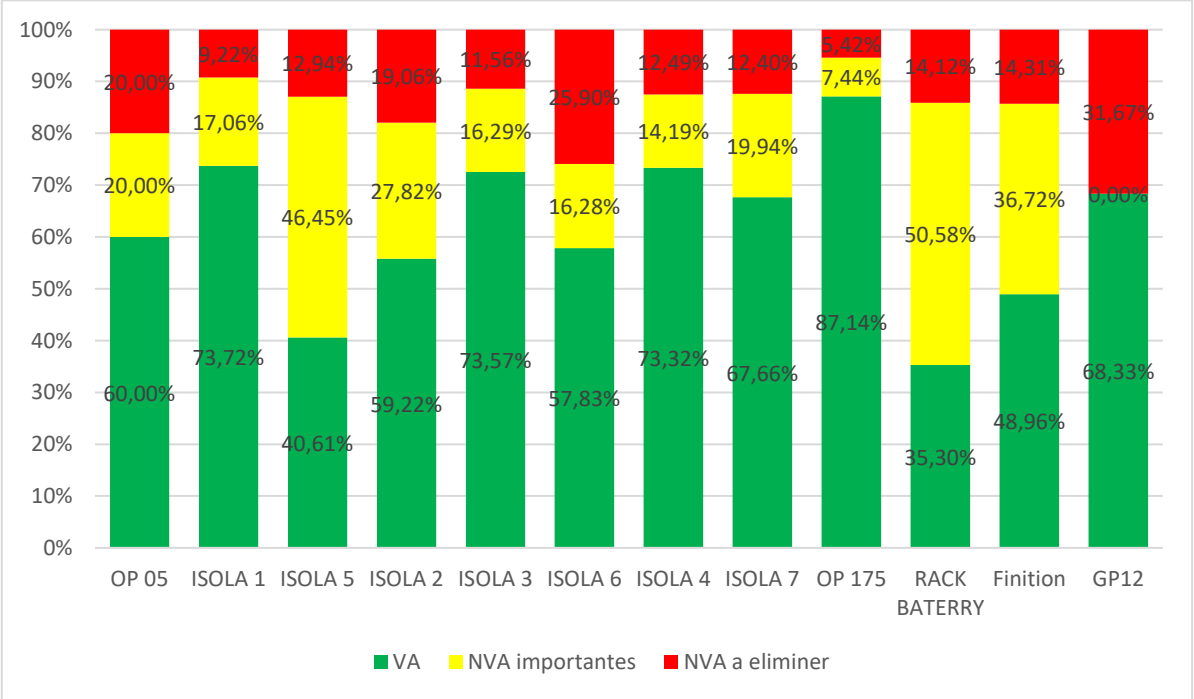


Figure 34: Pourcentage des actions VA et NVA de chaque ISOLA.

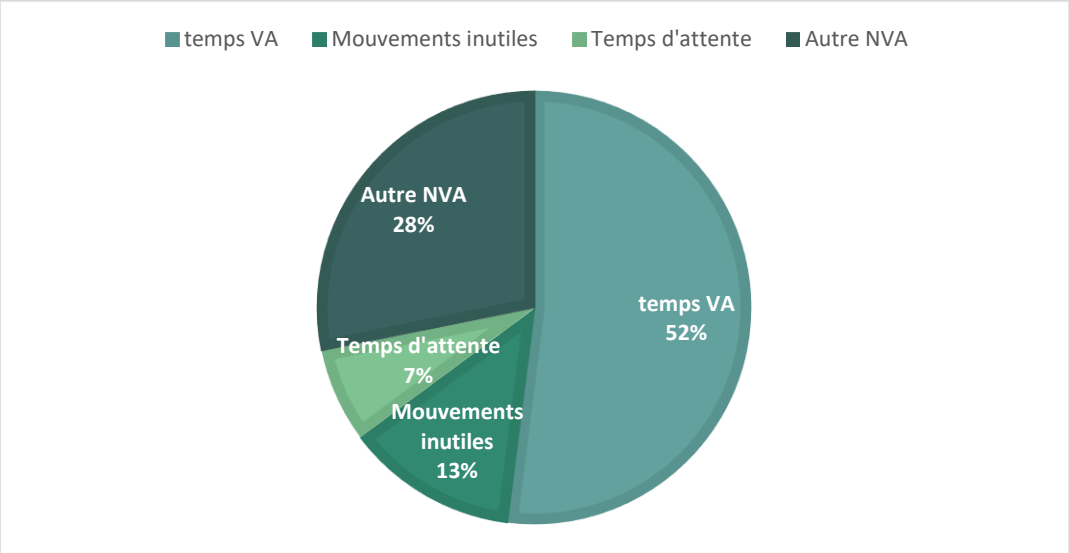


Figure 35: Pourcentage de temps de cycle total pour un châssis.

3. Calcul de Takt time :

Le temps unitaire disponible pour accomplir une tâche selon la demande client. Le Takt est le rythme sur lequel il faut se caler pour se mettre en phase avec la demande. (5)

Temps de travail disponible : temps d'ouverture :7.33 heures par shift et 3 shifts par jour.

La commande client : 72 châssis par jour.

$$\text{Takt time} = \frac{le\ temps\ d'ouverture}{la\ commande\ client} = \frac{7.33\times3\times60}{72} = 18.325\ min.$$

III. Troisième phase de DMAIC « Analyser » :

Le but de ce travail est de donner une idée plus claire sur quoi nous devons agir pour améliorer la productivité de la ligne O2C, d'après le graphe du chronométrage nous remarquons qu'il existe plusieurs pistes sur lesquelles nous pouvons agir afin d'atteindre notre objectif.

D'une part, nous devons travailler sur la réduction du temps de déplacement qui contribue d'une façon très claire dans l'augmentation du temps de travail de chaque opérateur, en plus nous sommes obligés de diminuer les pertes existantes dans le flux, et quand on parle des déplacements inutiles et des pertes, on peut généraliser ces termes en un seul qui est Muda.

1. Etude du cycle time :

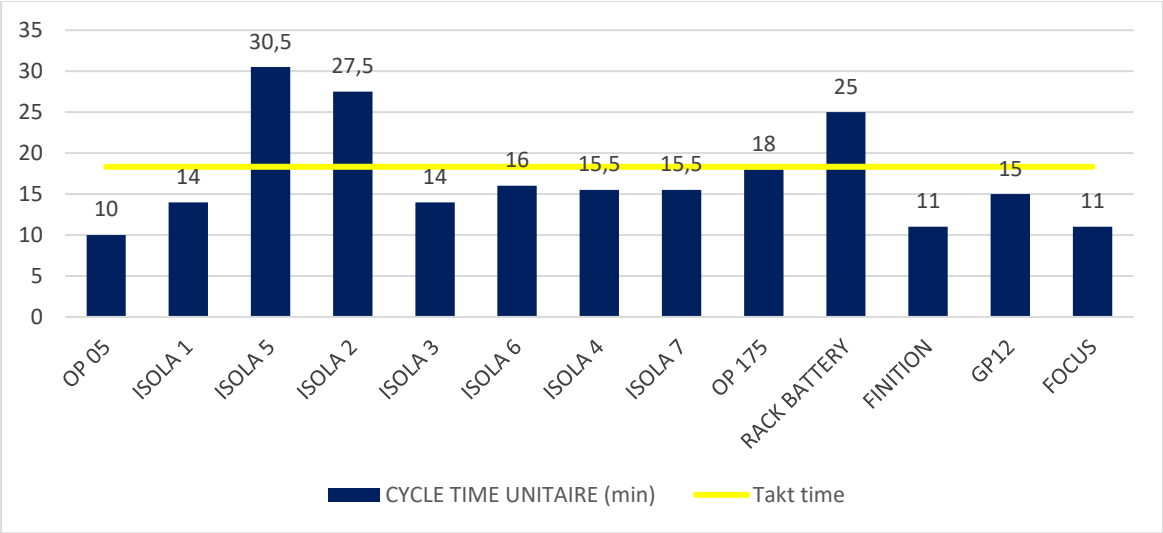


Figure 36: Cycle time unitaire par ISOLA.

D'après le graphe il est clair que les ISOLA's ne sont pas bien équilibrés et on remarque que ISOLA 5, ISOLA 2, ISOLA RACK BATTERY ont un cycle time élevé et qui dépasse le Takt time, tandis que les autres ISOLA sont un peu loin du Takt time, donc on a un problème des postes goulots. Ce qui nécessite une étude plus détaillée des problèmes de chaque ISOLA afin de bien équilibrer les postes et éliminer ces postes goulots.

1.1. Identification des postes goulots :

Un poste goulot est un poste de travail qui reçoit plus de travail que ce qu'il peut traiter à sa capacité de production maximale. Ces postes provoquent des interruptions du flux de travail et des retards dans le processus de production.

D'après la figure précédente, les postes goulots de cette ligne sont : ISOLA 5, ISOLA 2, et ISOLA RACH BATTERY. Chacun de ces postes est suivi d'un autre poste de soudage manuel, ISOLA REWORK, donc La première solution qui me vient à l'esprit est d'éliminer ces retouches manuelles. Or cela n'est pas facile, car ces retouches, d'une part, fait partie du process de fabrication qui est valide par le client, et d'une autre part, elles augmentent la qualité du châssis, et du coup, il faut chercher des autres causes autre que les postes des soudages manuels.

1.2. Diagramme Ishikawa :

Pour avoir une vision profonde sur tous les facteurs qui suspect de ce gaspillage, j´ai élaboré un diagramme Ishikawa.

Tableau 17: Classification des causes racines de gaspillage selon 5M.

5M	Causes racines du problème des postes goulots
Milieu	- Mauvaise exploitation de l'espace ; - Problème d'ergonomie des ISOLA.
Méthode	- Mode opératoire non équilibré ; - Beaucoup de matériels à déplacer par l'opérateur ; - Postes de travail non équilibrés, des goulots sont détectés.
Matériel	- Arrêt répétitif des ISOLA ; - Problèmes liés à la maintenance.
Main d'œuvre	- Formation insuffisante ; - Absentéisme ; - Manque de motivation ; - Lenteur remarquable dans l'exécution des taches délicates.
Matière	- Plusieurs variantes avec plusieurs composants ; - Encombrement des produits semi-finis ; - Les pièces sont mal positionnées.

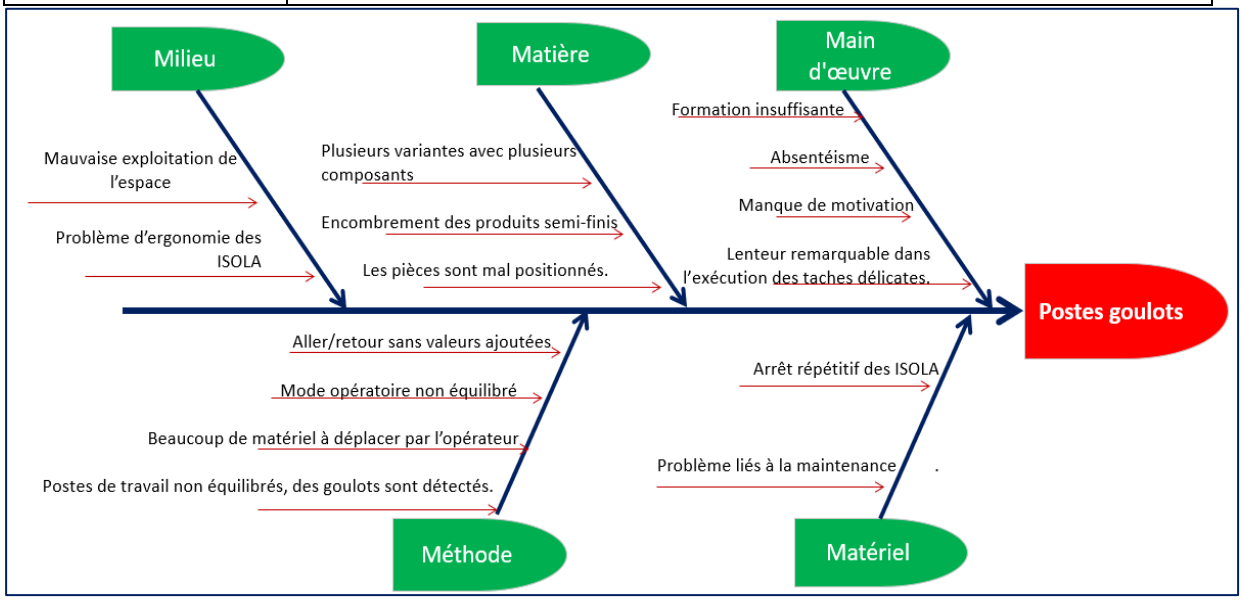


Figure 37: Diagramme Ishikawa pour analyser les postes goulots.

1.3. Les 5 Pourquoi :

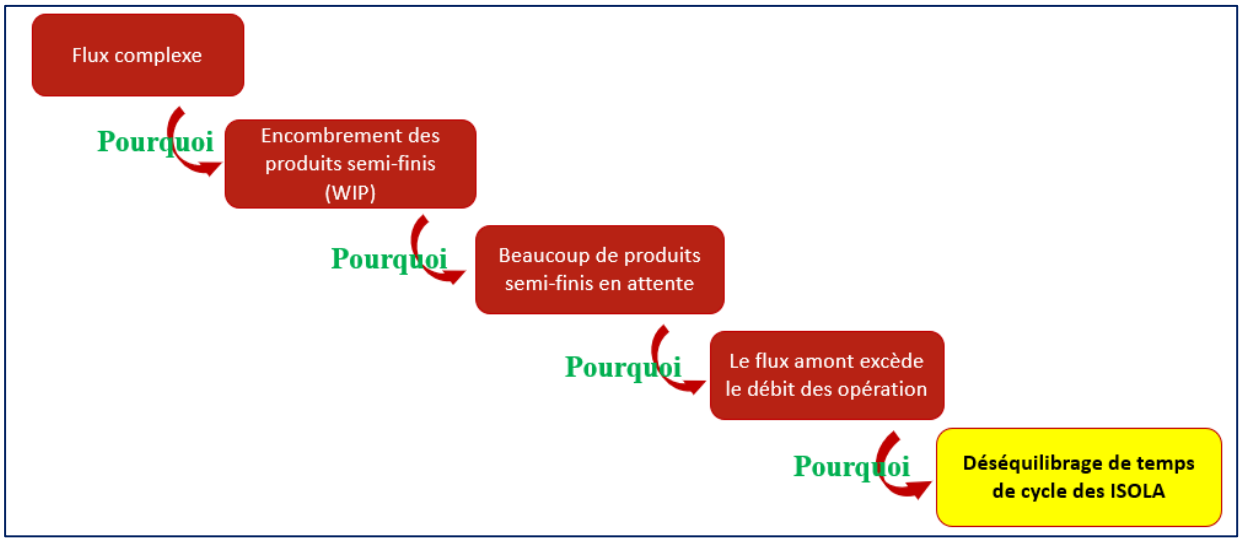


Figure 38: Les 5 Pourquoi.

Cette analyse nous a permis de dire que la cause racine des postes goulots est le déséquilibrage de temps des ISOLA.

2. Analyse de flux de déplacements :

2.1. Diagramme spaghetti :

Pour visualiser ses déplacements j'effectue un diagramme spaghetti pour chaque ISOLA et ISOLA Rework ; c'est une représentation des déplacements des opérateurs ou le cheminement d'objets physiques tels que la matière première ou les produits semi finis. Cette visualisation sert à identifier les flux redondants, les croisements récurrents et à mesurer le trajet parcouru par chaque produit ou personne.

Comme il est déjà montré sur les diagrammes de spaghetti (Voir l'annexe 2) et le graphe des distances parcourues par l'opérateur, on a un chevauchement des déplacements qui rend le trajet des produits semi-fini long et complexe.

Les temps de ces déplacements sont bien visualisés par le graphe suivant :

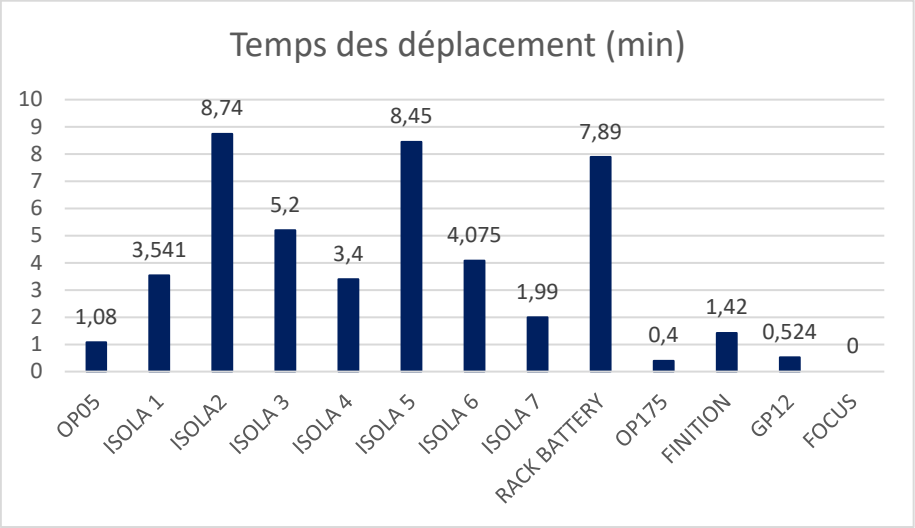


Figure 39: Temps des déplacements.

2.2. Diagramme Pareto :

Afin de bien montrer les postes dans lesquels l´opérateur fais plusieurs va et viens inutiles, j'ai réalisé un diagramme de Pareto :

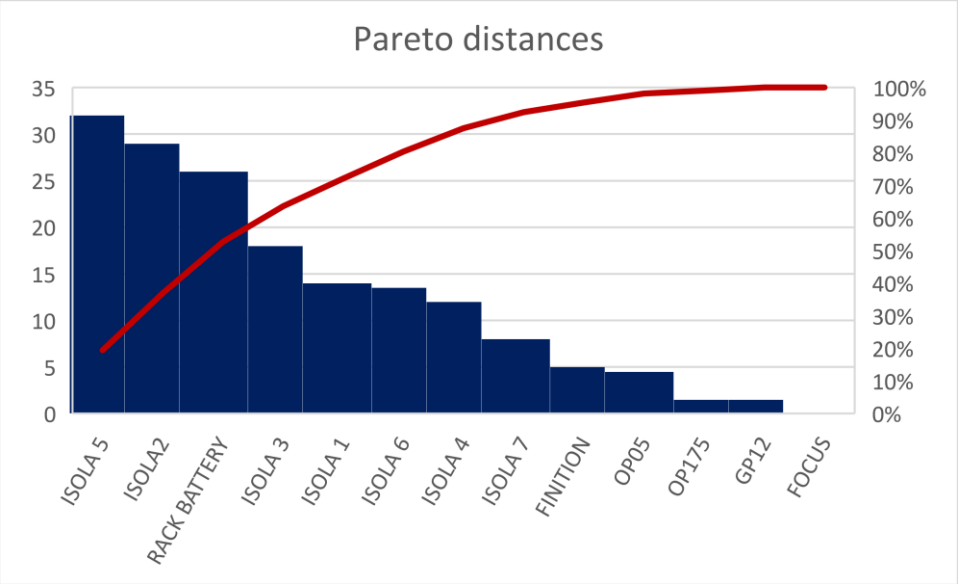


Figure 40: Temps des déplacements.

Ce diagramme montre que nous devons agir sur les 3 postes ISOLA5, ISOLA2, et ISOLA RACK BATTERY.

2.3. Diagramme Ishikawa :

L'étape qui suit la réalisation de diagramme Pareto est l'élaboration d'un diagramme ISHIKAWA global pour mettre en évidence l'ensemble des causes racines des problèmes majeurs impactant la productivité de la ligne de production.

Figure 41: Classification des causes racines de gaspillage selon 5M.

5M	Causes racines du problème des postes goulots
Milieu	- Mauvaise exploitation de l'espace ; - Problème d'ergonomie des ISOLA.
Méthode	- Aller/retour sans valeur ajouté. - Mode opératoire non équilibré ; - Beaucoup de matériels à déplacer par l'opérateur ; - Postes de travail non équilibrés, des goulots sont détectés. - Certaines pièces attendent.
Matériel	- Arrêt répétitif des ISOLA ; - Problèmes liés à la maintenance.
Main d'œuvre	- Formation insuffisante ; - Absentéisme ; - Manque de motivation ; - Lenteur remarquable dans l'exécution des taches délicates.
Matière	- Plusieurs variantes avec plusieurs composants ; - Encombrement des produits semi-finis ; - Les pièces sont mal positionnées.

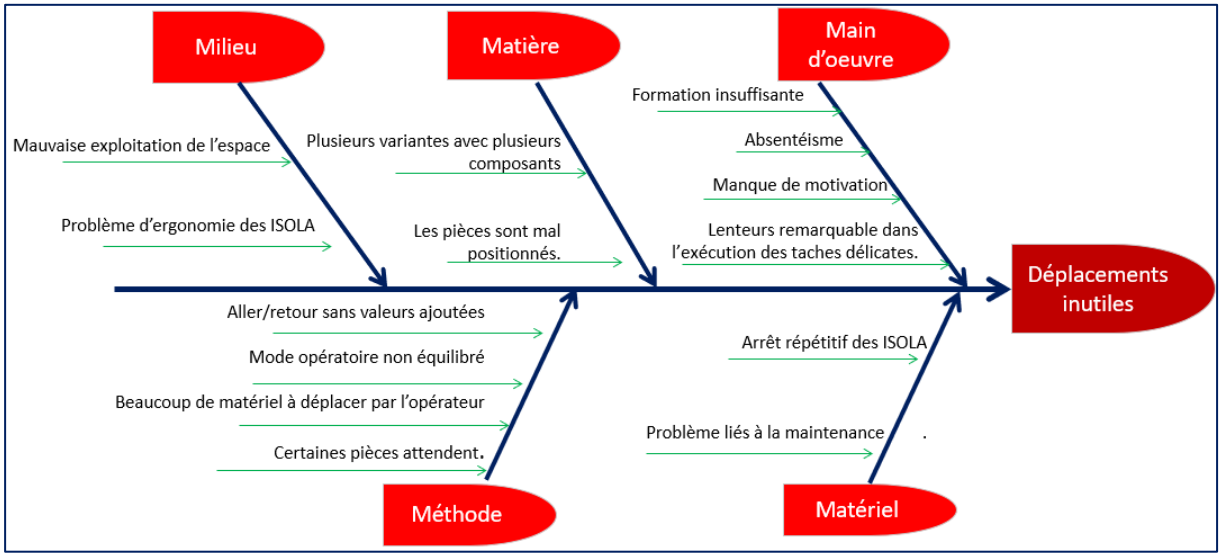


Figure 42: Diagramme Ishikawa pour analyser les déplacements inutiles.

2.4. Les 5 Pourquoi :

Pour savoir la cause racine de ces mouvements inutiles, nous utiliserons la méthode des 5 pourquoi :

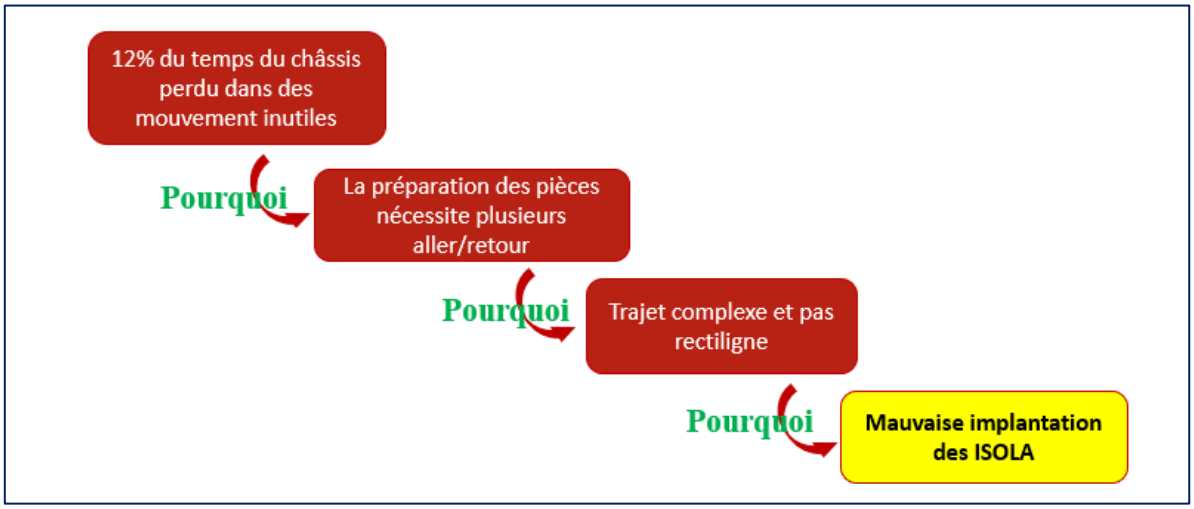


Figure 43: Les 5 Pourquoi.

L´analyse des 5 pourquoi a donné comme résultat que la cause racine de ces déplacements inutiles est la mauvaise implantation des ISOLA.

Conclusion :

Dans ce chapitre, j'ai défini en premier lieu le périmètre d'étude pour avoir une vision claire sur la ligne de production O2C.

En deuxième lieu j'ai mesuré la performance du processus pour pouvoir classer les ISOLA par criticité et commencer par les plus critiques. Après tout cela, j'ai abordé la phase d'analyse des problèmes, pour déterminer leurs causes racines.

Les résultats obtenus seront mis à profit dans le chapitre suivant et serviront à la conduite de la phase d'amélioration de la situation.

CHAPITRE IV :

Mise en place des solution et stratégie d'amélioration

Introduction :

Ce chapitre résume l'ensemble des actions et solutions améliorives, leur étude et mise en place que nous avons jugés efficaces pour atteindre les résultats désirés.

Pour atteindre nos objectifs, j'ai utilisé l'outil PDCA, en présentant en premier lieu la solution proposée et son étude, élaborant son plan des actions, et finalement le déroulement de la réalisation de ces actions.

I. Amélioration du processus :

D'après les données analysées, et les problèmes trouvées comme le déséquilibrage du temps des ISOLA, les WIP non métrisés, ainsi que les autres MUDA détectées, nous avons décidé de modifier le processus de soudage, puisque l'équilibrage du temps sera difficile vu que la capacité et la mission de chaque ISOLA est différentes des autres.

Commençant par le premier poste goulot, ISOLA 5, qui provoque une interruption du flux de travail et des retards dans le processus de production. Pour se prémunir contre ces problèmes, j'ai proposé d'annuler le poste de retouche qui vient après cette ISOLA, et de retoucher OP15, OP20, OP30, directement avant d'entrer dans ISOLA 5.

Les cordons de soudures restées vont être laisser au poste de soudage manuel OP175.

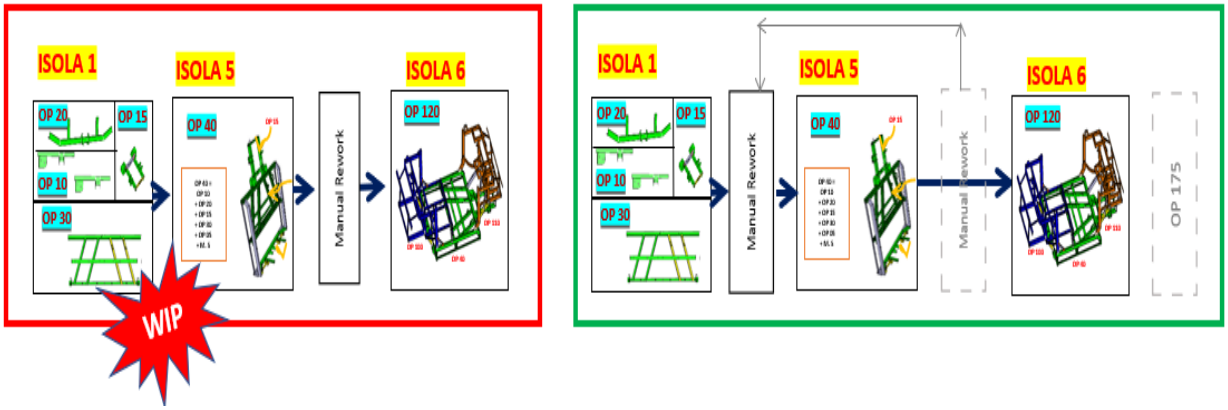


Figure 44: Processus de soudage avant et après modification.

1. Evaluation de l'état actuel de ISOLA 5 :

Tableau 18: Evaluation de l'état actuel de ISOLA 5.

Etat actuel	Etat souhaité
Temps des retouches après ISOLA 5 13,5 min	Temps des retouches avant ISOLA 5 6,75 min
Temps de cycle de ISOLA 5 : 30,5 min	Temps de cycle de ISOLA 5 : 23,25 min
Encombrement des WIP entre ISOLA1 et ISOLA5 et non-respect de FIFO.	WIP maitrisé
Déplacements inutiles	Moins de déplacements inutiles
Nombre des cordons NOK élevé	Moins des cordons NOK
21 Pièces/shift	23 Pièces/shift

2. Gestion des risques :

Ce changement de processus peut provoquer quelques problèmes. Pour cette raison, j'ai élaboré un plan visant à minimiser et à maitriser ces risques.

Tableau 19: Risques possibles.

Risque possible	Cause	Actions à mettre en place
Déformation des SF de ISOLA 1.	Le soudage des pièces unitaires.	- Préparation d´un mode opératoire à suivre lors des retouches. - La conception d´une table compatible pour ces retouches.
Innascibilité des cordons de soudure dans OP175.	L´ajout des cordons de soudure de OP40.	Laisser les cordons de OP40 a la finition.
Augmentation de temps de cycle de OP175.		Laisser les cordons de OP40 a la finition.

3. Plan d'action pour le changement du processus :

Après avoir réuni et validé cette proposition, je suis mis en accord avec l'équipe de travail pour l'implémentation des actions listés dans le plan d'actions suivant :

Tableau 20: Plan d'action pour le changement du processus.

	Action		Delai		Pilot	Etat d'avancement			
			debut	fin		25%	50%	75%	100%
1	Definition du layout	Analyse de layout actuel	14-avr.		EL OUARDI Nouhayla				
		Prise de mesures	14-avr.		EL OUARDI Nouhayla				
		Propositions des nouveaux layout	19-avr.		EL OUARDI Nouhayla				
		Validation de layout	20-avr.		ZARROUI Abdellah				
2	Chronometrage de l'état actuel	Definition des taches periodiques	22-avr.		ZARROUI Abdellah				
		Definition des taches standards			EL OUARDI Nouhayla				
		Chronometrege des taches pour OP40	24-avr.		EL OUARDI Nouhayla				
		Chronometrege des taches pour les retouches de OP40	25-avr.		EL OUARDI Nouhayla				
3	Identification des cordons de soudure a retoucher	Identification des cordons de soudure de ISOLA 1	22-avr.		KHADDAOUI Hamza				
		Identification des cordons a risque de retouches apres ISOLA1	23-avr.		KHADDAOUI Hamza				
		Preparation d´un mode operatoire de soudure pour les retouches de ISOLA1	28-avr.	2-mai	EL OUARDI Nouhayla				
		Validation du mode operatoire	2-mai		ZARROUI Abdellah				
4	Identification des cordons non accessible a retoucher OP175	Conmmunication du plan OP175	19-mai		EL OUARDI Nouhayla				
		Identification des cordons non accessible			EL OUARDI Nouhayla BOUATRA Mehdi				
5	Lancement du chassis test	Verification geometrique du chassis test	19-mai		géomètre				
		Chronometrage des operations	19-mai	23-mai	EL OUARDI Nouhayla				
6	Organisation du poste de finition	Proposition d'un mouveau support du chassis	25-mai		EL OUARDI Nouhayla				
		Validation	27-mai		BOUATRA Mehdi				

4. Actions mise en place :

4.1. Modification de Layout

Ce changement pour qu'il soit plus efficace, nous devons agir sur le maximum possible des facteurs qui influent la production à savoir la mauvaise implantation des postes et les mouvements inutiles que nous avons détectés lors des analyses effectuées dans le chapitre précèdent.

Pour cela j'ai proposé un nouveau layout, qui assure un flux assez fluide que le flux actuel, avec moins de déplacements, en changent l'emplacement des inputs et outputs de la MP et ajoutant une troisième table des SF. Cette dernière, sert à déposer les outputs de ISOLA 1 qui seront les inputs de ISOLA Rework 5.

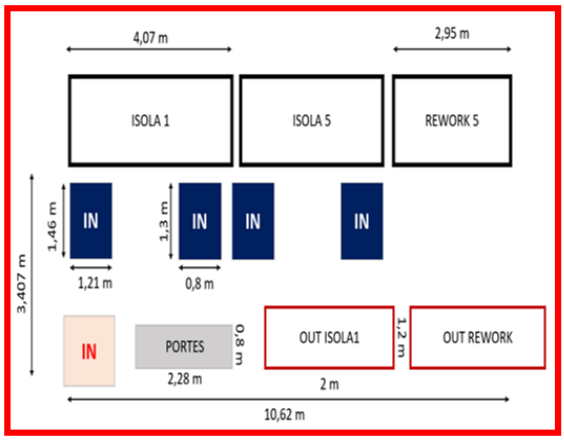


Figure 45: Layout avant la modification.

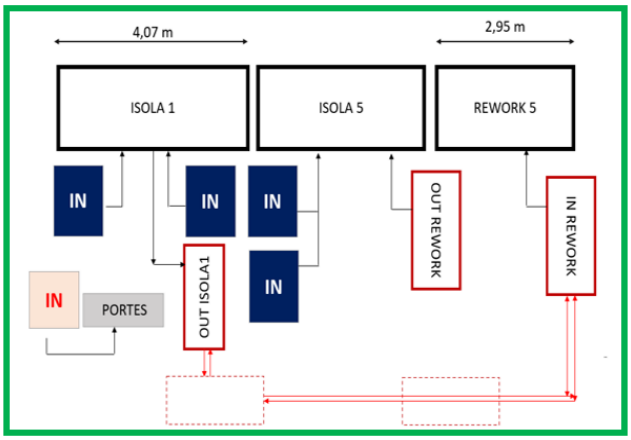


Figure 46: Layout après la modification.

Le nouvel enchainement des taches de l'opérateur de ISOLA 1 est présenté dans le tableau suivant :

Tableau 21: Le nouvel enchainement des taches de l'opérateur de ISOLA 1.

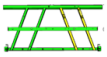
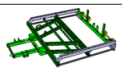
					Description	Distance (m)
					L'operatur 1 lance le soudage automatique de ISOLA 1	0
					L'operatur 1 mit les outputs dans la table 1	1,5
					L'operatur 1 se deplace avec la table 1 vers la zone des input Rework 5	3
					L'operatur 1 remplace la table vide 2 des inputs de Rework par la table 1	0
					L'operatur 1 revient a sa zone avec la table vide 2	3

4.2. Identification des cordons de soudure à retoucher :

4.2.1. Identification des cordons de soudure de ISOLA1 et ISOLA5 :

Afin de pouvoir retoucher les SF de ISOLA 1, il est nécessaire de connaître d'abord les cordons de soudure de cette ISOLA, et surtout les cordons non conformes qu'on doit retoucher avant de passer à ISOLA 5. Le tableau suivant regroupe le nombre des cordons de soudure de chaque opération.

Tableau 22: Cordons de soudures de ISOLA 1 et ISOLA 5.

ISOLA	Operation	Photo	Ref.	Nombre totaldes cordons par ISOLA	Nombre total des cordons par operation	Nombre des cordons NOK par operation	Nombre des cordons NOK par ISOLA
ISOLA 1	OP 10		35654/35653	103	14	3	34
	OP 15		35656		25	12	
	OP20		35659		10	2	
	OP30		35660		54	19	
ISOLA 5	OP40		35650	117	117	24	24

Ceci dit, nous devons retoucher 34 cordons de soudures avant de passer à ISOLA 5, cependant ces cordons ne sont pas tous accessibles, car OP30 a deux codons à ne pas retoucher vu qu'il y a un risque de déformation de la pièce.

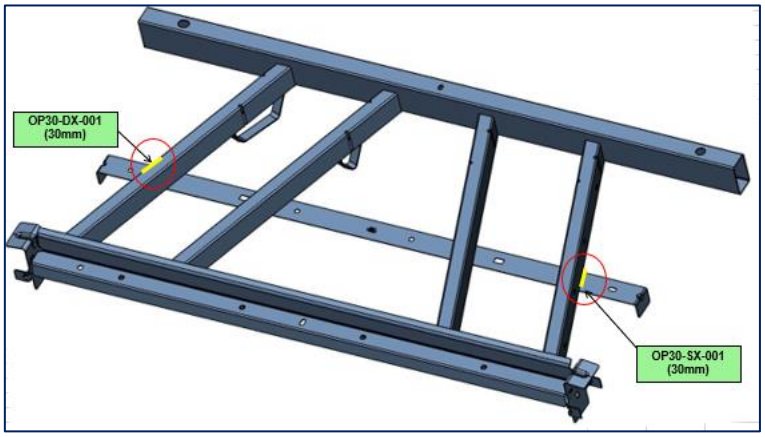


Figure 47: Cordons critiques à ne pas retoucher pour OP30.

4.2.2. Préparation d'un mode de soudure pour les retouches des pièces OP15/OP20/OP30 :

Vu qu'il s'agit d'une nouvelle opération, nous avons élaboré une instruction de travail pour éviter la déformation des SF lors des retouches manuelles. Pour garder l'équilibre, l'opérateur commence à retoucher les cordons de soudures non conformes en alternant entre les deux cotés de la pièce. (Voir annexe 3 : Mode opératoire des retouches après ISOLA1)

4.2.3. Identification des cordons non accessibles à retoucher OP175 :

Apres avoir appliquer ce changement, nous avons constaté une augmentation du nombre de cordons de soudure NOK, à cause de l'inaccessibilités des quelques cordons restants de ISOLA 5 à la table de OP175.

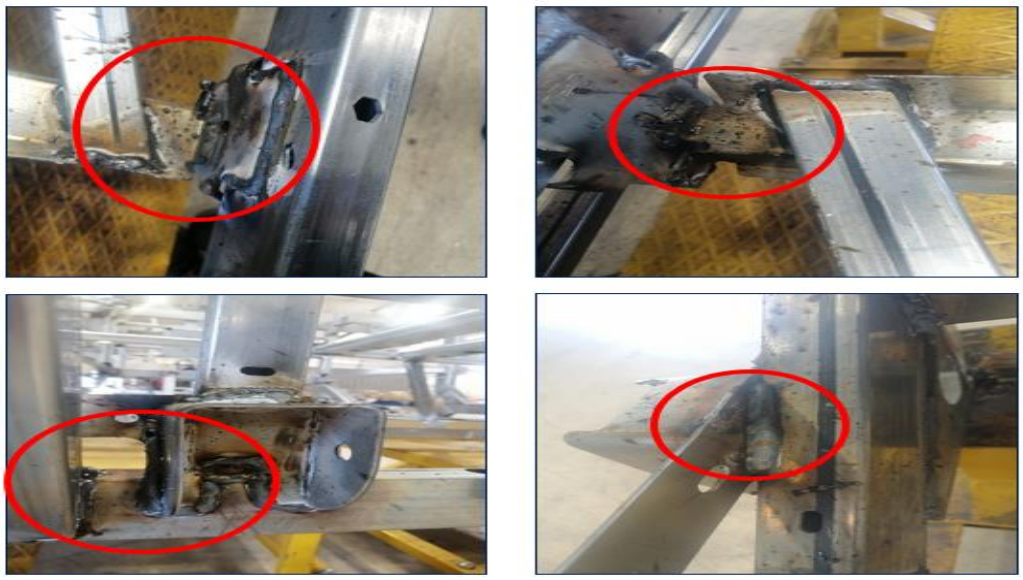


Figure 48: L'apparition des nouveaux cordons de soudures NOK.

Ce qui nous a amenés à laisser ces cordons au dernier poste de finition, et par la suite identifier les cordons qui vont être retoucher à OP175 et ceux qui qu'on doit laisser à la finition, pour éviter toute confusion. (Voir l'annexe 4 : Instruction de travail OP175 et l'annexe 5 : Instruction de travail finition du châssis).

4.3. Réorganisation du poste des retouches des finitions du châssis :

Le poste de finition est dédié aux petites retouches finales du châssis avant la phase de peinture, donc pour que ce poste soit capable à retoucher des cordons de soudure, nous

devons réorganiser ce poste et créer plus d'espace pour les châssis puisque la cadence de production a augmenté après le changement du processus, pour éviter l'encombrement des châssis, et l'apparition des nouveaux postes goulots.

Vu que les temps de cycle des ISOLA's n'est pas équilibré, donc leurs cadences de production ne sont pas harmoniques, surtout au niveau de la partie final du flux, et par la suite, cela provoque des interruptions de production et des encombrements des châssis qui rendent le flux complexe. Donc, nous avons dû réorganiser ce dernier et spécialement les mouvements entre le poste des finition, GP12 et poste FOCUS, pour cela je vais laisser ce réaménagement du poste de finition à la partie finale de la réorganisation de tout le flux de la ligne de production du projet O2C.

II. Diminutions des déplacements inutiles de ISOLA 2 :

ISOLA 2 ainsi que son poste de retouche constitue l'un des postes goulots les plus critiques, à cause des pourcentages des MUDA détecté au niveau de ce poste.

Le but de cette partie est de mettre en place des outils d'amélioration pour remédier ces problèmes et réduire ces MUDA.

1. Evaluation de l'état actuel de ISOLA 2 :

Tableau 23: Evaluation de l'état actuel de ISOLA2.

Etat actuel	Etat souhaité
Temps des retouches 11,5 min	Temps des retouches 8,39 min
29 m des déplacements inutiles	Moins de déplacements inutiles
Temps de chargement/déchargement élevé	Temps de chargement/déchargement masquée
Mauvaise implantation de poste	Implantation optimale
Encombrement des pièces semi-finis	Flux organisé
24 Pièces/shift	27 Pièces/shift

2. Gestion des risques possibles :

La mise en place des solutions peut confronte des imprévus que nous devons gérer et minimiser.

Tableau 24: Risques possibles.

Risque possible	Cause	Actions à mettre en place
Mauvaise synchronisation des taches.	Mauvaise méthode de travail	Former les opérateurs ; Suivre les standards de travail.
Déformation des pièces lors de chargement.	Désordre des pièces dans le chariot	La conception d´un chariot compatible pour les pièces semi-finis
Espace insuffisant	Les aller/retour du chariot	Changement de layout

3. Plan d'action :

Le déroulement de la réalisation des actions est planifié comme suit :

Tableau 25: Plan d'actions.

	Action		Delai		Pilot	Etat d´avancement			
			debut	fin		25%	50%	75%	100%
1	Etude ergonomique	Prise des mesure	6-mai		EL OUARDI Nouhayla				
		Modification du layout	10-mai		EL OUARDI Nouhayla				
		Validation	10-mai		ZARROUI Abdellah				
2	Conception du chariot	Prendre les mesure des pieces a mettre dans le chariot	6-mai		EL OUARDI Nouhayla				
		Propositions de plusieurs concepts	11-mai	13-mai	EL OUARDI Nouhayla				
		Validation d'un concept	13-mai		Team leaders de la ligne				
3	Realisation d'un chariot test	Preparation du chariot	13-mai	16-mai	EL OUARDI Nouhayla				
		Validation	18-mai		EL OUARDI Nouhayla				
4	Standarisation d'utilisation	Identification des positions des pieces dans le chariot	18-mai	19-mai	EL OUARDI Nouhayla				
		Elaboration d'un mode d'utilisation	19-mai		EL OUARDI Nouhayla				
		Validation et formation des operateurs	20-mai		EL OUARDI Nouhayla				

4. Actions mise en place

4.1. Amélioration de l'ergonomie du poste :

L'étude ergonomique de ISOLA 2 montre que nous avons un problème au niveau des outputs de ce poste, ce qui implique un encombrement des WIP et des difficultés des déplacements. Dans ceci, j'ai proposé un nouvel Layout qui prends en considération un espace plus suffisant pour les outputs.

Les figures suivantes montrent les modification apportées sur le layout.

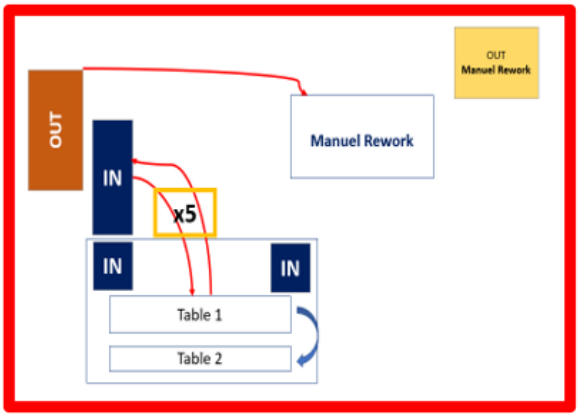


Figure 49: Layout avant la modification.

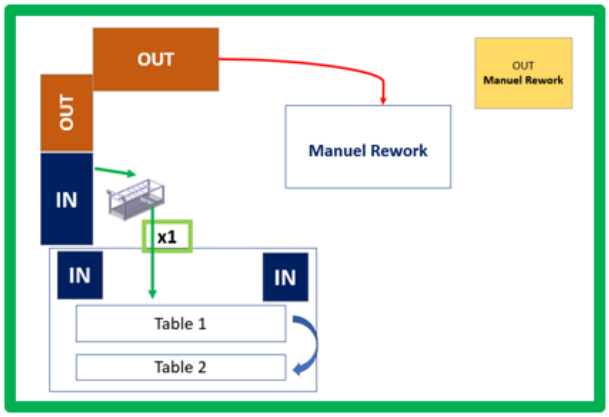


Figure 50: Layout après la modification.

4.2. Conception d'un chariot de chargement de la MP

Comme il est indiqué dans la partie analyse, on a plus de 30 minutes perdus par shift dans les mouvements inutiles effectués par opérateurs, lors de chargement de la MP et déchargement des SF pour la réalisation des opérations. Afin d'éliminer ces MUDA, j'ai travaillé sur la conception d'un chariot pour transporter les SF et diminuer les allers-retours inutiles des opérateurs.

L'utilisation de ce chariot aide à éliminer 60% des déplacements MUDA, en rassemblant toutes les pièces nécessaires pour les opérations du poste d'un seul coups, au lieu de faire des allers-retours inutiles.

Dans ce qui suis, on présente les différentes étapes suivies pour valider cette proposition, choisir le concept optimal, le tester et passer à la réalisation.

i. Validation de solution :

Après avoir réuni avec mon équipe pour discuter cette proposition, Ils ont unanimement convaincu de l'importance de cette idée et de sa capacité à améliorer la productivité et chasser les gaspillages.

Ensuite, je me suis adressé aux opérateurs, puisse que sont les plus concernés par ce chariot, ils ont confirmé qu'ils ont effectivement besoin d'un moyen pour faciliter le chargement des pièces dans les postes.

ii. Besoin et attentes :

Si les besoins de base sont mal définis, les exigences, notre chariot n'apportera pas de réponse pertinente et notre solution se révélerait inutile, car inadaptée ou hors sujet. Pour cela pour bien identifier et formaliser les besoins de base j'ai utilisé les outils suivants :

- ✓ <u>Brainstorming :</u>

Une séance de brainstorming avec l'équipe, ainsi que les opérateurs de la ligne de soudage du projet O2C, a récolté les besoins suivants :

- Permettre de charger les pièces à charger dans le robot.
- Eliminer les MUDA ;
- Collecter toutes les pièces nécessaires ;
- Faciliter les déplacements ;
- Optimiser la surface ;
- Optimiser le temps ;
- Optimiser l'énergie de l'opérateur ;
- Respecter les standards de sécurité pour l'utilisateur ;
- Assurer la protection des pièces transportées ;
- Respecter l'espace disponible ;
- Diminuer les allers-retours ;
- Booster la motivation de l'opérateur.

- ✓ <u>Bête a corne :</u>

Ce diagramme sert à mener une analyse fonctionnelle du besoin. Pour établir notre bête à cornes du chariot, nous avons posé les questions suivantes :

« **A qui rend-il service ?** » : les opérateurs

« **Sur quoi agit-il ?** » : chargement de la MP et WIP pour ISOLA 2.

« **Dans quel but ?** » : gagner du temps, et éliminer les mouvements inutiles.

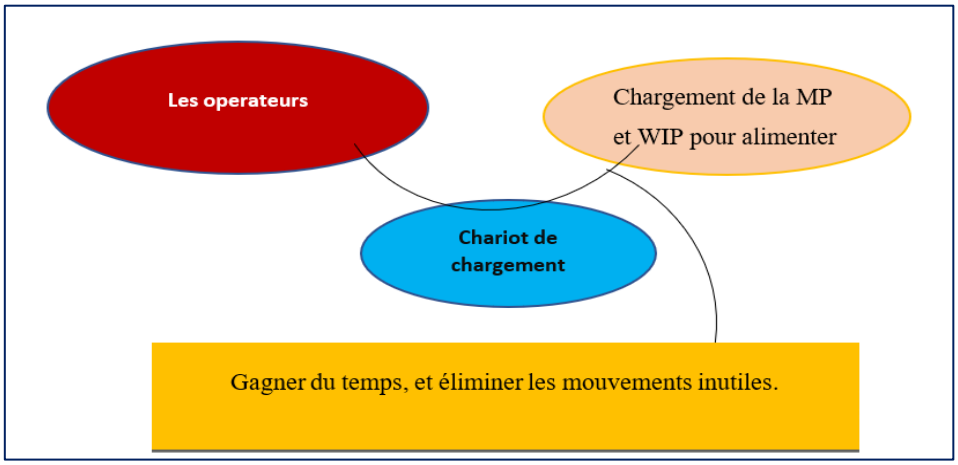


Figure 51: Diagramme bête a corne.

✓ Diagramme pieuvre :

L'objet de diagramme pieuvre est de caractériser les fonctions de produit attendues à partir des prestations caractérisées. Dans cette démarche, les contraintes liées à l'environnement du produit seront caractérisées, au risque parfois de dégrader les prestations caractérisées.

On commence tout d'abord par identifier les interacteurs de notre chariot, c'est-à-dire les éléments de l'environnement interne ou externe du chariot, qui interagissent avec ce dernier.

Les interacteurs qui sont en contact avec le fonctionnement du système sont :

- L'operateur
- Les pièces à charger
- L'espace
- Les normes et la sécurité
- Les déplacements
- Le temps

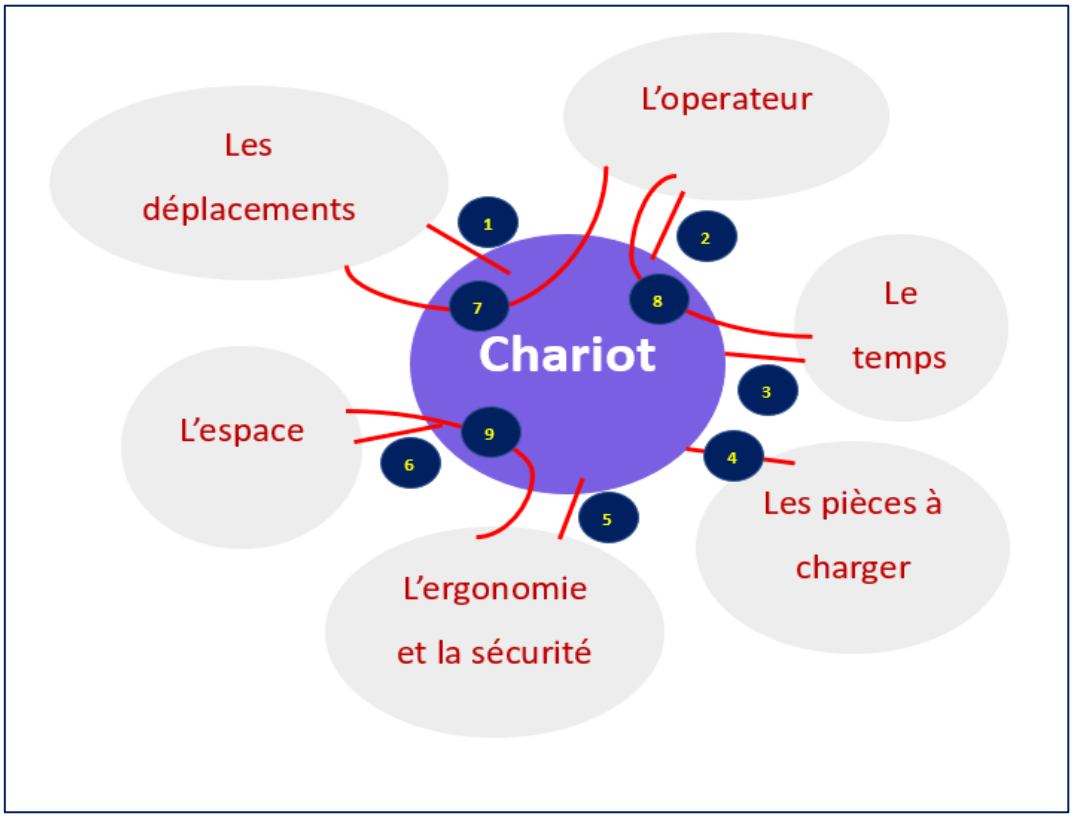


Figure 52: Diagramme pieuvre.

Les fonctions du chariot :

1. Minimiser les déplacements
2. Optimiser l'énergie de l'operateur
3. Diminuer le temps de chargement
4. Assurer la performance
5. Respecter les normes
6. Respecter l'espace disponible
7. Réduire les mouvements de l'operateur
8. Optimiser le temps des déplacements de l'operateur

iii. La génération des concepts

Après avoir généré tous les besoins et les fonctions de notre chariot, nous avons besoin d'une description technique de la manière dont le produit satisfera les besoins des opérateurs ; en d'autres termes, à ce stade, nous devons générer les concepts et choisir les meilleurs, pour être sûrs que le projet répondra aux attentes.

- ✓ <u>Tableau des combinaisons des concepts :</u>

Comme indique son nom, dans ce tableau on affecte chaque fonction désirée du chariot à un élément tangible, qui va assurer cette fonction. Et on fait des combinaisons aléatoires de ces éléments pour générer des concepts.

Tableau 26: Tableau des combinaisons des concepts.

Protéger les pièces transportées	Facile à déplacer	Optimiser le coût
Avoir des étagères pour séparer les pièces Avoir des boitiers pour les différentes tailles des pièces	Avoir des roulettes Utiliser l'énergie électrique	Utiliser l'acier Utiliser Aluminium

Finalement, on obtient 8 concepts que nous présentons dans le tableau suivant :

Tableau 27: concepts générés.

Concept	Caractéristiques
Concept A	Avoir des étagères pour séparer les pièces Avoir des roulettes Utiliser l'acier
Concept B	Avoir des étagères pour séparer les pièces Avoir des roulettes Utiliser Aluminium
Concept C	Avoir des étagères pour séparer les pièces Utiliser l'énergie électrique Utiliser l'acier

Concept D	Avoir des étagères pour séparer les pièces Utiliser l'énergie électrique Utiliser Aluminium
Concept E	Avoir des boitiers pour les différentes tailles des pièces Utiliser l'énergie électrique Utiliser l'acier
Concept F	Avoir des boitiers pour les différentes tailles des pièces Avoir des roulettes Utiliser Aluminium
Concept G	Avoir des boitiers pour les différentes tailles des pièces Utiliser l'énergie électrique Utiliser l'acier
Concept H	Avoir des boitiers pour les différentes tailles des pièces Avoir des roulettes Utiliser l'acier

✓ <u>Sélection de concept :</u>

Après la génération des concepts, il fallait maintenant choisir ou combiner entre les concepts pour obtenir le meilleur et continuer le travail. Pour prendre cette décision, nous utiliserons une approche appelée "Décision metrics", qui nous permet d'évaluer les forces et faiblesses de chaque concept pour faciliter la prise de décision en équipe en passant des deux filtres suivants :

- Concept Screening

Cet outil permet de faire une comparaison entre les concepts, on prend l'un de ces derniers comme concept référence, si le concept et la référence vont satisfaire le besoin de la même

façon on mit 0, ´´-´´ si le premier a moins de chance pour répondre à ce besoin et ´´+´´ dans le cas contraire.

Pour notre cas, on prend le concept B (au hasard) comme référence.

Tableau 28: concept screening.

Critères importants	A	B Réf.	C	D	E	F	G	H
Eliminer les MUDA ;	0	0	0	0	0	0	0	0
Préserver les pièces transportées ;	0	0	0	0	+	+	+	+
Respecter l'espace disponible ;	0	0	0	0	0	-	-	-
Facile à déplacer ;	0	0	+	+	+	+	+	-
Optimiser l'énergie ;	0	0	0	0	0	0	0	0
Sommes des ´´+´´	0	0	1	1	2	1	2	1
Sommes des ´´0´´	5	5	4	4	3	2	2	2
Sommes des ´´-´´	0	0	0	0	0	2	1	2
Net score	0	0	1	1	1	1	1	-1
Rank	2	2	1	1	1	1	1	3
Continue ?	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Non

- Concept Scoring

Cette méthode utilise une somme pondérée des notes pour déterminer le classement des concepts.

Tableau 29: concept scoring.

		C		D		E		F	
Critères de sélection	Poids	Rathing	Weighted score	Rathing	Weighted score	Rathing	Weighted score	Rathing	Weighted score

Optimiser le temps ; Optimiser le cout, Facile à manipuler	40% 40% 20%	2 1 1	0,8 0,4 0,2	2 2 1	0,8 0,8 0,2	1 1 1	0,4 0,4 0,2	2 2 2	0,8 0,8 0,4
	Total score	1,4		2		1		2,2	
	Continue	Non		Non		Non		Oui	

iv. Modélisation sous Catia V5 :

Afin de modéliser ce chariot, j'ai travaillé sur le logiciel CATIA, qui m'a permis de travailler avec plusieurs ateliers selon mes besoins. La conception de ce chariot est validée avec les team-leaders de la ligne en donnant toujours des remarques et des conseils pour l'amélioration, ce qui m'a amené à modifier la modélisation de mon chariot plusieurs fois.

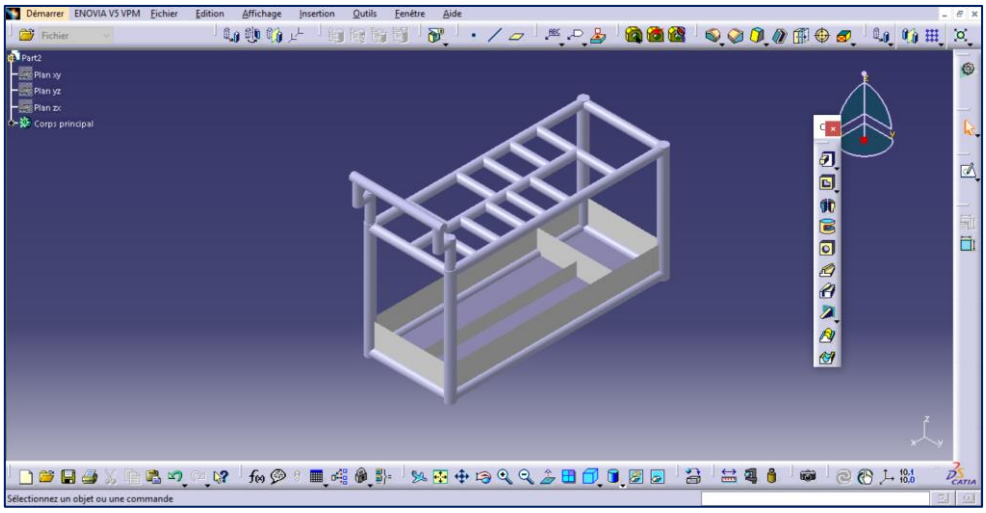


Figure 53: Version finale du chariot de chargement.

v. Réalisation et élaboration des standards :

Après la validation du concept, nous avons entamé la réalisation du chariot en soudant les tubes et les plaques d'aluminium pris du scrap.

Figure 54: La réalisation du chariot.

Ensuite, j'ai identifié sur le chariot la zone de chaque pièce, comme j'ai élaboré un mode opératoire qui explique la façon d'utilisation du chariot, et le nombre les pièces à mettre dedans. Et finalement, j'ai forme les opérateurs de ISOLA 2 de ce mode d'utilisation. (Voir annexe 6 : Mode d'utilisation du chariot de chargement ISOLA 2).

Figure 55: Le chariot de chargement de ISOLA2.

III. Amélioration de ISOLA RACK BATTERY :

1. Evaluation de l'état actuel de ISOLA RACK BATTERY :

Tableau 30: Evaluation de l'état actuel de ISOLA Rack Battery.

Etat actuel	Etat souhaité
Temps des retouches 11,5 min	Temps des retouches 8,39 min
Déplacements inutiles	Moins de déplacements inutiles
Mauvaise implantation de poste	Poste bien organisé

Manque des standards et documentation	La mise en place des documents de suivi et standardisation.
11 pièces par shift	14 pièces par shift

2. Plan d'action :

Tableau 31: Plan d'actions.

	Action		Delai		Pilot	Etat d´avancement			
			debut	fin		25%	50%	75%	100%
1	Reorganisation du poste	Etude ergonomique	17-mai		EL OUARDI Nouhayla				
		Prise des mesure	17-mai		EL OUARDI Nouhayla				
		Modification du layout	18-mai		EL OUARDI Nouhayla				
		Validation							
2	Application du 5S	Formation des operateurs et repartistion des taches	20-mai		EL OUARDI Nouhayla				
		Debarrasser	24-mai		EL OUARDI Nouhayla				
		Ranger			EL OUARDI Nouhayla				
		Nettoyage			EL OUARDI Nouhayla				
		Standariser			EL OUARDI Nouhayla				
		Preparer un fichier de suivi	27-mai		EL OUARDI Nouhayla				
3	Identification du rayonnage de la MP	Preparation des fichiers d'identification de la MP de ce poste	24-mai	25-mai	EL OUARDI Nouhayla				
		Identification des rayonages de la MP	25-mai		EL OUARDI Nouhayla				
4	Standariser l'action pour les autres ISOLA		30-mai	7-juin	EL OUARDI Nouhayla				

3. Actions mise en place :

3.1. Amélioration de l'ergonomie et réorganisation du poste de travail

L'impact de l'ergonomie des postes de travail sur la cadence et la productivité est direct, si on ne tient pas compte de l'ergonomie, les conséquences peuvent être l'absentéisme, la perte de performance, l'allongement des délais de production et la non-qualité.

Comme montre le diagramme Spaghetti présenté lors de la phase des mesures (Voir annexe 2), nous avons des chevauchements et des allers-retours inutiles. Pour ceci nous avons décidé de réorganiser ce poste en changent les emplacements de la MP, les inputs, et les outputs, de manière à avoir un flux clair avec moins des MUDA.

3.2. La création d'un poste de marquage :

Avant de monter le support batterie dans le châssis, ce support doit passer par une opération de marquage pour marquer le numéro de série du produit et le logo de PROMA. Or l'opérateur trouve beaucoup des difficultés pour effectuer cette tâche, car Il n'y a pas de place pour cette opération et ses outils. Pour ce, nous avons commencé par la création d'un poste, en définissant ses entrées et sorties ainsi que la place ou l'opérateur va mettre les outils qu'il a besoins.

Les figures suivantes montrent les changements effectués dans cette ISOLA.

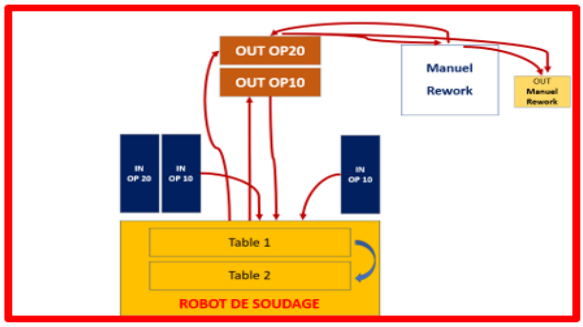


Figure 56: Layout avant la modification.

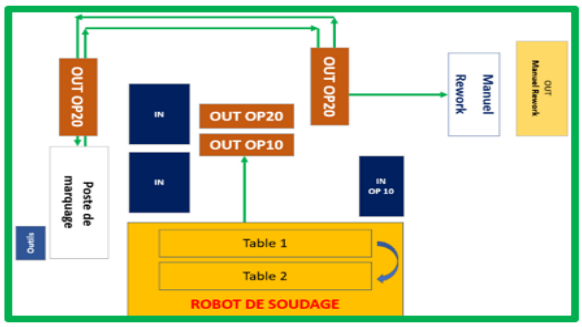


Figure 57: Layout après la modification.

3.3. Application des 5S :

Pour éviter le maximum du gaspillage et MUDA, on a appliqué la démarche des 5S, commençant par former l'équipe de travail, qui contient le team-leader de la ligne, deux autres opérateurs. Ensuite l'élimination et le débarrassage de tout ce qu'on n'a pas besoin. Puis, le rangement et le placement des outils du poste dans leurs places, et identifier l'emplacement de chaque MP dans leurs rayonnages. Et finalement, le nettoyage des outils et du milieu du travail.

Les photos suivantes montrent l'état du poste avant et après l'application de la démarche 5S :

Figure 58: ISOLA RACK BATTERY avant et après l'application de la démarche 5S.

Figure 59: Rayonnage de MP avant et après identification.

Toujours dans le but de sécurité, nous avons ajouté des isolant pour le poste de soudage manuels afin de protéger le personnel et les produits des étincelles de feu du soudage.

Figure 60: le poste des retouches manuelles avant et après.

IV. Réorganisation du flux de la ligne de soudage du projet O2C

On ne peut jamais améliorer la productivité avec un flux physique complexe, qui contient des chevauchements et beaucoup de MUDA. Pour ce, nous avons clôturer nos activités améliorative par la réorganisation du flux de production de la ligne du projet O2C, en re-identifiant les zones des inputs et celles des outputs de chaque ISOLA, et appliquant un management visuel afin de rendre visible les activités aussi bien qu'améliorer la participation et la compréhension des employés.

1. Réorganisation de la partie finale du flux :

Nous avons commencé par l'organisation du flux entre OP175, le poste de contrôle des cordons de soudure FOCUS, le poste de contrôle qualité GP12, et le dernier poste des retouches finales.

Cette organisation est portée en premier lieu sur le layout, pour bénéficier des zones vides, et créer plus d'espace surtout pour le poste des finitions et le poste GP12. Afin d'éviter l'encombrements des châssis qui bloque les mouvements, et par la suite interrompre la production.

Les photos suivantes montrent les problèmes que nous avons avant la réorganisation :

Figure 61: Photos montrent l'encombrement des châssis et le blocage de la ligne.

Les figures suivantes montrent les modifications effectuées :

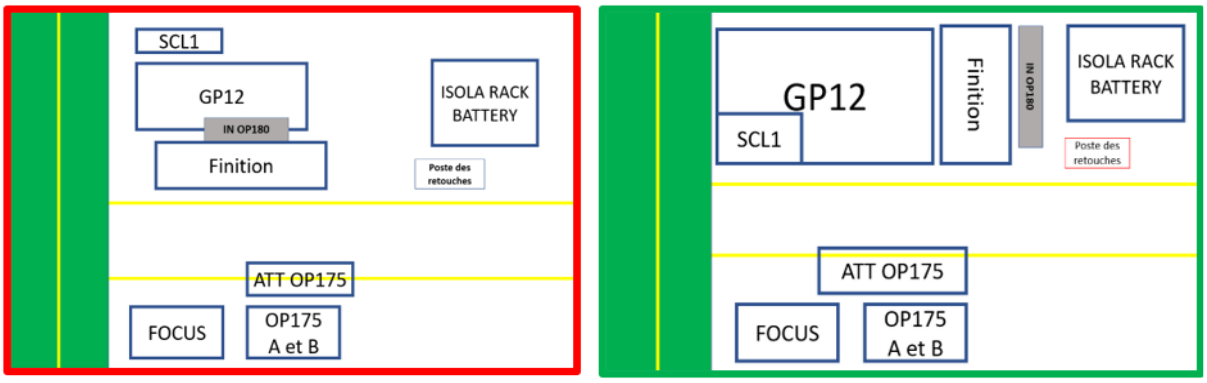


Figure 62: Layout avant et après modifications.

Figure 63: Photos après organisation de ligne et application du management visuel.

2. Amélioration des zones des inputs et outputs des ISOLA :

Concernant notre cas, nous avons réorganiser ces zones de telle façon que l'opérateur ne fait pas des mouvement MUDA, comme montre les figures suivantes :

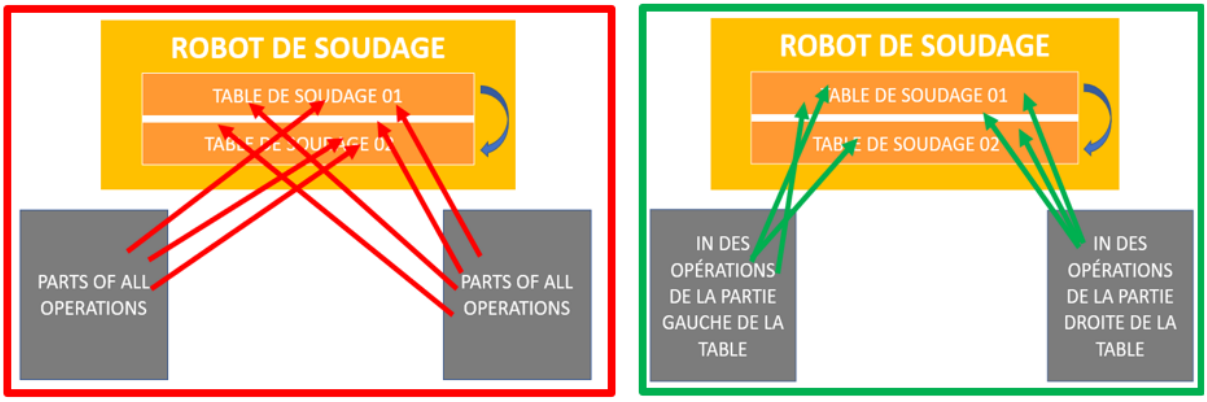


Figure 64: la zone des inputs avant et après organisation.

Aussi les rayonnages de la matière première des ISOLA n'étaient pas identifiés, ce qui augmente la probabilité de monter des pièces inversées vu que nous avons plusieurs pièces similaires avec des petites différences. Pour ce, je me suis basée sur le BOM du projet O2C pour préparer des identifications de chaque référence, et les placer à la zone des inputs de chaque MP.

3. Standardisation des actions :

La standardisation est l'un des piliers essentiels au fonctionnement de Lean Manufacturing, car elle permet d'une utilisation plus efficace des recoures, et par la suite l'élimination des MUDA.

3.1. Formation des opérateurs :

Pour assurer que ces actions deviennent des habitudes, j'ai réuni au début de chaque shift avec les opérateurs de la ligne du projet O2C et leurs team-leaders, afin de leur sensibiliser et montrer l'importance de garder le milieu de travail organiser, aussi pour mettre en accord et réparti les tâches entre eux pour assurer le nettoyage du robot, et du milieu de travail, ainsi qu'éviter le retour à l'état initial.

3.2. Création des fichiers de nettoyage et de suivi :

Afin d'assurer le maintien de ces actions, nous avons créé une fiche de nettoyage (Voir annexe 7 : Fiche de nettoyage de la ligne O2C par shift) pour réorganiser le nettoyage entre les shifts,

en indiquant la tache de chaque operateur dans chaque shift, et confirmant le nettoyage par remplissage d'une fiche de suivi (Voir l'annexe 8 : Fiche des suivis de nettoyage).

Conclusion :

Dans ce chapitre, j'ai présenté les solutions mises en place pour améliorer la productivité de la ligne de production O2C. Ces solutions ont visé en premier une amélioration du processus de soudage. Ensuite, la conception d'un chariot de chargement de la MP pour la diminution des déplacements MUDA, et puis, l'amélioration de ISOLA RACK BATTERY. Et finalement, la réorganisation de tout le flux de production du projet O2C.

CHAPITRE V :

CONTRÔLE ET SUIVI DES GAINS

Introduction :

Les gains engendrés par les améliorations que nous avons mis au terrain se classifient en deux catégories : des gains quantifiables et des gains non quantifiables. L'objectif de cette partie est d'évaluer les gains escomptés suite à la mise en place des solutions proposées dans la partie précédente.

I. Contrôle des actions mises en place :

Cette phase essentielle vise à évaluer et à suivre les résultats des solutions mises en œuvre sur une période suffisante pour juger leur pertinence. Afin de valider notre projet, il est nécessaire d'évaluer le gain en termes d'indicateurs qui sera chiffré par la suite pour avoir une estimation du gain financier réalisé. Pour ce faire, j'ai entamé le chronométrer à nouveau des opérations qui ont connu un changement amélioratif, pour voir les diminutions du temps et son effet sur la cadence et la productivité.

1. Gains apportés par l'amélioration du processus :

Apres l'amélioration du processus, et l'élimination des retouches après ISOLA 5, qui prend 13,5 min, et retoucher directement les SF de ISOLA 1, dans 5,75 min. Tandis que, on a 2 min de plus pour le poste des finitions du châssis, vu que nous l'avons donné plus des cordons de soudures à retoucher. Nous avons gagné 5,75 min du temps de cycle totale du châssis.

Tableau 32: Temps de cycle en minutes après modification du processus.

Operation	Rework after ISOLA 1	Rework after ISOLA 5	OP175	FINITION
New cycle time	5,75		18	11
Old cycle time		13,5	18	13

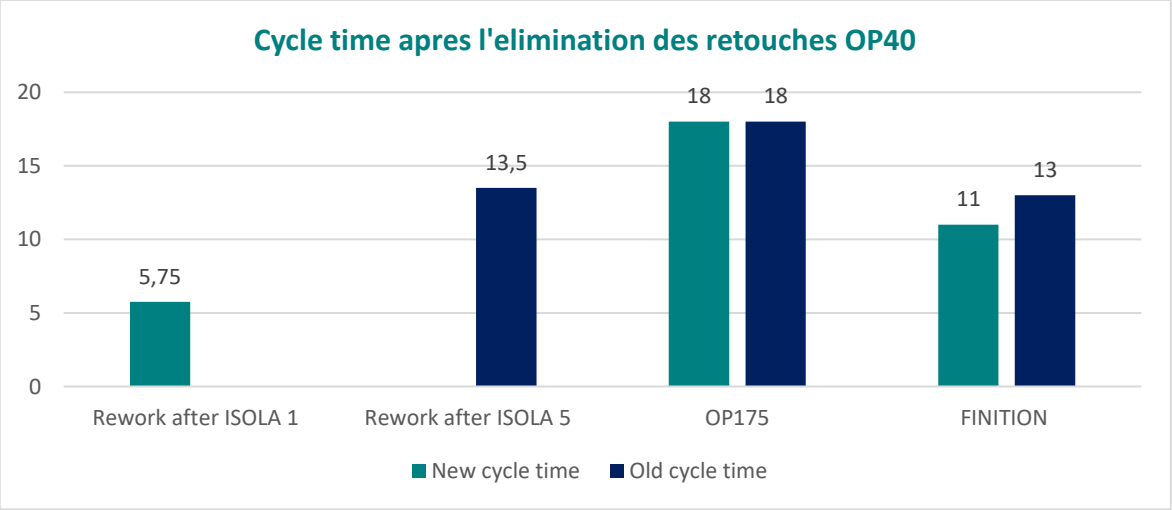


Figure 65: Cycle time après modification du processus.

Nous avons aussi pu bénéficier du changement de layout entre ISOLA 1 et ISOLA 5 par une réduction de 1,34 min du temps de chargement/déchargement des ISOLA.

2. Gains apportés par diminution des déplacements de ISOLA 2 :

Grace au chariot de chargement, nous avons réduit le temps de chargement de cette ISOLA de 64%, en éliminant les allers-retours et MUDA de déplacement, comme nous avons pu abaisser les mouvements de l'opérateur de cette ISOLA de 29 mètres à 13 mètres.

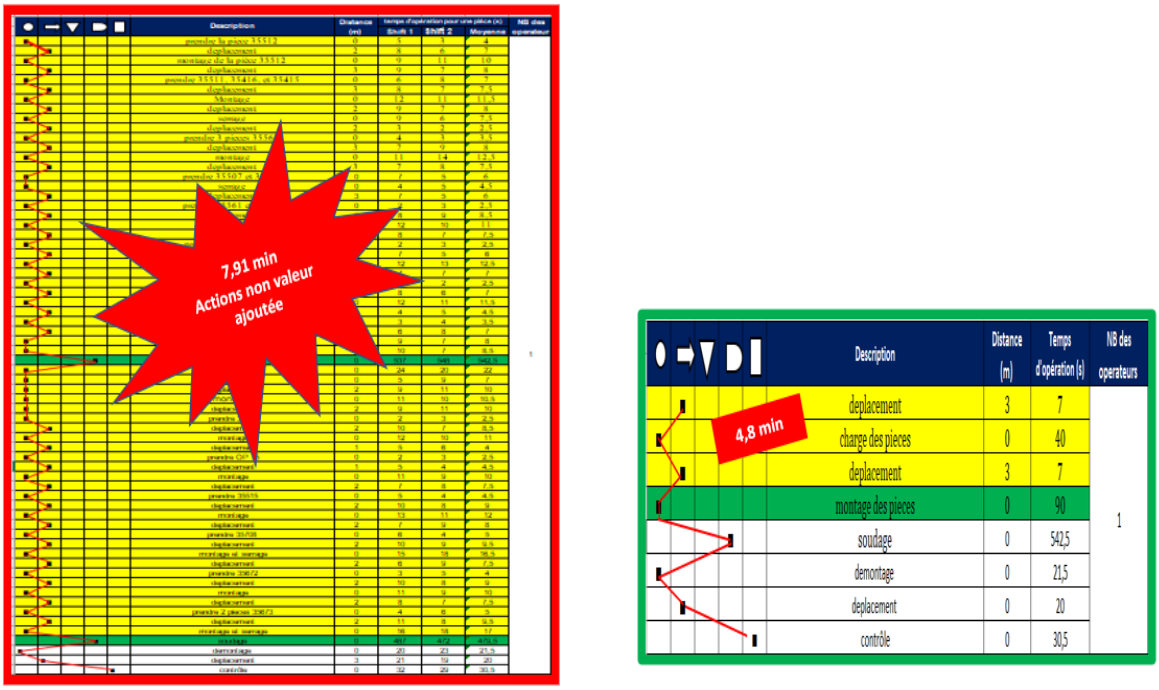


Figure 66:L'analyse de déroulement de ISOLA 2 avant et après l'utilisation du chariot.

3. Gains apportés par l'amélioration de ISOLA RACK BATTERY :

Apres l'amélioration de ce poste, nous avons constaté une augmentation de productivité de 3 pièces par shift en moyenne.

Tableau 33: Suivi de la production de ISOLA RACK BATTERY après amélioration.

jour	03-juin	04-juin	05-juin	06-juin	07-juin	08-juin	09-juin
Nombre de pieces par shift apres amelioration	13	14	13	14	16	13	14

Tableau 34:Suivi de la production de ISOLA RACK BATTERY avant amélioration.

jour	09-mai	10-mai	11-mai	12-mai	13-mai	14-mai	15-mai
Nombre de pieces par shift avant amelioration	8	10	11	12	8	11	11

4. Gains apportés par réorganisation du flux :

La réorganisation du flux a apporté plusieurs gains en termes d'espace et de temps de cycle du châssis, dont nous avons gagné au total 8,06 min du temps de cycle total du châssis.

Le tableau suivant résume l'ensemble des modifications de temps de chargement/déchargement de chaque ISOLA, avant et après la mise en œuvre des solution améliorative.

Tableau 35: Temps de cycle avant et après amélioration du flux.

ISOLA	ISOLA 1	ISOLA 5	ISOLA 2	ISOLA 3	ISOLA 6	ISOLA 4	ISOLA 7	RACK BATERRY
temps de chargement / dechargement AVANT	3,5	3,7	5,5	3,5	4,95	4	5,18	2,56
temps de chargement / dechargement APRES	3	1,98	3,2	3	4	3,21	4,94	1,5

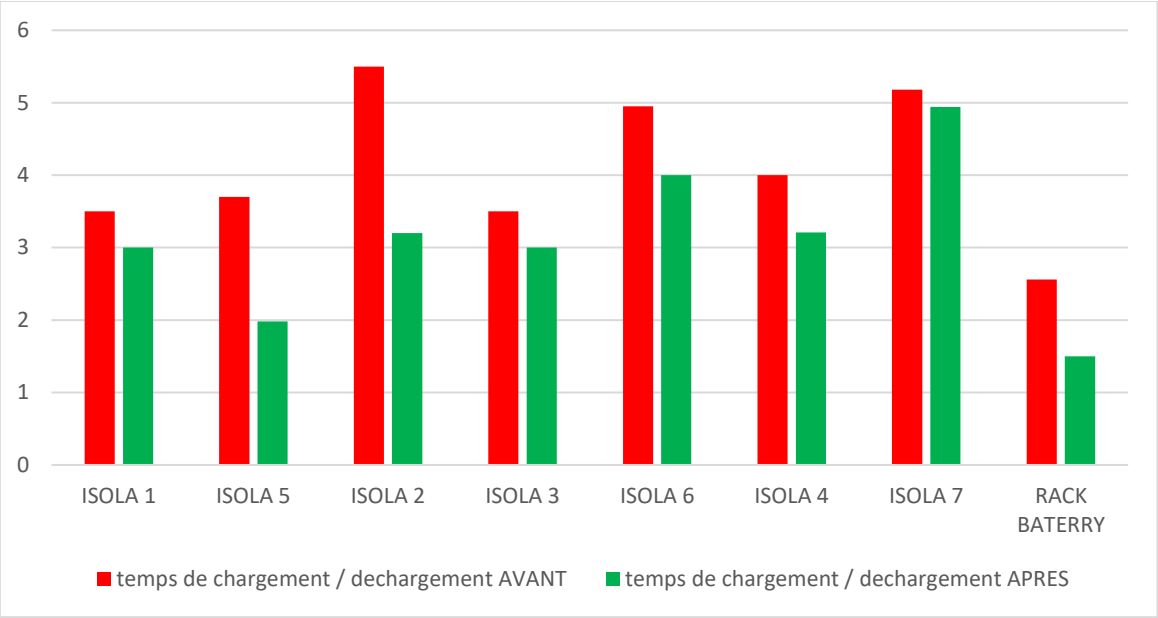


Figure 67: Diminution du temps de chargement après réorganisation des postes.

II. Evaluation des gains

1. Optimisation du flux physique et d'espace :

L'optimisation du flux de production et la réduction des NVA a permis de fluidifier le flux, et de le rendre plus organisé avec moins de gaspillage.

2. Amélioration de la participation et le moral des employés :

La participation des opérateurs dans la mise en place des solutions a créé un sentiment d'engagement chez les opérateurs, qui ont senti qu'ils peuvent contribuer à l'amélioration des conditions du travail.

3. Amélioration de la cadence horaire de production :

La cadence avant l'implémentation des solutions était 3,13 châssis par heure, ce qui nous donne 69 châssis par jour. Actuellement, après l'action de diminution du temps cycle globale

du châssis avec 15,34 minutes, La cadence horaire est devenue 3,27 châssis, ce qui veut dire 72 châssis par jour ce qui implique que nous avons pu atteindre notre objectif fixé.

4. Gain économique :

Comme j'ai déjà mentionné, nos améliorations a pu augmenter la cadence de production de trois châssis par jour, sans dépenser aucun investissement matériel, c.-à-d. nous avons gagné 3*433 Euros = 1299 Euros par jour, et par la suite 374 112 Euros par an.

Conclusion :

Pour donner un sens à mon travail, il s'est avéré nécessaire de chiffrer les gains qu'apportent ces actions à la zone de soudage du projet O2C, dans ce chapitre on a chiffré chaque amélioration séparément pour bien illustrer l'impact de chacune.

CONCLUSION GÉNÉRALE :

Mon sujet a été proposé dans le but d'améliorer la productivité de la ligne de soudage du projet O2C au sein de l'entreprise PROMA INDUSRIE, en éliminant les non valeurs ajoutées, fluidifiant le flux de production, optimisant l'espace, et améliorant la cadence.

Pour atteindre ces objectifs, je me suis basée sur des outils de Lean manufacturing, pour analyser l'état actuel, en suivant la démarche DMAIC.

J'ai commencé tout d'abords par une description détaillée de la zone de travail, en utilisant différentes méthodes pour cartographier le processus, et faire une synoptique de chaque ISOLA. Dans la suite, j'ai entamé une analyse de déroulement, en chronométrant les postes de travail, mesurant les distances entre ces postes, et déterminant par la suite le niveau des WIP, après j'ai calculé le Takt time, dans le but de bien diagnostiquer l'état actuel. Ensuite, j'ai lancé une analyse spécifique dédiée au processus du soudage du projet O2C, qui m'a permis de déceler les éléments qui impacte négativement le temps de cycle des postes ainsi que les MUDA qu'on devrait éliminer.

Dans la partie qui suit, j'ai proposé, et mis en place des solutions pour les problèmes détectes. Dans un premier temps j'ai attaqué le problème des postes goulots, par un changement de processus de soudage des châssis O2C, après j'ai suit les résultats de ce changement et résolu tous les problèmes découlés. Concernant le problème des déplacements inutiles, j'ai travaillé sur la conception d'un chariot pour transporter les encours de production (WIP) et faciliter le chargement et le déchargement des ISOLA's. Ensuite, j'ai travaillé sur la réorganisation du flux, en appliquant la démarche 5S, en identifiant les rayonnages de la MP, les zones des inputs et celles des outputs de chaque ISOLA, et finalement, standardiser ces actions sur les autres ISOLA, et appliquer un management visuel.

Le suivi et le contrôle de ces améliorations nous a confirmé que nous avons atteint notre objectif.

Enfin, je peux confirmer que le déroulement de ce projet m'a offert une réelle opportunité afin de me familiariser avec l'environnement de travail d'un ingénieur et de relever les contraintes et les exigences du milieu industriel. Ce projet a constitué aussi, une expérience professionnelle riche et fructueuse aussi bien sur le plan technique que sur le plan relationnel.

BIBLIOGRAPHIE

1. **Pierre, BÉDRY.** *Les basiques de Lean manufacturing dans les PMI et ateliers technoligiques.* Paris : EYROLLES, 2009.

2. **ZARHOUN, Laila.** *Lean manufacturing technique.* s.l. : International Labour Organisation, 2017.

3. **André, Chardonnet.** *PDCA et performance durable.* s.l. : Eyrolles, 2014.

4. **Karine, LIN.** *Le 5S, un outil d'amélioration continue, un tremplin vers la culture qualité.* s.l. : Universite de technologie de Compiegne., 2015.

5. **Soliman, Mohammed.** *A guide to a very basic Lean calculation.* s.l. : Soliman, 2020.

ANNEXES :

Annexe 1 : Analyse de déroulement de chaque ISOLA de la ligne de production du projet O2C.

Projet : O2C	ANALYSE DE DEROULEMENT					Poste: ISOLA 1 table 01				
Description	Distance (m)	temps d'opération pour une piéce			temps masqué(s)			NB des operateurs	type d'operation
		Shift 1	Shift 2	Moy.	Shift 1	Shift 2	Moy.		
Preparation des pieces	5				42	34	38	1	NVA
Montage des pièces dans la table	0				43	47	45		NVA
Serrage automatique des pieces	1				10	8	9		NVA
Soudage automatique	0	414	433	423,5					VA
Desserage automatique	1				11	8	9,5		NVA
Démontage des produits semi finis da la table	1				36	49	42,5		NVA
Transfert des produits semi finis	2				32	21	26,5		NVA
	10	414	433	423,5	174	167	170,5		
		6	7	6,5	2	2	2		

Projet : O2C	ANALYSE DE DEROULEMENT					Poste: ISOLA 1 table 01				
Description	Distance (m)	temps d'opération pour une piéce (s)			temps masqué (s)			NB des operateurs	type d'operation
		Shift 1	Shift 2	Moy.	Shift 1	Shift 2	Moy.		
Preparation des pieces	2				17	14	15,5	1	NVA
Montage des pièces dans la table	0				43	41	42		NVA
Serrage automatique des pieces	1				13	11	12		NVA
Soudage automatique	0	472	497	484,5					VA
Desserage automatique	1				10	8	9		NVA
Démontage des produits semi finis da la table	1				27	23	25		NVA
Transfert des produits semi finis	2				31	20	25,5		NVA
	7	472	497	484,5	141	117	129		
		7	8	7,5	2	1	1,5		

Projet : O2C	ANALYSE DE DEROULEMENT					Poste: ISOLA 2 table 01				
Description	Distance (m)	temps d'opération pour une piéce			temps masqué (s)			NB des operateurs	type d'operation
		Shift 1	Shift 2	Moy.	Shift 1	Shift 2	Moy.		
Preparation des pieces	6				77	73	75	1	NVA
Montage des pièces dans la table	0				184	135	135		NVA
Deplacement vers le Robot	3				39	37	38		NVA
Serrage automatique des pieces	0				3	5	4		NVA
Soudage automatique	0	537	548	542,5					VA
Desserage automatique	0				5	6	5,5		NVA
Démontage des produits semi finis da la table	0				41	39	40		NVA
Transfert des produits semi finis	6				33	37	35		NVA
Contrôle	0				37	27	32		NVA
	15	537	548	542,5	419	359	389		
		8	9	8,5	6	5	5,5		

PROJET : O2C	ANALYSE DE DEROULEMENT					Poste: ISOLA 2				
	Description		Distance (m)	temps d'opération pour une piéce (s) Shift 1	Shift 2	Moy.	NB des operateurs	type d'operatio
	Manuel Rework	OP 60	0	89	77	83	1	NVA
		OP 50	0	156	192	174		
		OP 70	0	141	134	137,5		
	Transfert des produits semi finis		0,5	30	32	31		NVA
	Manuel Rework	OP 80	0	89	123	106		NVA
		OP 90	0	170	192	181		
	Transfert des produits semi finis		0,5	34	28	31		NVA
			1	709	778	743,5		
				11	12	11,5		

Projet : O2C	ANALYSE DE DEROULEMENT					Poste: ISOLA 3 table 01				
	Description	Distance (m)	temps d'opération pour une piéce Shift 1	Shift 2	Moy.	temps masqué (s) Shift 3	Shift 4	Moy.	NB des operateurs	type d'operation
	Preparation des pieces	5				17	14	15,5	1	NVA
	Montage des pièces dans la table	0				41	47	44		NVA
	Deplacement	2				25	35	30		NVA
	Serrage automatique des pieces	0				9	7	8		NVA
	Soudage automatique	0	395	376	386					VA
	Desserage automatique	0				8	11	9,5		NVA
	Démontage des Produit semi fini da la table	0				30	49	39,5		NVA
	Transfert des produits semi finis	3				10	14	12		NVA
		10	395	376	386	140	177	159		
			6	6	6	2	2	2		

Projet : O2C	ANALYSE DE DEROULEMENT					Poste: ISOLA 3 table 02				
	Description	Distance (m)	temps d'opération pour une piéce (s) Shift 1	Shift 2	Moy.	temps masqué (s) Shift 1	Shift 2	Moy.	NB des operateurs	type d'operation
	Preparation des pieces	3				32	34	33	1	NVA
	Montage des pièces dans la table	0				37	49	43		NVA
	Deplacement	2				12	34	23		NVA
	Serrage automatique des pieces	0				6	7	6,5		NVA
	Soudage automatique	0	497	512	504,5					VA
	Desserage automatique	0				10	8	9		NVA
	Démontage des Produit semi fini da la table	0				23	31	27		NVA
	Transfert des produits semi finis	3				16	21	18,5		NVA
		8	497	512	504,5	136	184	160		
			8	8	8	2	3	2,5		

Projet : O2C	ANALYSE DE DEROULEMENT					Poste: ISOLA 4 table 01				
	Description	Distance (m)	temps d'opération pour une piéce (s) Shift 1	Shift 2	Moy.	temps masqué (s) Shift 3	Shift 4	Moy.	NB des operateurs	type d'operation
	Preparation des pieces	3				10	34	22	1	NVA
	Montage des pièces dans la table	0				42	39	40,5		NVA
	Deplacement	1				21	34	27,5		NVA
	Serrage automatique des pieces	0				9	6	7,5		NVA
	Soudage automatique	0	458	412	435					VA
	Desserage automatique	0				5	8	6,5		NVA
	Démontage des Produit semi fini da la table	0				32	27	29,5		NVA
	Transfert des produits semi finis	3				32	24	28		NVA
		7	458	412	435	151	172	161,5		
			7	6	6,5	2	2	2		

PROJET : O2C	ANALYSE DE DEROULEMENT				Poste: ISOLA 5					
●	➡	▼	D	□	Description	Distance (m)	temps d'opération pour une piéce (s)			NB des operateurs	type d'operation
							Shift 1	Shift 2	Moy.		
	■				Preparation des pieces	3	78	54	66	1	NVA
					Montage des pièces dans la table	0	59	67	63		NVA
					Serrage automatique des pieces	0	6	8	7		NVA
			■		Soudage automatique	0	789	774	781,5		VA
					Desserage automatique	0	5	11	8		NVA
					Démontage des produits semi fini da la table	0	31	26	28,5		NVA
			■		Attente du panneau de manutention	0	34	37	35,5		NVA
					Accrochage de la piece dans le panneau	0	28	26	27		NVA
	■				Transfert vers MR	1	49	43	46		NVA
	■				Deplacement	0,5	42	29	35,5		NVA
				■	Contrôle	0	30	49	39,5		NVA
					Soudage Manuel	0	720	780	750		NVA
	■				Transfert des produits semi finis	1,5	41	37	39		NVA
						4	1912	1941	1926,5		
							31	32	31,5		

PROJET : O2C	ANALYSE DE DEROULEMENT				Poste: ISOLA 6					
●	➡	▼	D	□	Description	Distance (m)	temps d'opération pour une piéce (s)			NB des operateurs	type d'operation
							Shift 1	Shift 2	Moy.		
■					montage du soubassement	0	69	57	63	1	NVA
	■				Deplacement	2	24	19	21,5		NVA
■					Serrage automatique des pieces	0	5	4	4,5		NVA
	■				Deplacement	2	24	19	21,5		NVA
■					Montage unité AR	0	44	39	41,5		NVA
	■				Deplacement	2	31	27	29		NVA
■					Serrage automatique des pieces	0	3	5	4		NVA
	■				Deplacement	2	34	32	33		NVA
■					Montage unité AR	0	57	51	54		NVA
	■				Deplacement	3	37	35	36		NVA
■					Serrage automatique des pieces	0	7	9	8		NVA
				■	soudage automatique	0	584	588	586		VA
■					Desserage automatique	0	9	10	9,5		NVA
■					Démontage des produits semi finis da la table	0	29	37	33		NVA
				■	Attente du panneau de manutention	1,5	19	12	15,5		NVA
■					Accrochage de la piece dans le panneau	0	13	17	15		NVA
	■				Transfert des produits semi fini	1	30	26	28		NVA
						13,5	1019	987	1003		
							16	16	16		

PROJET : O2C	ANALYSE DE DEROULEMENT				Poste: ISOLA 7					
					Description	Distance (m)	temps d'opération pour une piéce (s)			NB des operateurs	type d'operation
							Shift 1	Shift 2	Moy.		
					Montage des pièces dans la table	0	59	57	58		NVA
					Deplacement	3	44	39	41,5		NVA
					Serrage automatique des pieces	0	5	4	4,5		NVA
					Preparation des pieces pour OP 160	2	41	39	40		NVA
					Montage des pièces dans la table	0	74	73	73,5		NVA
					Serrage automatique des pieces	0	9	11	10	1	NVA
					Soudage automatique	0	647	657	652		VA
					Desserage automatique	0	11	7	9		NVA
					Démontage des produits semi finis da la table	0	41	33	37		NVA
					Transfert vert OP 175	1,5	37	39	38		NVA
						6,5	968	959	963,5		
							16	15	15,5		

PROJET : O2C	ANALYSE DE DEROULEMENT				Poste: OP175					
					Description	Distance (m)	temps d'opération pour une piéce (s)			NB des operateurs	type d'operation
							Shift 1	Shift 2	Moy.		
					Montage de l'armature	0	54	41	47,5		NVA
					Soudage manuel	0	2088	2170	2129		VA
					Démontage du chassis	0	29	37	33		NVA
					Attente du panneau de manutention	1,5	19	12	15,5	2	NVA
					Accrochage de la piece dans le panneau	0	13	17	15		NVA
					Transfert des produits semi finis	1	30	26	28		NVA
						1,5	2142	2211	2176,5		
							35	36	35,5		

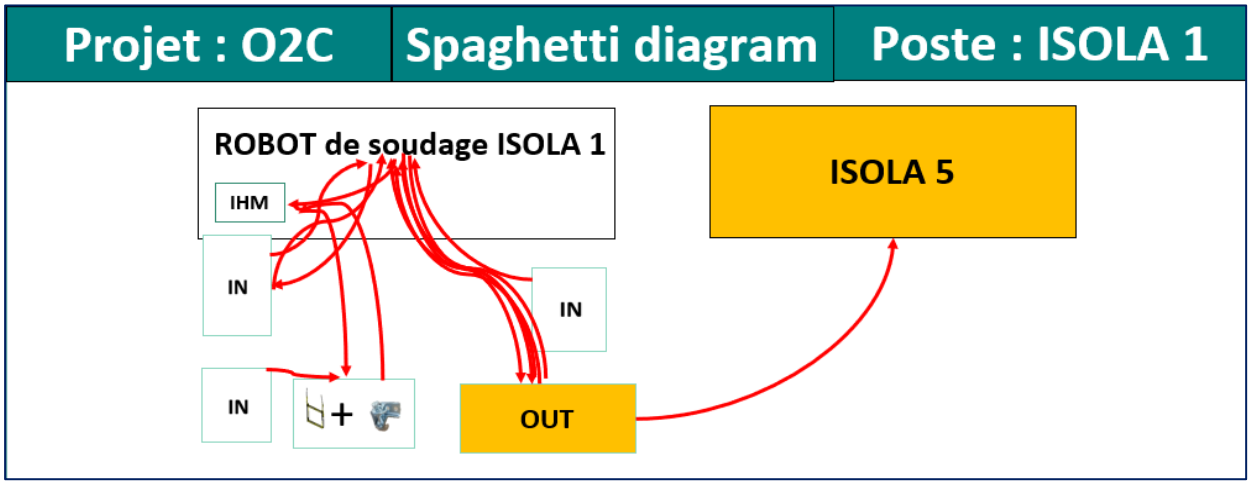
PROJET : O2C	ANALYSE DE DEROULEMENT				Poste: ISOLA RACK BATTERY					
					Description	Distance (m)	temps d'opération pour une piéce (s)			NB des operateurs	type d'operation
							Shift 1	Shift 2	Moy.		
					Preparation des pieces	4	32	24	28		NVA
					Montage des pièces dans la table	0	61	57	59		NVA
					Deplacement	2	21	24	22,5		NVA
					Serrage automatique des pieces	0	10	12	11		NVA
					Soudage automatique	0	234	246	240		VA
					Desserage automatique	0	13	12	12,5		NVA
					Preparation des pieces OP 20	5	20	19	19,5		NVA
					Montage des pièces pour l'opération OP 20	0	31	25	28		NVA
					Deplacement	2	27	39	33	1	NVA
					Serrage automatique des pieces	0	8	13	10,5		NVA
					Soudage automatique	0	302	316	309		VA
					Deplacement	2	21	18	19,5		NVA
					Desserage automatique	0	7	5	6		NVA
					Demontage	0	19	21	20		NVA
					ransfert des produits semi fini	1,5	34	37	35,5		NVA
						16,5	840	868	854		
							14	14	14		

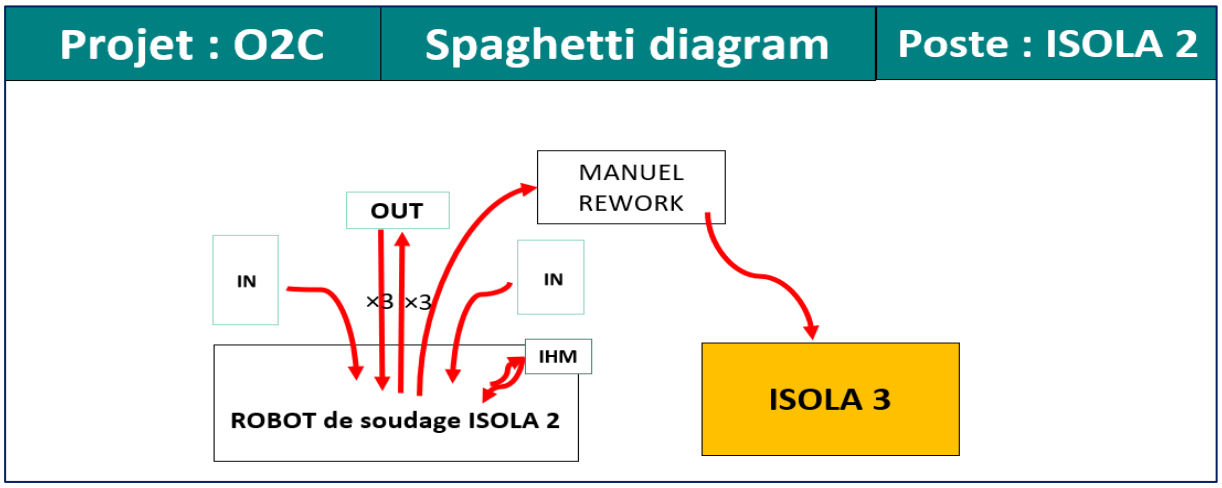
PROJET : O2C	ANALYSE DE DEROULEMENT				Poste: ISOLA RACK BATTERY					
					Description	Distance (m)	temps d'opération pour une piéce (s)			NB des operateurs	type d'operation
							Shift 1	Shift 2	Moy.		
					Deplacement	0,5	27	19	23	1	NVA
					Soudage Manuel	0	637	642	640		NVA
					Transfert des produits semi finis	1,5	41	37	39		NVA
						2	705	698	702		
							11	11	11		

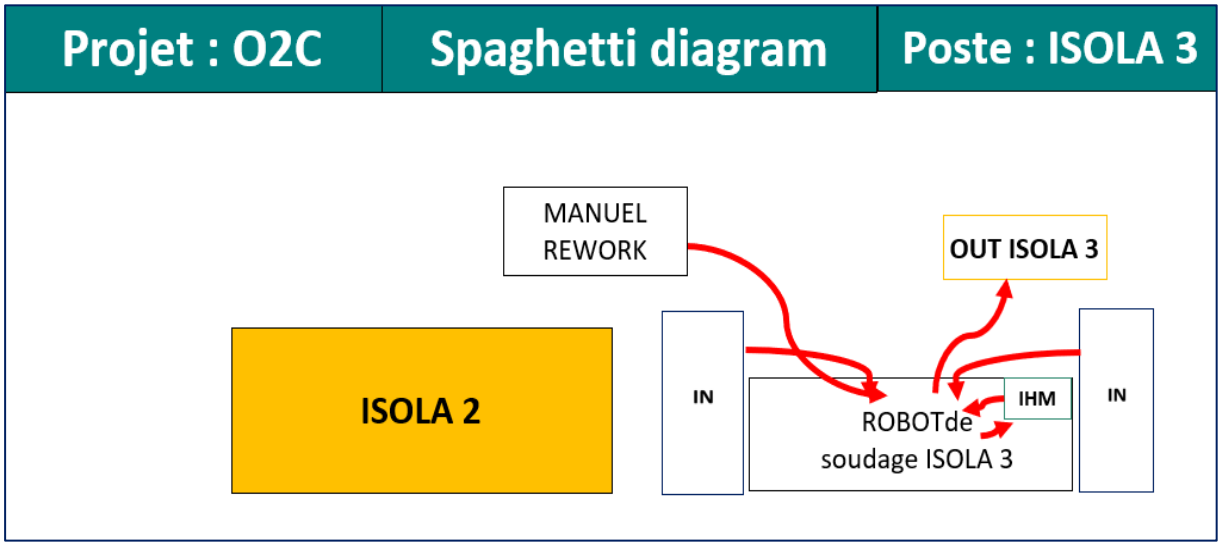
PROJET : O2C	ANALYSE DE DEROULEMENT				Poste: Finition					
					Description	Distance (m)	temps d'opération pour une piéce (s)			NB des operateurs	type d'operation
							Shift 1	Shift 2	Moy.		
					Finition	0	212	238	225	1	VA
					Deplacement	0,5	37	41	39		NVA
					Contrôle	0	152	177	164,5	1	NVA
					Transfet des portes	1	10	17	13,5	1	NVA
					Montage Portes	0	26	30	28		VA
					Nettoyage	0	62	78	70	1	NVA
					Deplacement du chassis	2	20	30	25		NVA
					Montage Rack Batterie	0	61	57	59	1	VA
					Deplacement du chassis vers GP12	1,5	10	18	14		NVA
						5	590	686	638	5	
							9,83	11,43	10,63		

PROJET : O2C	ANALYSE DE DEROULEMENT				Poste: GP12					
					Description	Distance (m)	temps d'opération pour une piéce (s)			NB des operateurs	type d'operation
							Shift 1	Shift 2	Moy.		
					Contrôle Qualité	0	612	617	615	1	VA
					Deplacement du chassis vers FOCUS	4	30	20	25	1	NVA
						4	642	637	640	2	
							10	10	10		

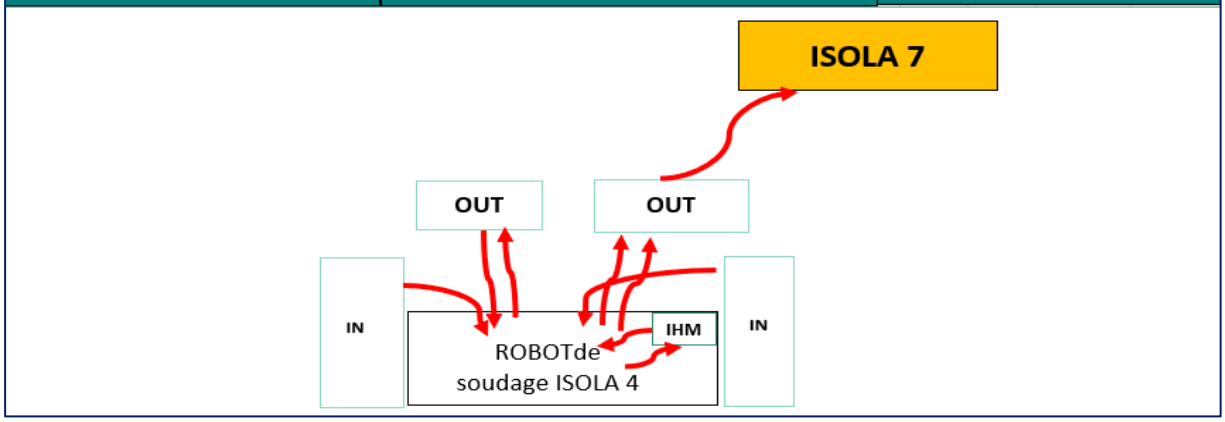
Annexe 2 : Diagramme Spaghetti du flux de chaque ISOLA de la ligne de production du projet O2C.



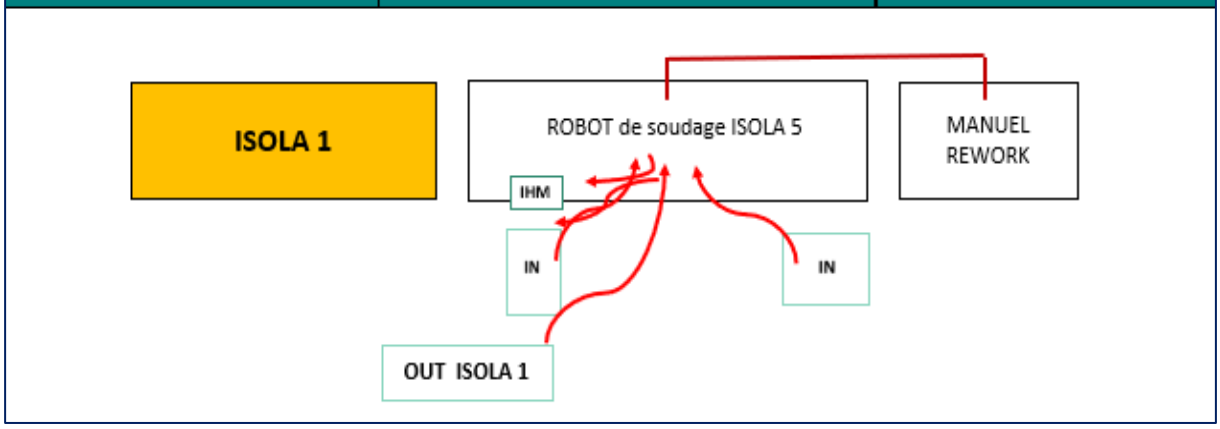




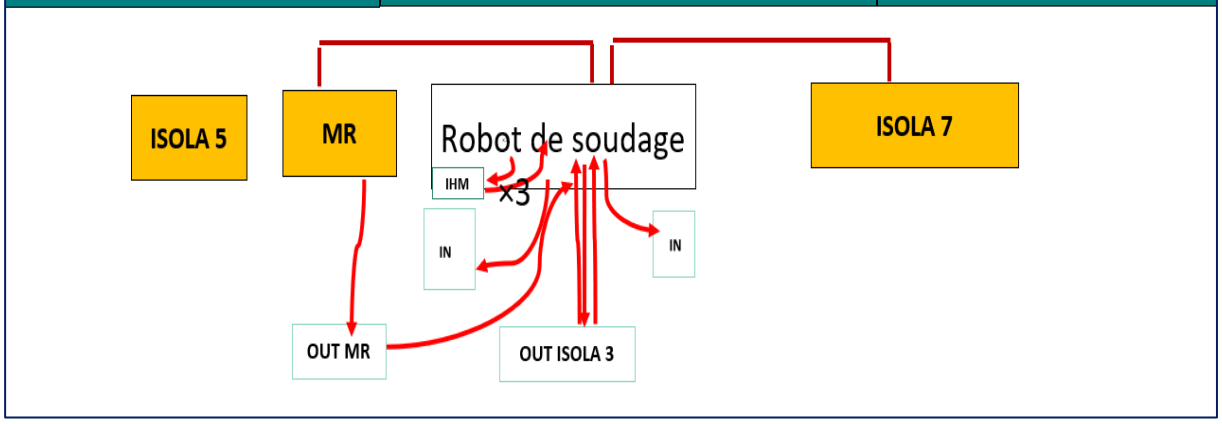
Projet : O2C	Spaghetti diagram	Poste : ISOLA 4

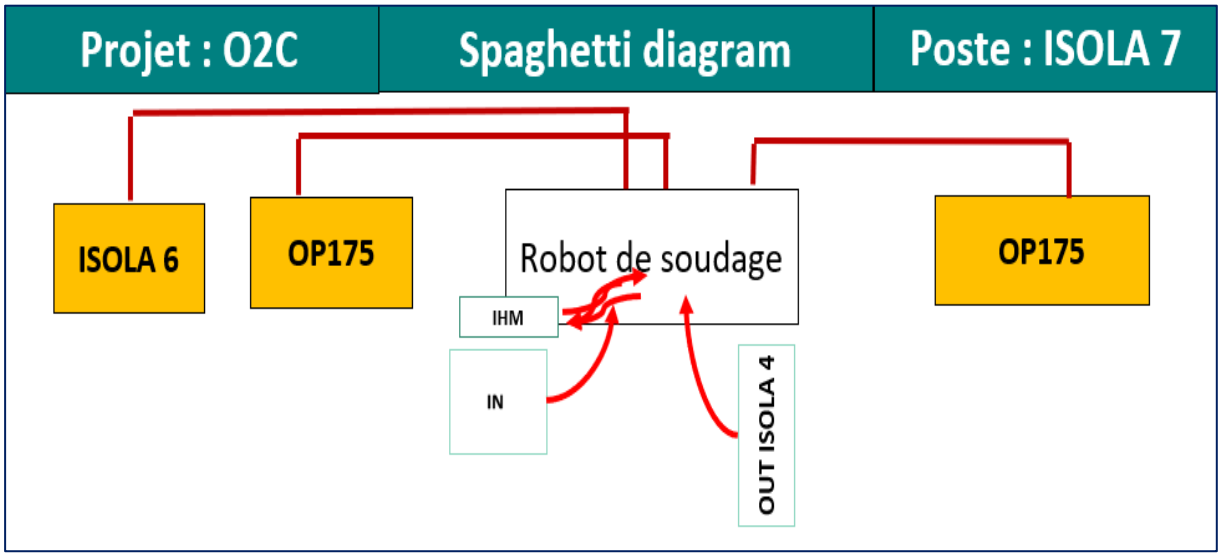


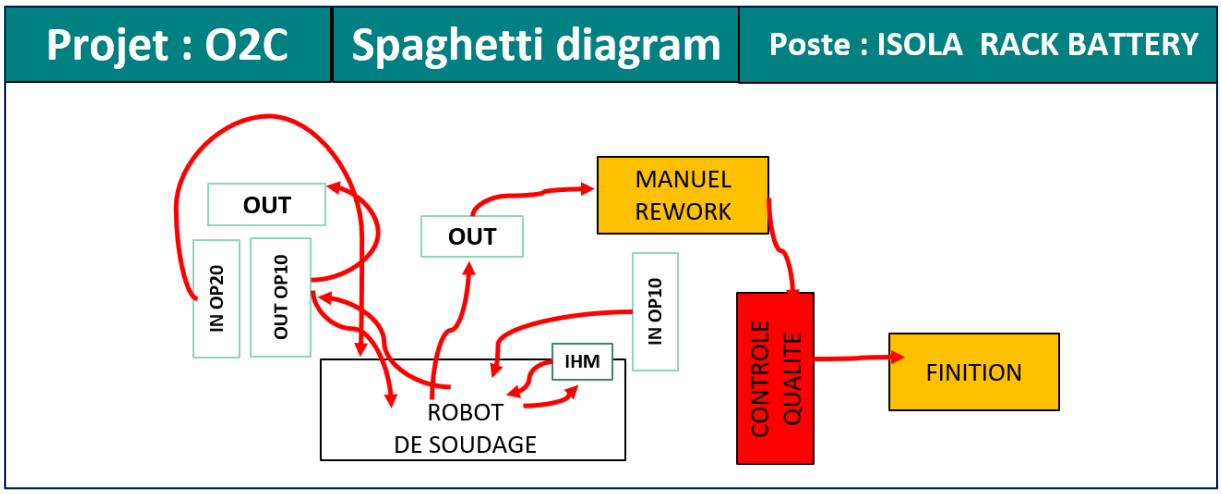
Projet : O2C	Spaghetti diagram	Poste : ISOLA 5



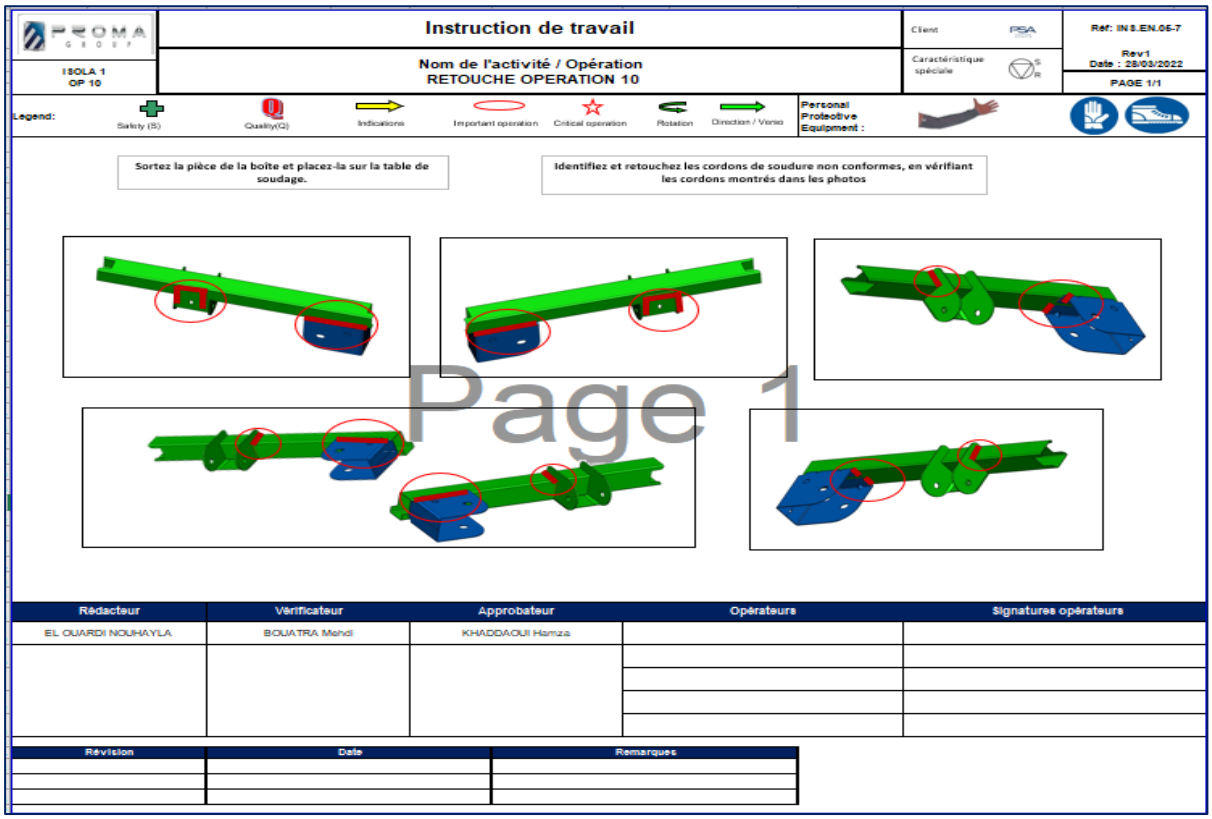
Projet : O2C	Spaghetti diagram	Poste : ISOLA 6




Projet : O2C
Spaghetti diagram
Poste : ISOLA 7
ISOLA 6
OP175
Robot de soudage
OP175
IHM
IN
OUT ISOLA 4


Projet : O2C
Spaghetti diagram
Poste : ISOLA RACK BATTERY
OUT
IN OP20
OUT OP10
OUT
MANUEL REWORK
IN OP10
IHM
ROBOT DE SOUDAGE
CONTROLE QUALITE
FINITION

Annexe 3 : Mode opératoire des retouches après ISOLA1



PROMA GROUP ISOLA 1 OP 10	**Instruction de travail** Nom de l'activité / Opération RETOUCHE OPERATION 10	Client PSA Caractéristique spéciale	Réf: INS.EN.05-7 Rev1 Date : 28/03/2022 PAGE 1/1

Legend: Safety (S) | Quality(Q) | Indications | Important operation | Critical operation | Rotation | Direction / Verso | Personal Protective Equipment :

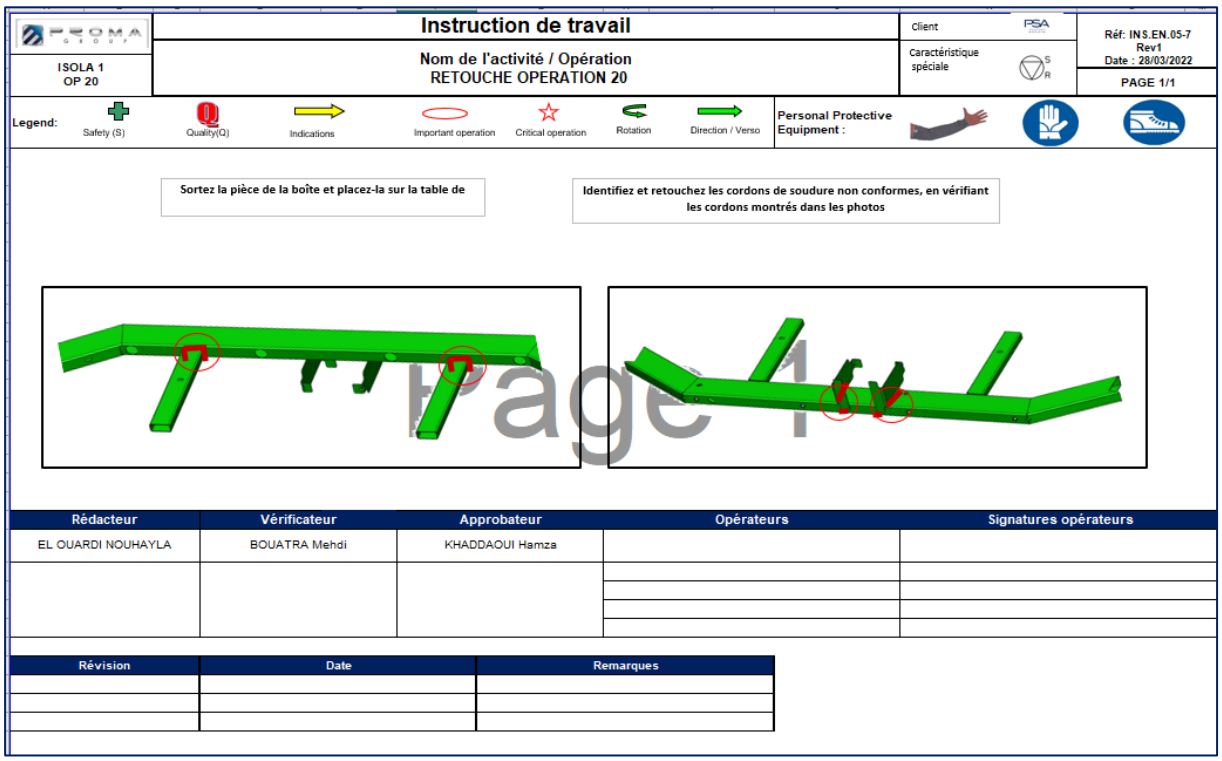
Sortez la pièce de la boîte et placez-la sur la table de soudage.

Identifiez et retouchez les cordons de soudure non conformes, en vérifiant les cordons montrés dans les photos

Page 1

Rédacteur	Vérificateur	Approbateur	Opérateurs	Signatures opérateurs
EL OUARDI NOUHAYLA	BOUATRA Mehdi	KHADDAOUI Hamza		

Révision	Date	Remarques



PROMA GROUP ISOLA 1 OP 20	**Instruction de travail** Nom de l'activité / Opération RETOUCHE OPERATION 20	Client PSA Caractéristique spéciale	Réf: INS.EN.05-7 Rev1 Date : 28/03/2022 PAGE 1/1

Legend: Safety (S) | Quality(Q) | Indications | Important operation | Critical operation | Rotation | Direction / Verso | Personal Protective Equipment :

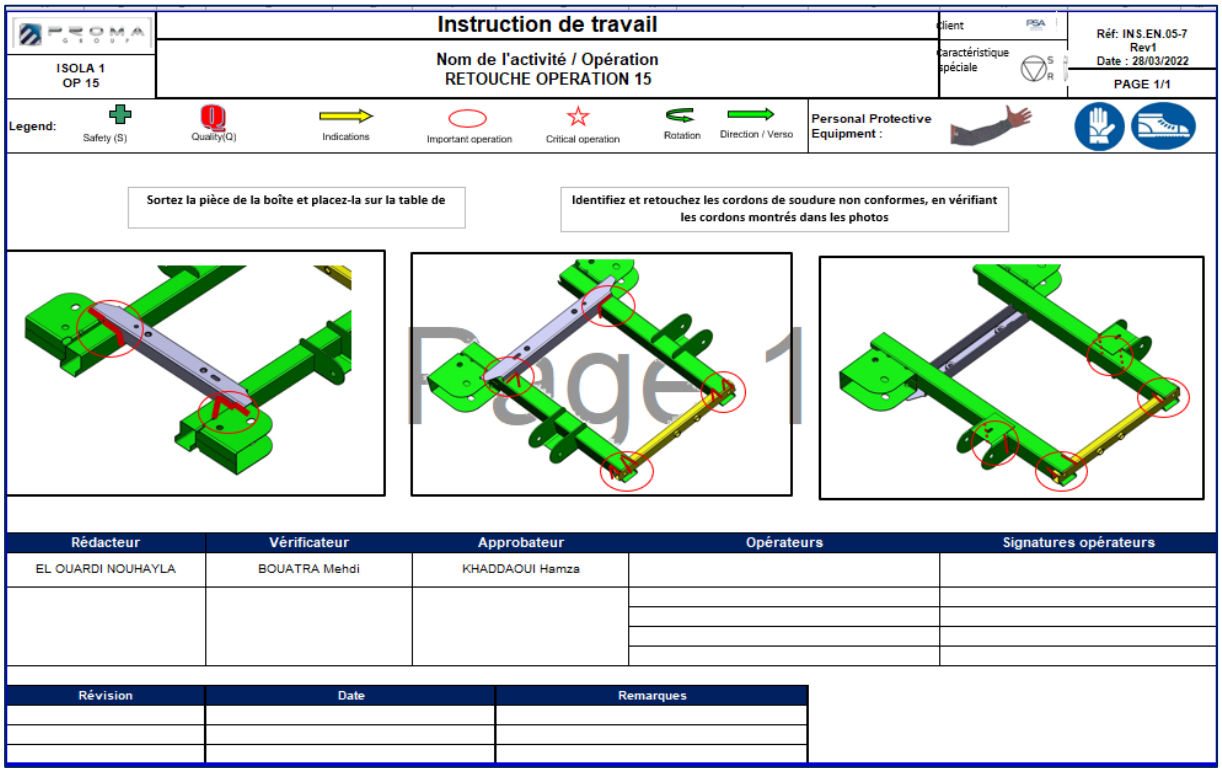
Sortez la pièce de la boîte et placez-la sur la table de

Identifiez et retouchez les cordons de soudure non conformes, en vérifiant les cordons montrés dans les photos

Page 1

Rédacteur	Vérificateur	Approbateur	Opérateurs	Signatures opérateurs
EL OUARDI NOUHAYLA	BOUATRA Mehdi	KHADDAOUI Hamza		

Révision	Date	Remarques



PROMA GROUP	**Instruction de travail**	Client	Réf: INS.EN.05-7 Rev1 Date : 28/03/2022
ISOLA 1 OP 15	Nom de l'activité / Opération RETOUCHE OPERATION 15	Caractéristique spéciale	PAGE 1/1

Legend: Safety (S) | Quality(Q) | Indications | Important operation | Critical operation | Rotation | Direction / Verso

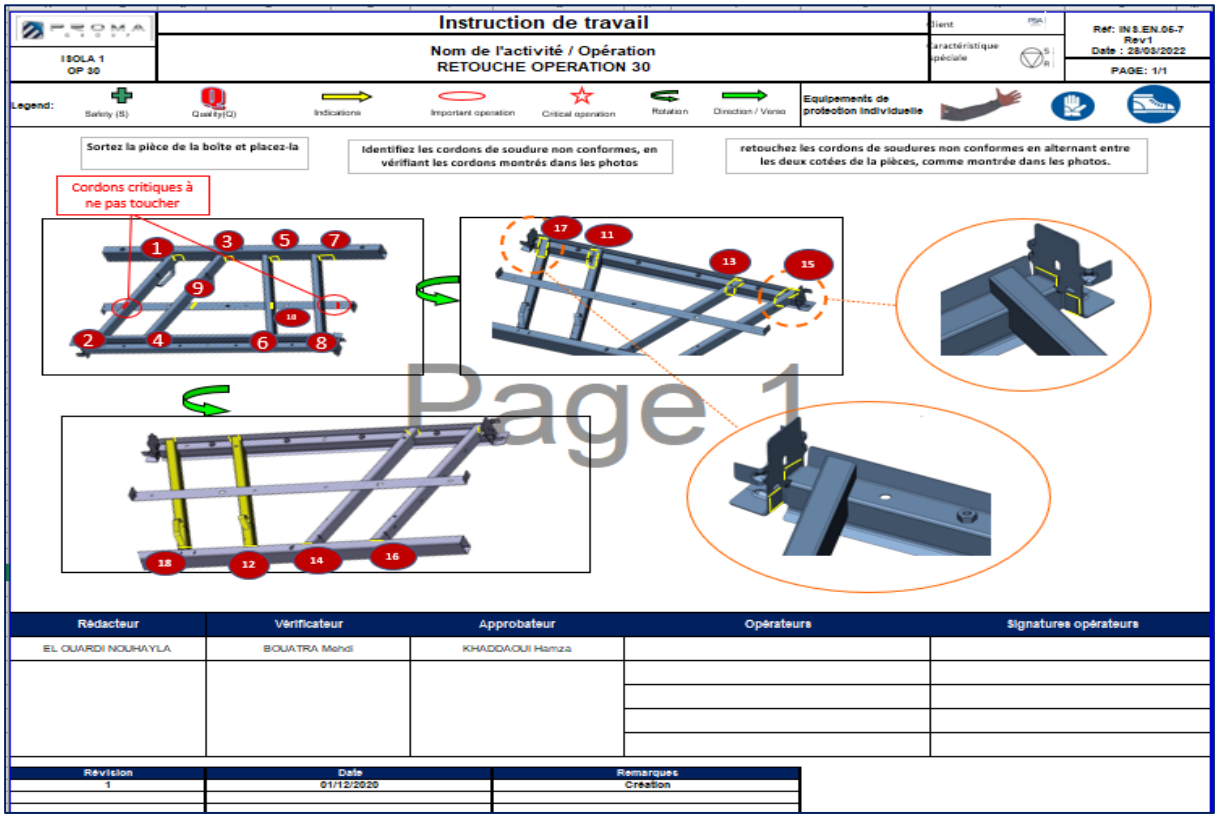
Personal Protective Equipment :

Sortez la pièce de la boîte et placez-la sur la table de

Identifiez et retouchez les cordons de soudure non conformes, en vérifiant les cordons montrés dans les photos

Rédacteur	Vérificateur	Approbateur	Opérateurs	Signatures opérateurs
EL OUARDI NOUHAYLA	BOUATRA Mehdi	KHADDAOUI Hamza		

Révision	Date	Remarques



PROMA GROUP	**Instruction de travail**	Client	Réf: INS.EN.05-7 Rev1 Date : 28/03/2022
ISOLA 1 OP 30	Nom de l'activité / Opération RETOUCHE OPERATION 30	Caractéristique spéciale	PAGE: 1/1

Legend: Safety (S) | Quality(Q) | Indications | Important operation | Critical operation | Rotation | Direction / Verso

Equipements de protection individuelle

Sortez la pièce de la boîte et placez-la

Identifiez les cordons de soudure non conformes, en vérifiant les cordons montrés dans les photos

retouchez les cordons de soudures non conformes en alternant entre les deux cotées de la pièces, comme montrée dans les photos.

Rédacteur	Vérificateur	Approbateur	Opérateurs	Signatures opérateurs
EL OUARDI NOUHAYLA	BOUATRA Mehdi	KHADDAOUI Hamza		

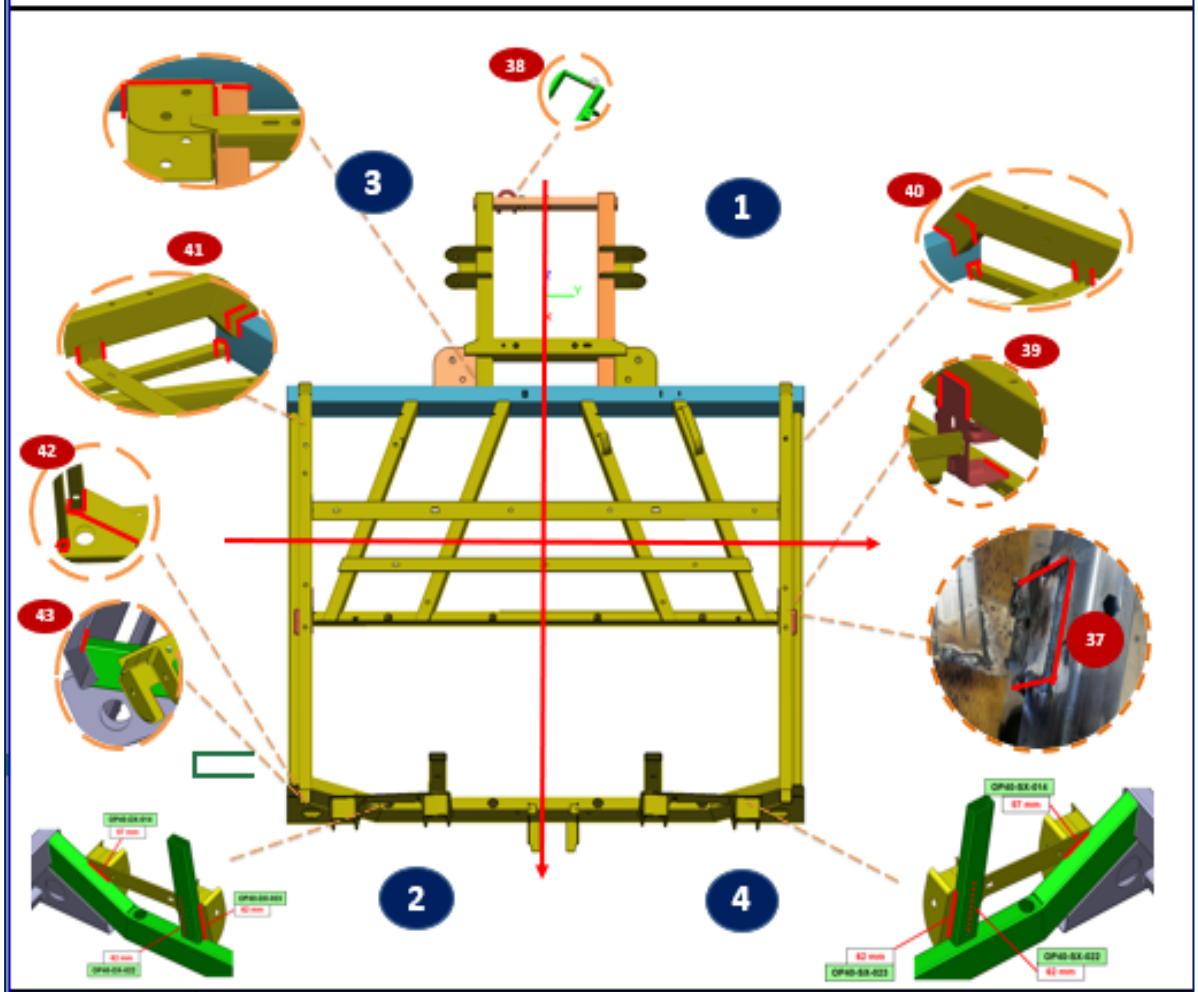
Révision	Date	Remarques
1	01/12/2020	Création

Annexe 4 : Instruction de travail OP175

	Instruction de travail	Client STELLANTIS	Ref: INS.PR.187 Rev1
PROMA GROUP	Nom de l'activité / Opération Contrôle et Retouche des cordons OP175	Caractéristique spéciale	page 6/6

Legend: Safety (S) | Quality (Q) | Indications | Important operation | Critical operation | Rotation | Direction / Items | Personal Protective Equipment :

Opérateur : Tourner la table et puis retoucher les cordons de soudures non conformes identifiees par les traits rouges montres dans les photos



Rédacteur	Vérificateur	Approbateur	Opérateurs	Signatures opérateurs
EL OUARDI Nouhayla	BOUATRA Mehdi	KHADDAOUI Hamza		

Révision	Date	Remarques
1	01/12/2020	Création
2	19/05/2022	voir la page 2/6
3	19/05/2022	voir la page 5/6
4	23/05/2022	l'ajout de la retouche de l'OP40 à l'OP175

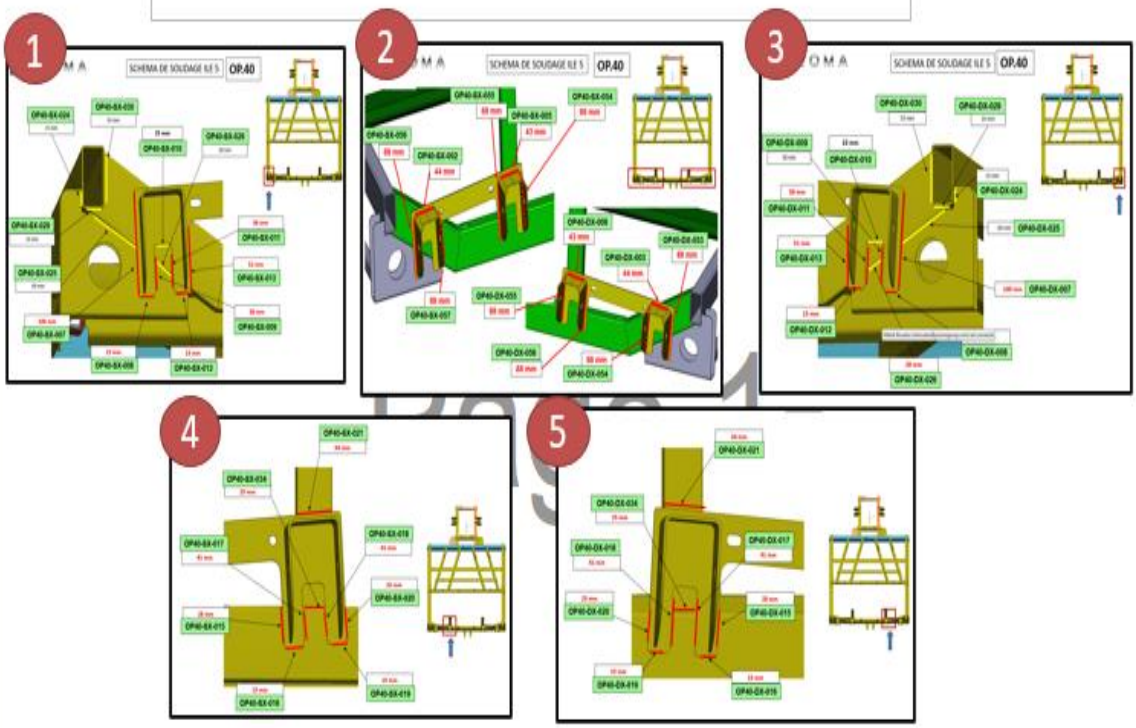
Annexe 5 : Instruction de travail finition du châssis

	Instruction de travail	Client STELLANTIS	Réf: IN.8.EN.16 Rev1 Date : 01/12/2020
PROMA STUDY	Nom de l'activité / Opération Finition du chassis	Caractéristique spéciale S R	page 2/2

Legend: Safety (S) | Quality(Q) | Indications | Important operation | Critical operation | Rotation | Direction / Venio

Personal Protective Equipment :

Identifiez et retouchez les cordons de soudure non conformes des deux chapes arrière droite et gauche du chassis



Rédacteur	Vérificateur	Approbateur	Opérateurs	Signatures opérateurs
EL OUARDI Nouhayla	BOUATRA Mehdi	KHADDAOUI Hamza		

Révision	Date	Remarques
1	01/12/2020	Création
2	23/05/2022	L'ajout de la vérification et de la retouche d'une partie de chape

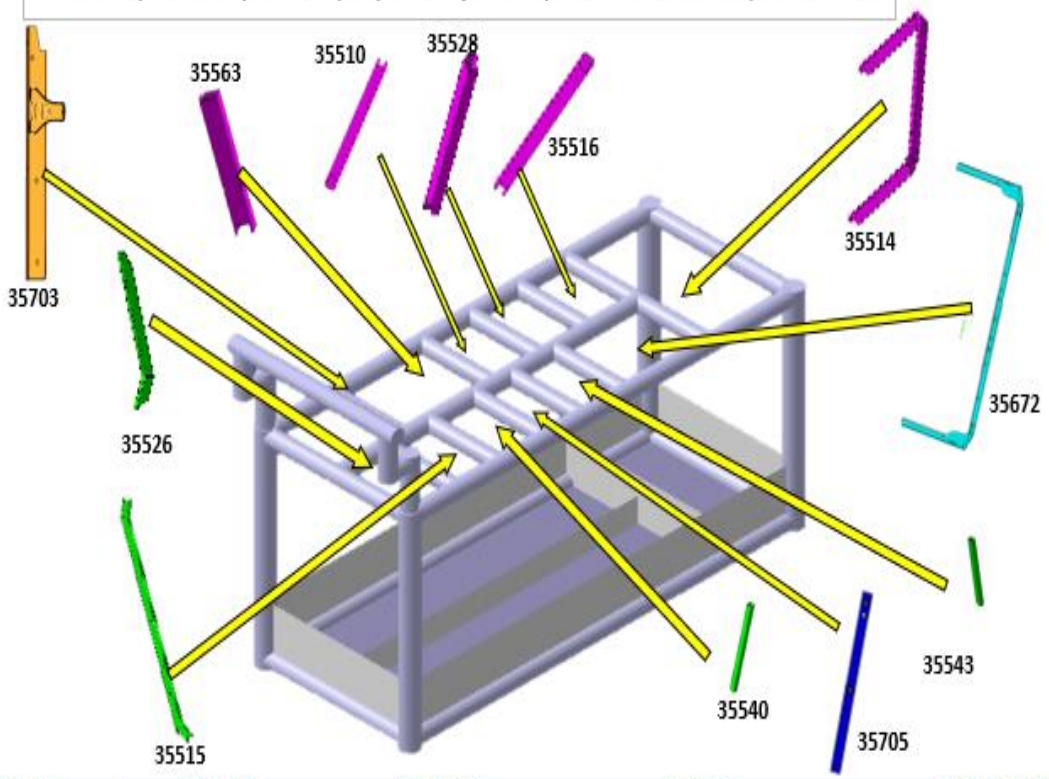
Annexe 6 : Mode d'utilisation du chariot de chargement ISOLA 2

PROMA GROUP	Instruction de travail	Client STELLANTIS	Réf: INS.EN.06-7
ISOLA 2	Nom de l'activité / Opération Chargement de la MP	Caractéristique spéciale	Rev1 Date : 24/06/2022
			PAGE 1/1

Legend: Safety (S) | Quality(Q) | Indications | Important operation | Critical operation | Rotation | Direction / Vario

Personal Protective Equipment :

Positionnez 5 pieces dans les positions indiquées par la fleche jaune en respectant les idintificateurs indiqués sur le chariot.



Rédacteur	Vérificateur	Approbateur	Opérateurs	Signatures opérateurs
EL OUARDI Nouhayla	BOUATRA Mehdi	KHADAOUI Hamza		

Révision	Date	Remarques
1	24/06/2022	Création

Annexe 7 : Fiche de nettoyage de la ligne O2C par shift.

PROMA	Nettoyage ISOLA O2C		
Shift	Shift A	Shift B	Shift C
ISOLA 1	OP 30	OP 20 ET OP10	OP15 +TERRE + FRAISEUSE
ISOLA 2	OP80 + OP90	OP70 +TERRE + FRAISEUSE	OP60 + OP50
ISOLA 3	OP100	OP110	TERRE + FRAISEUSE
ISOLA 4	OP140	OP150	TERRE + FRAISEUSE
ISOLA 5	DEMI TABLE AVANT	DEMI TABLE ARRIRE	TERRE + FRAISEUSE
ISOLA 6	DEMI TABLE AVANT OP100	DEMI TABLE ARRIRE OP110	TERRE + FRAISEUSE
ISOLA 7	DEMI TABLE AVANT	DEMI TABLE ARRIRE	TERRE + FRAISEUSE
ISOLA RACK BATTERY	OP 20	OP10	TERRE + FRAISEUSE

Annexe 8 : Fiche des suivis de nettoyage

Checklist de nettoyage ISOLA O2C						
Shift	Shift A		Shift B		Shift C	
	Responsable:		Responsable:		Responsable:	
Jour	Operateur	Signature	Operateur	Signature	Operateur	Signature
LUNDI						
MARDI						
MERCREDI						
JEUDI						
VENDREDI						
SAMEDI						