



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès

Faculté de Sciences et techniques de Fès-Saïss

Département de génie mécanique



Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention du :

Master Sciences et Techniques

Spécialité : Ingénierie Mécanique

Thème : Amélioration des moyens d'accostage GMP & étude et conception d'un convoyeur

Lieu :

SOMACA CASABLANCA

Présenté par :

S. NABIOUI

Encadré par :

- Mr. B. CHOUKRALLAH ELIDRISSI
- Pr. A. TOUACHE

Soutenu le 18/06/2014 devant le jury :

- Pr. A. ABOUTAJDDINE
- Pr. A. TOUACHE
- Pr. A. JABRI

Dédicace

Je dédie ce travail

À mes chers parents : Aucune dédicace ne saurait exprimer le dévouement, le respect et l'amour que je porte à vous. Vous pouvez être fières d'avoir réussi votre mission dans la vie.

À mes sœurs.

À mes frères.

À mes encadrants pour leur serviabilité, leur soutien, leurs orientations et leurs encouragements.

À tous mes collègues, les étudiants du Master Ingénierie Mécanique de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès ainsi qu'à tout le personnel de l'usine SOMACA.

NABIOUI Said



Remerciements

En préambule à ce mémoire, je remercie *ALLAH* qui m'a aidé et ma donnée la patience et le courage durant ces longues années d'études.

Je souhaite adresser mes remerciements les plus sincères aux personnes qui m'ont apporté leurs aides et qui ont contribué à l'élaboration de ce rapport ainsi qu'à la réussite de ces formidables années d'études.

J'exprime ma profonde gratitude à mes encadrants *M.CHOUKRALLAH* et *M.TOUACHE* pour leurs encouragements, leurs directives et leurs précieux conseils tout au long de mon stage.

Mes remerciements s'adressent également à toute la DIVD Montage de l'usine SOMACA.

Mes remerciements s'étendent également à tous mes enseignants durant les années d'études.

Je tiens à remercier toute personne qui a participé de près ou de loin à l'exécution de ce modeste travail.

Résumé

Dans la perspective d'augmentation de la performance de l'atelier de montage, la direction ingénierie des véhicules décentralisés de montage (DIVD) de la société SOMACA s'est orientée vers une stratégie d'amélioration continue afin de parvenir aux meilleurs niveaux de qualité et de productivité. Dans cette optique, le présent projet a pour objet l'amélioration des moyens industriels de l'UET04.

Dans le but d'atteindre les objectifs suscités, le premier sujet vise l'amélioration des moyens d'accostage GMP (groupe moteur propulseur) par la conception des nouveaux outillages innovants et plus robustes ainsi que la réimplantation des méthodes de travail dans la zone d'accostage GMP.

Dans un deuxième temps, j'ai chargé de réaliser l'étude et la conception d'un convoyeur pour les boucliers arrière et avant, dont j'ai dimensionné et choisi toutes ses équipements.

Liste des Figures

Figure 1: Voitures montés à la SOMACA	15
Figure 2: Organigramme de la SOMACA.....	15
Figure 3: Processus généralisé de fabrication dans l'atelier Tôlerie.....	16
Figure 4: Préparation du Châssis en UET1 de Tôlerie	16
Figure 5: Assemblage Générale en UET2 de Tôlerie	17
Figure 6: Les différents types d'ouvrants en UET4 Tôlerie.	17
Figure 7: Montage des Eléments Ferrage (MEF)-UET3 de Tôlerie.....	18
Figure 8: Processus de TTS et de Finition de l'atelier peinture.	18
Figure 9: Processus de contrôle au bout d'usine.	20
Figure 10 : Évolution de nombre des véhicules perdus par mois	22
Figure 11 : Démarche du projet.....	23
Figure 12: Levage de GMP par le palan	23
Figure 13 : Guidage des ressort-amortisseurs et fixations de berceau	24
Figure 14 : Positionnement de l'intercalaire sur le chariot de préparation.....	24
Figure 15: Diagramme Hishikawa.....	28
Figure 16 : Diagramme Pareto pour le classement des causes	30
Figure 17 : Variation du temps d'accostage pour chaque diversité	31
Figure 18: Diagramme bête à corne	32
Figure 19: Diagramme pieuvre	33
Figure 20: Matrice tri- croisé	35
Figure 21: Histogramme de classement des fonctions.....	35
Figure 22: Prototype de l'intercalaire	38
Figure 23: Modèle géométrique de l'intercalaire	38
Figure 24: Conditions aux limites	40
Figure 25 : Contrainte de Van Mises au nœud	40
Figure 26: Déplacement dans les nœuds.....	41
Figure 27: Modification de chariot de préparation et palan	42
Figure 28: Mode opératoire avec deux palans	45

<i>Figure 29: Temps des opérations de transfert MO3 vers ME1 avec deux palans</i>	<i>46</i>
<i>Figure 30: Gabarie de contrôle</i>	<i>47</i>
<i>Figure 31 : Mode opératoire initial</i>	<i>49</i>
<i>Figure 32 : Bouclier arrière de Sandero</i>	<i>50</i>
<i>Figure 33 : Composants de la chaîne de manutention</i>	<i>52</i>
<i>Figure 34 : Attaches de type K1 soudé</i>	<i>53</i>
<i>Figure 35 : Galet épaulé</i>	<i>53</i>
<i>Figure 36 : Schéma de l'arbre des roues</i>	<i>56</i>
<i>Figure 37 : Actions aux niveaux des paliers</i>	<i>59</i>
<i>Figure 38 : Chaîne de transmission</i>	<i>60</i>
<i>Figure 39 : Motoréducteur</i>	<i>62</i>
<i>Figure 40 : Système de réglage d'entraxe</i>	<i>64</i>
<i>Figure 41 Convoyeur à chaîne pour boucliers</i>	<i>64</i>

Liste des Tableaux

<i>Tableau 1 : Fiche signalétique de la SOMACA</i>	<i>14</i>
<i>Tableau 2 : Outil QQQQCP</i>	<i>25</i>
<i>Tableau 3 : Résultats obtenus du vote pondéré</i>	<i>29</i>
<i>Tableau 4 : Liste des fonctions principales et de contraintes</i>	<i>34</i>
<i>Tableau 5 : Propriétés du matériau</i>	<i>39</i>
<i>Tableau 6 : PMP de l'intercalaire</i>	<i>47</i>
<i>Tableau 7 : Caractéristiques des zones allouées</i>	<i>50</i>
<i>Tableau 8 : Données de production</i>	<i>50</i>
<i>Tableau 11 : Avantages et inconvénients des propositions</i>	<i>51</i>
<i>Tableau 12 : Caractéristiques techniques du motoréducteur</i>	<i>63</i>

GLOSSAIRE

<i>Abréviations</i>	<i>Désignations</i>
SOMACA	Société Marocaine de Construction Automobile
DIVD	Direction de l'Ingénierie Véhicule Décentralisée
GMP	Groupe Moteur Propulseur
X52	SANDERO et LOGAN nouvelle version
FOS	Feuille d'Opération Standards
FAST	Functional Analysis System Technic
UET	Unité Elémentaire de Travail
PMP	Plan de maintenance préventive
BV	Boîte à vitesse
BVA	Boîte à vitesse automatique
SPR	Système de Production Renault
CAMI	Chargé d'affaire en moyens industriels
QCD	Qualité Coût Délai
B.E.P.I	Bureau d'Etudes et de Participation Industrielle
CKD	Completely Knock Down
CDC	Cotés De Caisse
TTS	Le tunnel de traitement de surface
MO3	Zone de préparation groupe moteur propulseur
ME1	Zone d'accostasse groupe moteur propulseur

Sommaire

DEDICACE	2
REMERCIEMENTS	3
RESUME	4
LISTE DES FIGURES	5
LISTE DES TABLEAUX	7
GLOSSAIRE	8
AVANT PROPOS	11
<i>Chapitre 1</i> PRESENTATION DE L'ORGANISME D'ACCUEIL	13
1. PRESENTATION GENERALE	14
2. PRODUITS	14
3. ORGANIGRAMME GENERAL	15
4. PROCESSUS DE FABRICATION	16
4.1. PROCESSUS DE TOLERIE	16
4.2. PROCESSUS DE PEINTURE	18
4.3. PROCESSUS MONTAGE	19
4.4. PROCESSUS BOUT D'USINE	20
5. PRESENTATION DU DEPARTEMENT D'ACCUEIL	20
<i>Chapitre 2</i> AMELIORATION DES MOYENS D'ACCOSTAGE GMP	21
1. CONTEXTE PEDAGOGIQUE DE PROJET	22
2. OBJECTIF DU PROJET	22
3. PROBLEMATIQUE.....	22
4. DEMARCHE DU PROJET	22
4.1 <i>Situation initiale</i>	23
4.2 <i>Observer</i>	24
4.3 <i>Comprendre</i>	25
4.4 <i>Concevoir</i>	31
4.4.1 <i>Etude et conception d'un nouveau intercalaire</i>	32
4.4.1.1 <i>Analyse fonctionnelle</i>	32
4.4.1.2 <i>Etude RDM</i>	Erreur ! Signet non défini.
4.5 <i>Agir</i>	42
4.5.1 <i>Modification des moyens</i>	42
4.5.2 <i>Modification du mode opératoire</i>	43
<i>Chapitre 3</i> ETUDE ET CONCEPTION D'UN CONVOYEUR POUR BOUCLERS	48
1. OBJECTIF DU PROJET	49
2. PROBLEMATIQUE.....	49
3. CAHIER DE CHARGE.....	49
3.1 <i>Présentation de l'affaire</i>	49
3.2 <i>Site</i>	50
3.3 <i>Caractéristiques des zones allouées</i>	50
3.4 <i>Produit – équipements</i>	50
3.5 <i>Energie</i>	51
4. ETUDE ET CONCEPTION	51
4.1 <i>Choix du type de convoyeur</i>	51
4.2 <i>Dimensionnement du convoyeur</i>	52

4.2.1	La chaîne de manutention.....	52
a.	Définition.....	52
b.	Les attaches.....	52
c.	Galet.....	53
d.	Roues.....	53
4.2.2	Calcul de puissance moteur.....	54
4.2.3	Dimensionnement de l'arbre des roues.....	56
4.2.4	Choix des paliers.....	59
4.2.5	Dimensionnement de la chaîne de transmission.....	60
4.3	Choix technique des équipements.....	62
4.3.1	Choix du motoréducteur.....	62
4.3.2	Choix des capteurs.....	63
4.3.3	Système de réglage d'entraxe.....	63
CONCLUSION.....		65
BIBLIOGRAPHIE.....		66
ANNEXES.....		67

AVANT PROPOS

Nom et prénom:

NABIOUI Saïd

Intitulé du travail :

Amélioration des moyens d'accostage GMP & étude et conception de d'un convoyeur pour les boucliers.

Etablissement d'accueil :

SOMACA, La Société Marocaine de Construction Automobile, km 12, Autoroute de Rabat Ain Sebâa CASABLANCA– BP 2628.

Etablissement d'origine :

Faculté des Sciences et Techniques de Fès

Nom et fonction de l'encadrant du projet de l'établissement d'accueil :

B. CHOUKRALLAH ELIDRISSI Chargé d'affaires en moyens industriels (CAMI)

Nom et fonction de l'encadrant du projet de l'établissement d'origine

A. TOUACHE, Professeur universitaire à la FST de Fès

Date de début et de fin du stage :

Du 27 janvier au 27 Mai 2014

Introduction générale

Dans le cadre de mes études en Master Ingénierie Mécanique à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, j'ai effectué un stage de fin d'études sous le thème : «Amélioration des moyens d'accostage GMP et l'étude et la conception d'un convoyeur» Au sein de l'usine SOMACA de Casablanca, plus précisément à la Direction Ingénierie des Véhicules Décentralisée au département de montage.

La problématique dans ce projet est que le mode opératoire ainsi que les moyens utilisés actuellement dans l'unité élémentaire de travail N°04 (UET04) ne répondent pas aux exigences du Système de Production RENAULT. En effet, les moyens d'accostage n'assurent ni la cadence ni la qualité, tel que chaque jour des pannes et des arrêts sont signalés. Le présent rapport englobe mon travail pour remédier à ce problème dans trois chapitres :

Le premier chapitre, sera consacré à la présentation de l'organisme d'accueil qui est la société SOMACA, en décrivant sa présence dans l'industrie automobile et son processus de production.

Dans le deuxième chapitre, en présentera la démarche du travail et la stratégie adoptée pour l'amélioration des moyens d'accostage, on passant par cinq étapes de résolution du problème.

Dans le troisième chapitre, en présentera le contexte général du deuxième sujet et les exigences du cahier des charges que la conception doit respecter et finalement le choix technique des éléments du convoyeur.

Chapitre | 1

PRESENTATION DE L'ORGANISME D'ACCUEIL

« Ce chapitre est consacré à la présentation de l'entreprise d'accueil SOMACA, ses différents services, ainsi que le processus de montage des voitures »

1. Présentation générale

La SOMACA a été créée en 1959 par l'intermédiaire du Bureau d'Etudes et de Participation Industrielle (B.E.P.I), organisme chargé de promouvoir le développement industriel du Maroc.

La création de la SOMACA a répondu à un certain nombre de préoccupations économiques. En effet, dans le cadre de la promotion de l'industrie nationale et dans le but d'asseoir le développement du pays, priorité a été donnée à toute industrie susceptible d'engendrer elle-même la création ou le développement d'autres activités.

Fiche signalétique de la SOMACA
Raison social : SOMACA, La Société Marocaine de Construction Automobile.
Adresse : km 12, Autoroute de Rabat Ain Sebâa CASABLANCA– BP 2628.
Activité : Montage et Assemblage des véhicules.
Forme juridique : Société Anonyme.
Capital social : 60 000 000 DH
Date de création : 24 Juillet 1959.
Effectif : Plus que 2000 personnes.
Superficie : 30 Ha, dont 9 Ha sont couverts.
Certificat : ISO 9001.
PDG: M. Labri BELARBI
DG: Fabrice DELECROIX

Tableau 1 : Fiche signalétique de la SOMACA

2. Produits

Les voitures fabriquées à la SOMACA sont : Logan, Sandero et sa diversité StepWay représentées sur la figure suivante.



Figure 1: Voitures montés à la SOMACA

3. Organigramme général

L'organisation générale de la SOMACA est représentée sur la figure qui suit :

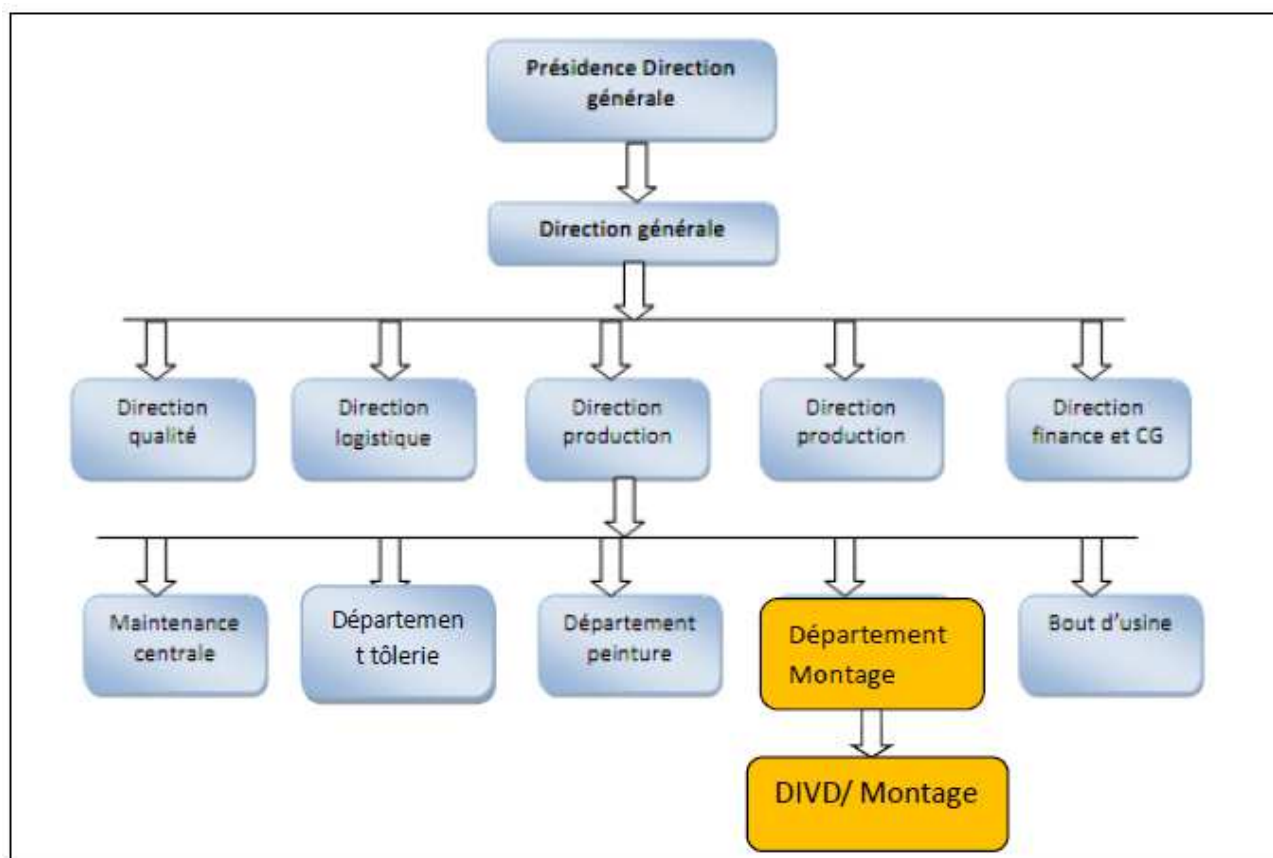


Figure 2: Organigramme de la SOMACA

4. Processus de fabrication

La production des véhicules à SOMACA consiste à l'assemblage d'éléments CKD (Completely Knock Down) approvisionnés en lots et pièces fabriquées localement.

A l'arrivée, tout l'approvisionnement passe à travers un contrôle de réception quantitatif et qualitatif.

4.1. Processus de Tôlerie

C'est la phase où le véhicule prend sa forme initiale, « la caisse ». A ce niveau, les pièces « CKD » (completely-knocked-down) ou complètement en pièces détachées, s'assemblent grâce à des techniques de soudage ou de sertissage. Le processus d'assemblage en tôlerie passe par deux étapes fondamentales: le berceau de soudure et la finition, dont les cinq UETs s'interviennent.

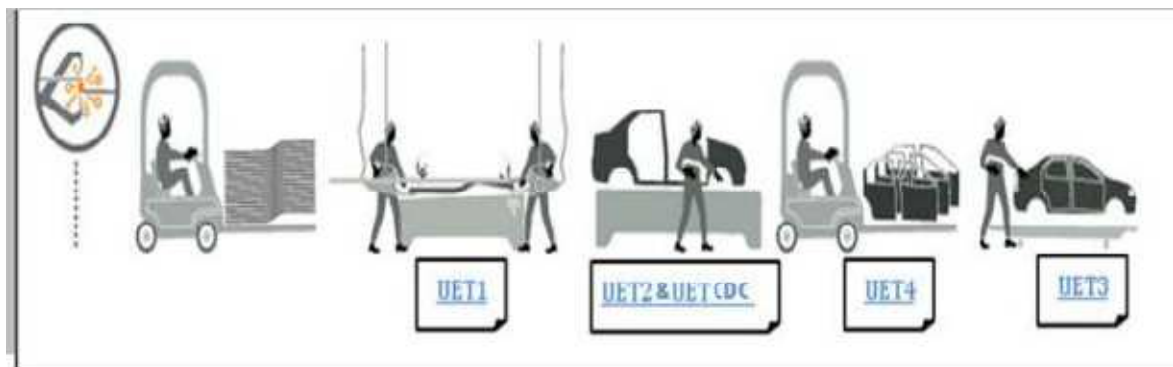


Figure 3: Processus généralisé de fabrication dans l'atelier Tôlerie

Etape 01 : Berceau de soudure

Grâce au soudage par résistance (ou par point), la caisse est mise en forme selon les gammes opératoires appropriées à chaque élément. Ce processus passe par trois UETs : UET1, UET2 & UET CDC (Cotés De Caisse), et UET4.

- **UET1** : Où se prépare la base roulante, en trois grandes unités : le soubassement avant, le soubassement arrière, et le soubassement central. La figure suivante présente l'étape de préparation de la base roulante ou le châssis.

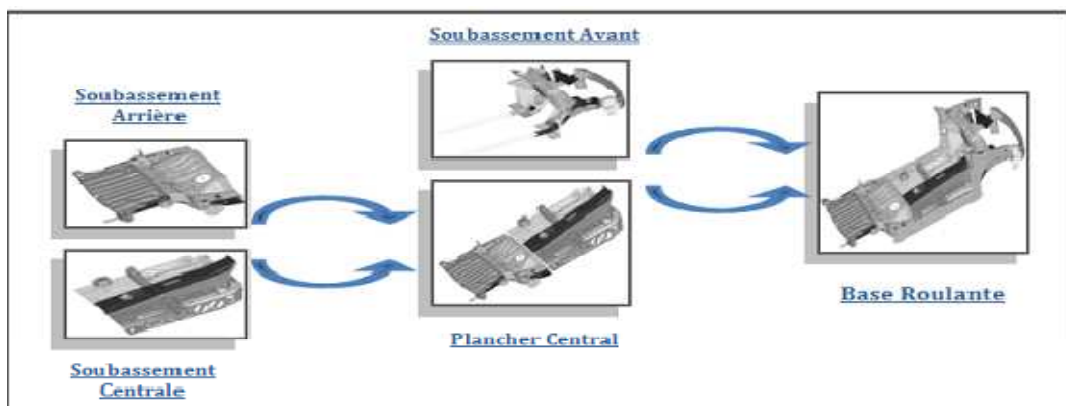


Figure 4: Préparation du Châssis en UET1 de Tôlerie

- **UET2 & UET CDC** : C'est l'assemblage général (AG) où la caisse prend structure globale. Dans l'UET2 la basse roulante est assemblée et livrée pour quelle s'attache aux cotés de caisse fournis par l'UET CDC pour recevoir enfin le pavillon (plafond) en dernier poste de l'UET2.

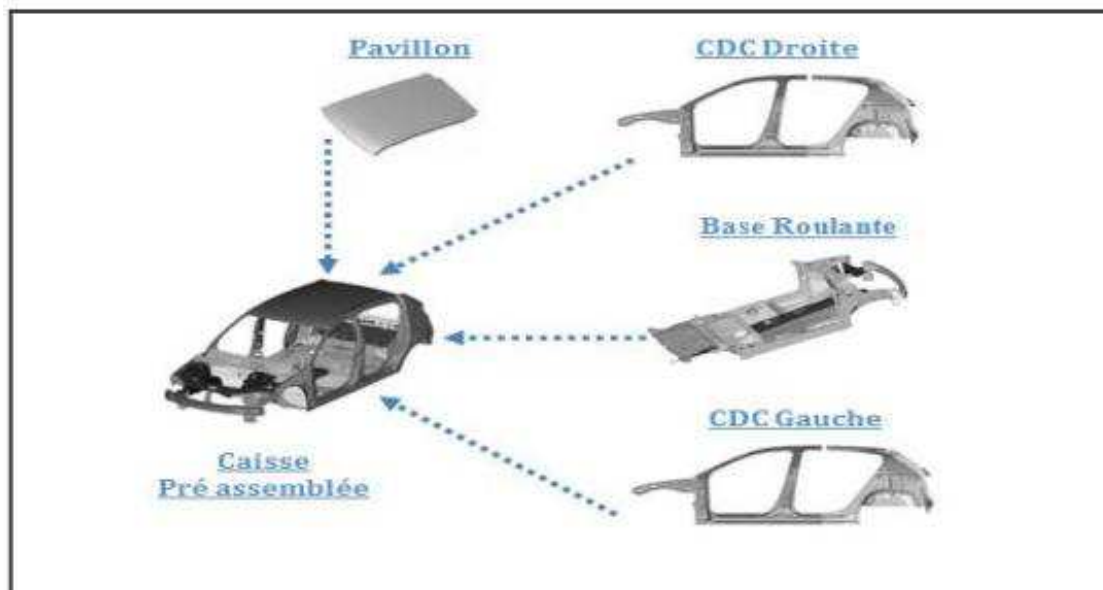


Figure 5: Assemblage Générale en UET2 de Tôlerie

- **UET4** : Les quatre portes avant et arrière, le capot et la porte coffre, autrement dits les ouvrants, sont préparés et sertis soit par une presse ou par Robot ABB



Figure 6: Les différents types d'ouvrants en UET4 Tôlerie.

Etape 02 : Montage Eléments Ferrage (MEF)

Nommée aussi la ligne Ferrage ou Finition, elle a pour mission le montage et le réglage des ouvrants provenant de l'UET4 avec la caisse pré-assemblée provenant de

l'UET2, ainsi la gravure de numéro de châssis sur la caisse et fini par des contrôles de qualité avant de livrer la caisse à l'atelier client : la peinture.

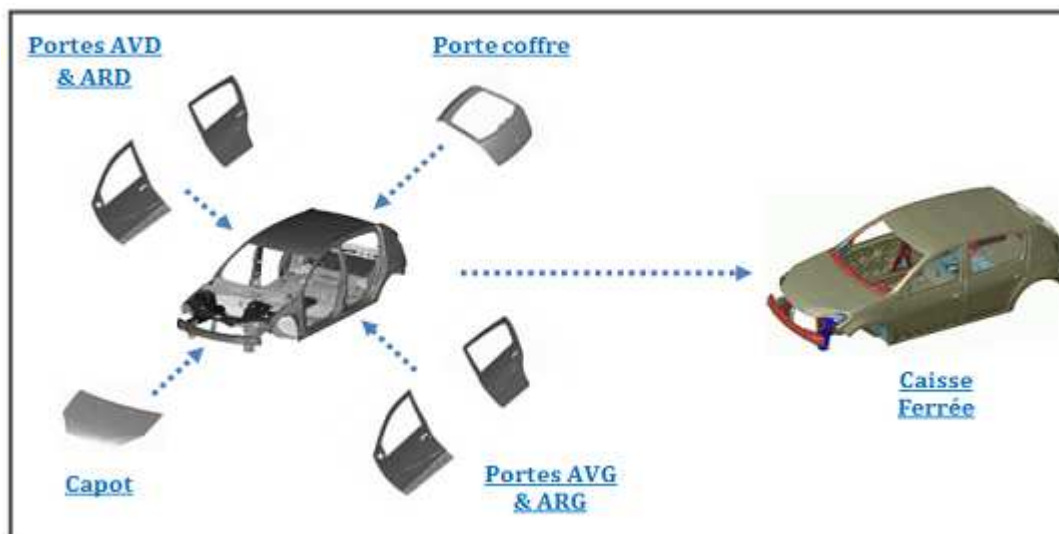


Figure 7: Montage des Eléments Ferrage (MEF)-UET3 de Tôlerie

4.2. Processus de Peinture

Après avoir être ferrée, la caisse passe par l'atelier peinture. Le tunnel de traitement de surface (TTS), la cataphorèse, le mastic, l'apprêt, la laque et la finition comportent les six phases fondamentales de la peinture. Dans ce qui suit, on parlera brièvement de chacune de ces étapes.

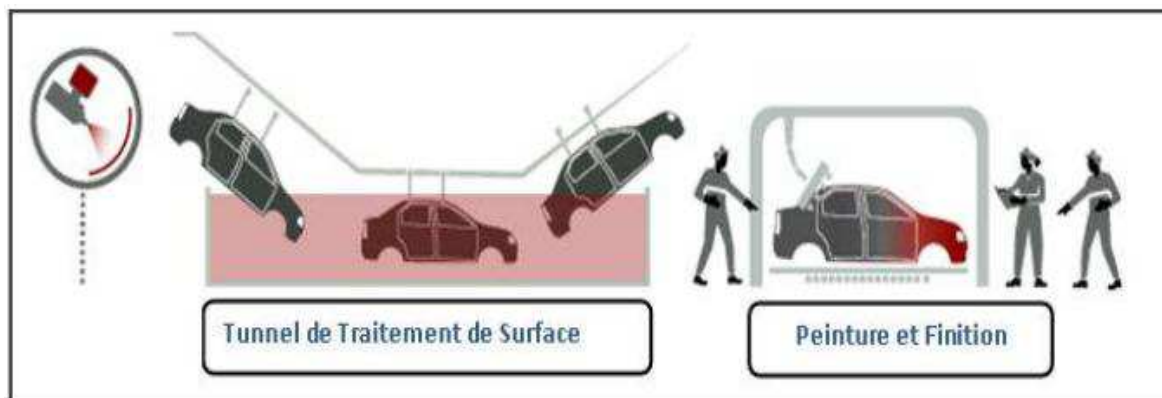


Figure 8: Processus de TTS et de Finition de l'atelier peinture.

• Tunnel de Traitement de Surface

Constitué de plusieurs bassins, le TTS est le client direct de la ligne ferrage de la Tôlerie, où la caisse subit des traitements anticorrosifs par la phosphatation de Zinc ou de Fer. Vue la complexité de ce traitement, des facteurs chimiques s'interviennent là-dessus et qui s'opèrent comme suit :

1. Pré phosphatation : c'est le dégraissage de la surface de la tôle en éliminant les huiles de protection et d'emboutissage ainsi que les résidus métalliques.

2. Phosphatation : à ce niveau, une couche microcristalline de phosphate de Zinc et de Fer se forme, à fin de conférer une bonne protection contre la corrosion et une bonne adhérence des peintures appliquées par la suite.

3. Post phosphatation : c'est une phase qui se déroule en trois stades : le rinçage, la passivation et le rinçage final, qui ont pour but, la résistance à la corrosion de la couche microcristalline formée dans l'étape précédente.

• **Cataphorèse**

Pendant cette phase, la caisse est attachée à une cathode, à fin de faire migrer les particules de peinture de l'anode à la cathode, via un bain de peinture hydrosoluble, et rendre a tôle neutre électriquement.

24

• **Mastic**

C'est un mélange adhésif à base des résines, des solvants et des additifs, permettant de :

- Boucher les trous.
- Protéger les dessous des caisses et les passages des roues contre le gravillonnage.
- Renforcer les soudures.
- Donner de l'étanchéité aux joints.

• **Apprêt**

C'est la peinture intermédiaire qui s'applique automatiquement, par deux robots à peindre, à la partie extérieure de la caisse, pour qu'elle se cuise dans une étuve à haute température, à fin d'assurer le garnissage suffisant pour éliminer les défauts d'aspect, et favoriser la protection anti-gravillonnage.

• **Laque**

C'est la peinture de finition, rassemblant à la fois, « la base » qui est la teinte colorée sur la superficie de la caisse, et le vernis qui protège la base et qui donne un aspect brillant à la caisse

• **Finition et retouches**

Comme toute phase finale d'un atelier de fabrication, la caisse peinte subit des retouches, des traitements d'élimination des non conformités (couleurs ou gains...etc.) par infrarouge, des contrôles de défauts, et des applications de produit d'anti-gravillonnage aux passages des roues et celui d'anticorrosion aux zones creuses.

Ces défauts ne peuvent être détectés qu'après le séchage de la laque par un four électrique, à fin d'être acheminée vers l'atelier de montage, qui sera le sujet du paragraphe suivant.

4.3. Processus du Montage

Le département de montage comporte une chaîne nommée C qui est dédiée à la production du modèle Logan et Sandero. A cette dernière étape du processus de fabrication où j'ai effectué mon projet de fin d'études, sont montés et assemblés les éléments mécaniques, le poste de conduite, la miroiterie et l'habillage intérieur du véhicule.

Les portes sont séparées de la caisse pour faciliter l'accès dans l'habitacle et le travail le tableau de bord est assemblé sur le tablier avant avec une assistance. Le véhicule continue son chemin afin que l'habillage intérieur et les sièges soient installés au fur et à mesure que la ligne avance. Puis le groupe motopropulseur et les éléments de la sous-caisse, viennent se fixer sous le véhicule à l'aide d'un chariot d'accostage. Il s'effectue en quelques minutes. La caisse reprend alors son parcours dans le flux.

A la fin de la chaîne, le véhicule subit une série de contrôles afin de vérifier le niveau de qualité du produit et procéder aux retouches si nécessaires.

4.4. Processus Bout d'usine

C'est à ce niveau, que les contrôles, et les retouches finales s'effectuent sur la caisse. On trouve deux types de contrôle là-dessus :

Contrôle statique: sur le fonctionnement des systèmes de sécurité, les ouvrants et les équipements, sur l'aspect, sur l

Contrôle dynamique: sur le fonctionnement mécanique et les bruits du moteur, des n composants et de la caisse...etc.

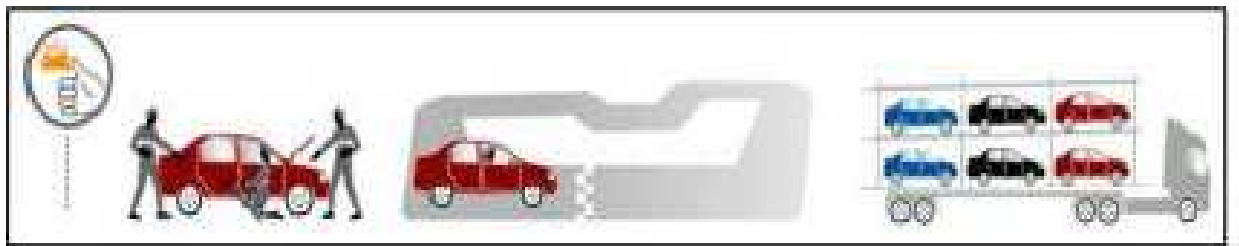


Figure 9: Processus de contrôle au bout d'usine.

Après avoir appliqué ces contrôles, les véhicules seront mis vers le parc véhicule, afin de les commercialiser aux clients locaux ou étrangers

5. Présentation du département d'accueil

Le fourgon qui entre au montage n'est encore qu'une caisse. L'apport du groupe motopropulseur, des trains roulants, des suspensions, du système de freinage et de l'ensemble des finitions va lui donner son statut de véhicule.

Le véhicule est bon à livrer après vérification de sa conformité et de son fonctionnement. Les contrôles électriques et mécaniques, ainsi que les essais de comportement ou les tests d'étanchéité, sont conduits dans une démarche de satisfaction totale du client. La direction ingénierie des véhicules décentralisées de montage (DIVD) est présente au sein de l'usine SOMACA afin d'accomplir, à l'aide des ingénieurs et des techniciens, un certain nombre de missions, dont on cite :

- **Etre une ingénierie performante pilotée par la valeur client** en s'appuyant sur des politiques-métier ambitieuses, une stratégie de standardisation et de sourcing compétitive dans le cadre de l'alliance ou des partenaires.
- **Contribuer à la rentabilité de l'entreprise** et à la satisfaction des clients en réalisant les développements des nouveaux véhicules VP/VU inscrits au plan gamme et leur démarrage sur le périmètre monde conformément aux objectifs QCD contractés et aussi en optimisant le niveau de qualité et les performances économiques des véhicules en série.
- **Contribuer à la pérennité de l'entreprise** en proposant des solutions ingénieuses et des percées technologiques abordables en déclinaison de l'image marque.
- **Assurer l'efficacité globale de l'entreprise** par un bon usage de ses ressources et par le développement continu des compétences métier dans le monde.
- **Contribuer à la performance du système industriel de façon pérenne** en apportant des solutions du process d'ingénierie compétitives.

Chapitre | 2

AMELIORATION DES MOYENS D'ACCOSTAGE GMP

« Ce chapitre est dédié à la présentation du premier sujet du stage ainsi que les étapes franchies pour traiter et résoudre les problèmes d'accostage GMP »

1. Contexte pédagogique de projet

Ce projet s'inscrit dans le cadre du stage de projet de fin d'études indispensable pour l'obtention du diplôme Master ingénierie mécanique délivré par la Faculté des Sciences et Techniques de Fès (FSTF).

2. Objectif du projet

Dans une recherche de performance maximale et durable de l'atelier de montage, ce projet vise l'amélioration des moyens d'accostage de groupe moteur propulseur par la réimplantation des méthodes de travail à l'UET4, et la conception des nouveaux outillages innovants et plus robustes.

3. Problématique

L'état actuel des moyens utilisés dans l'accostage GMP présente plusieurs problèmes au niveau des moyens utilisés et leurs méthodes d'exploitation. En effet, les moyens d'accostage n'assurent ni la cadence ni la qualité, tel que chaque jour des pannes et des arrêts sont signalés à cause du mode opératoire actuel, sans oublier l'absence de sécurité et d'ergonomie dans le lieu de travail. Les chiffres annuels ont montré que l'utilisation des moyens d'accostage GMP actuels provoque :

Pertes de 254 véhicules (RGU) \Rightarrow **115 000 € = 1.265 MDH**



Figure 10 : Évolution de nombre des véhicules perdus par mois

4. Démarche du projet

La démarche franchie pour traiter et résoudre le problème se compose de cinq étapes en choisissant à chacune d'elles le ou les outils les mieux adaptés :

- ❖ Observer
- ❖ Comprendre
- ❖ Concevoir
- ❖ Décider
- ❖ Agir

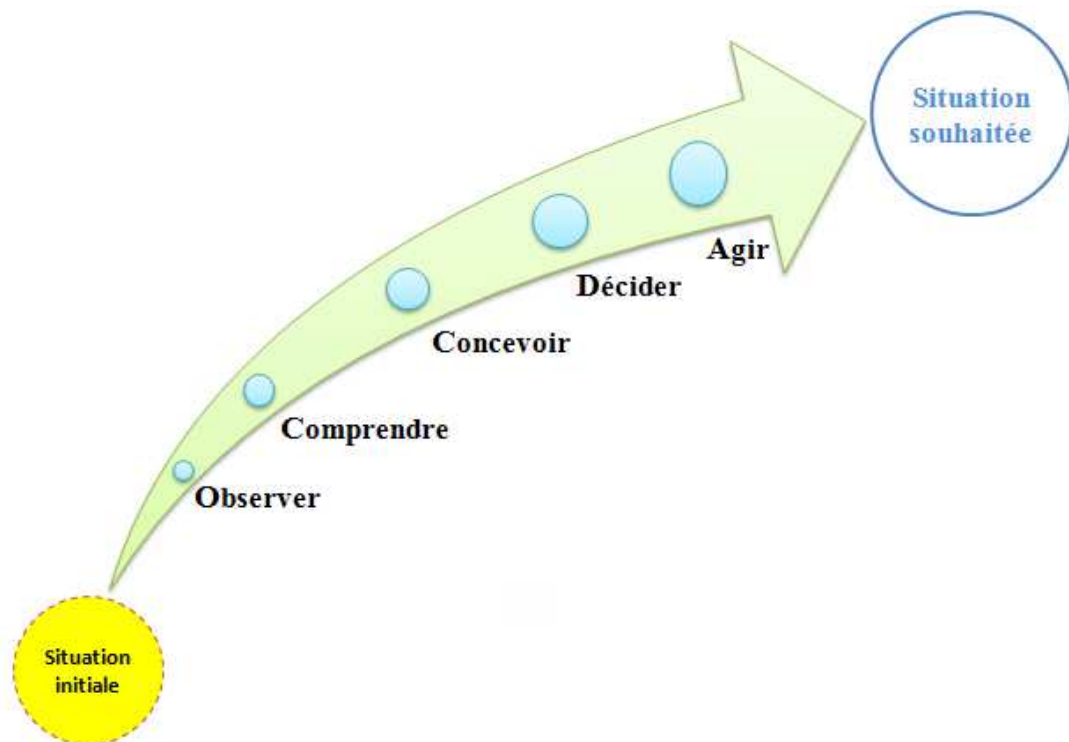


Figure 11 : Démarche du projet

4.1 Situation initiale

Avant d'entamer la résolution du problème, on fait une présentation rapide du mode opératoire actuel. L'accostage de GMP se fait dans cinq étapes. Dans ce qui suit, on parlera brièvement de chacune de ces étapes.

- **Etape 1** : Après que Le GMP est préparé dans l'UTE03, l'opérateur transporte le GMP à l'aide du palan vers la ligne de montage puis il le positionne sur la table d'accostage.



Figure 12: Levage de GMP par le palan

- **Etape 2** : Deux opérateurs déplacent le chariot d'accostage, qui possède des coussins d'air pour faciliter la manipulation vers la position d'accostage GMP.
- **Etape 3** : La table d'accostage possède une colonne élévatrice qui permet d'élever le GMP vers le position de fixation du GMP avec la sous-caisse du véhicule. A cet instant, trois opérateurs sont amenés à réaliser plusieurs opérations: fixation de berceau, guidage des ressort-amortisseurs, serrages des vis.



Figure 13 : Guidage des ressort-amortisseurs et fixations de berceau

- **Etape 4** : Après l'accostage du moteur, les opérateurs Dégagent le chariot d'accostage à la position initiale.
- **Etape 5** : Comme dernière étape, l'opérateur enlève l'intercalaire puis il positionne ce dernier sur le chariot de préparation.



Figure 14 : Positionnement de l'intercalaire sur le chariot de préparation

4.2 Observer

Le but de cette étape est de :

- Décrire la situation insatisfaisante avec le plus de précisions possibles.
- Décrire la situation visée.

➤ Formuler le problème

- **Outil QQQQCP**

Objectifs

La méthode QQQQCP permet d'avoir sur toutes les dimensions du problème, des informations élémentaires suffisantes pour identifier ses aspects essentiels. Elle adopte une démarche d'analyse comme suite :

Question	Réponse
Quoi ?	Mouvais accostage du GMP
Qui ?	Les opérateurs d'accostage
Où ?	UET 04
Quand ?	Pendant l'opération d'accostage du GMP dans la voiture
Comment ?	L'accostage n'est pas fait parfaitement selon les normes et les exigences définies par SOMACA du fait qu'environ 254 moteurs sont endommagés par an.
Pourquoi ?	<ul style="list-style-type: none"> • mauvaise manipulation de la table d'accostage. • dégradation de l'intercalaire. • Blocage de l'intercalaire dans la voiture • Chut de l'intercalaire

Tableau 2 : Outil QQQQCP pour le problème d'accostage

4.3 Comprendre

Le but de cette étape est de rechercher quelles sont les causes du problème, de les classer par ordre d'importance et éventuellement par nature.

Outils utilisés :

- 5 Pourquoi
- Diagramme causes à effet
- vote pondéré
- Pareto

- **Les 5 pourquoi**

Objectif & Enjeux :

Rechercher les causes premières d'un problème (celles qui en sont directement à l'origine).

Faciliter la recherche de solutions efficaces de manière à traiter une situation insatisfaisante.

Principe :

Les 5 «pourquoi» se pratiquent dans le cadre d'un groupe de travail. C'est un outil de questionnement systématique qui permet de remonter aux causes premières d'un dysfonctionnement ou d'une situation observée.

La méthode des 5 Pourquoi sera donc appliquée sur les principales causes trouvées dans la partie précédente. Le schéma suivant permet de résumer les résultats de la méthode « 5 pourquoi » appliquée sur le problème des déplacements longs et inutiles :

Problème : mauvais accostage

1^{ère} pourquoi ?

Difficulté et retard lors de l'opération d'accostage GMP.

2^{ème} pourquoi ?

1. Mauvais maintien du GMP sur l'intercalaire.
2. Mauvais maintien de l'intercalaire sur la table d'accostage.

3^{ème} pourquoi ?

1. Mauvais positionnement de l'ensemble moteur et BV sur l'intercalaire.
2. Mauvais positionnement de l'intercalaire sur la table d'accostage.
3. Mauvaise positionnement du GMP sur la sous-caisse de la voiture.

4^{ème} pourquoi ?

1. Difficulté de manipulation du MOT/BV par l'opérateur.
2. Dégradation des pilotes de guidage et appuis carter à huile.
3. Difficulté de manipulation du palan par l'opérateur.
4. Dégradation des pilotes de guidage de la table d'accostage.
5. Mauvais manipulation de la table d'accostage.
6. Dégradation des accrochages avant et arrière.

5^{ème} pourquoi ?

1. Problème de vision (ergonomie).
2. Désaxage entre les trous de BV et les pilotes de l'intercalaire.
3. absence d'automatisation.
4. Dégradation de l'intercalaire.
5. Mauvaise conception.
6. Manque de contrôle géométrique.
7. Manque de maintenance préventive.
8. Non respect de la FOS par les opérateurs.

• **Diagramme cause effet**

Objectifs & Enjeux :

- ✓ Rechercher les causes d'un effet.
- ✓ Classer par famille les causes d'un effet observé.
- ✓ Structurer la vision des causes d'un effet.

Principe :

Le diagramme causes/effet (appelé aussi diagramme d'Ishikawa ou arête de poisson) consiste à classer par famille les causes susceptibles d'être à l'origine d'un problème afin de rechercher des solutions pertinentes. Cet outil se présente sous la forme

d'arêtes de poisson classant les catégories de causes inventoriées selon la loi des 5 M (Matière, Main d'œuvre, Moyen, Milieu, Méthodes).

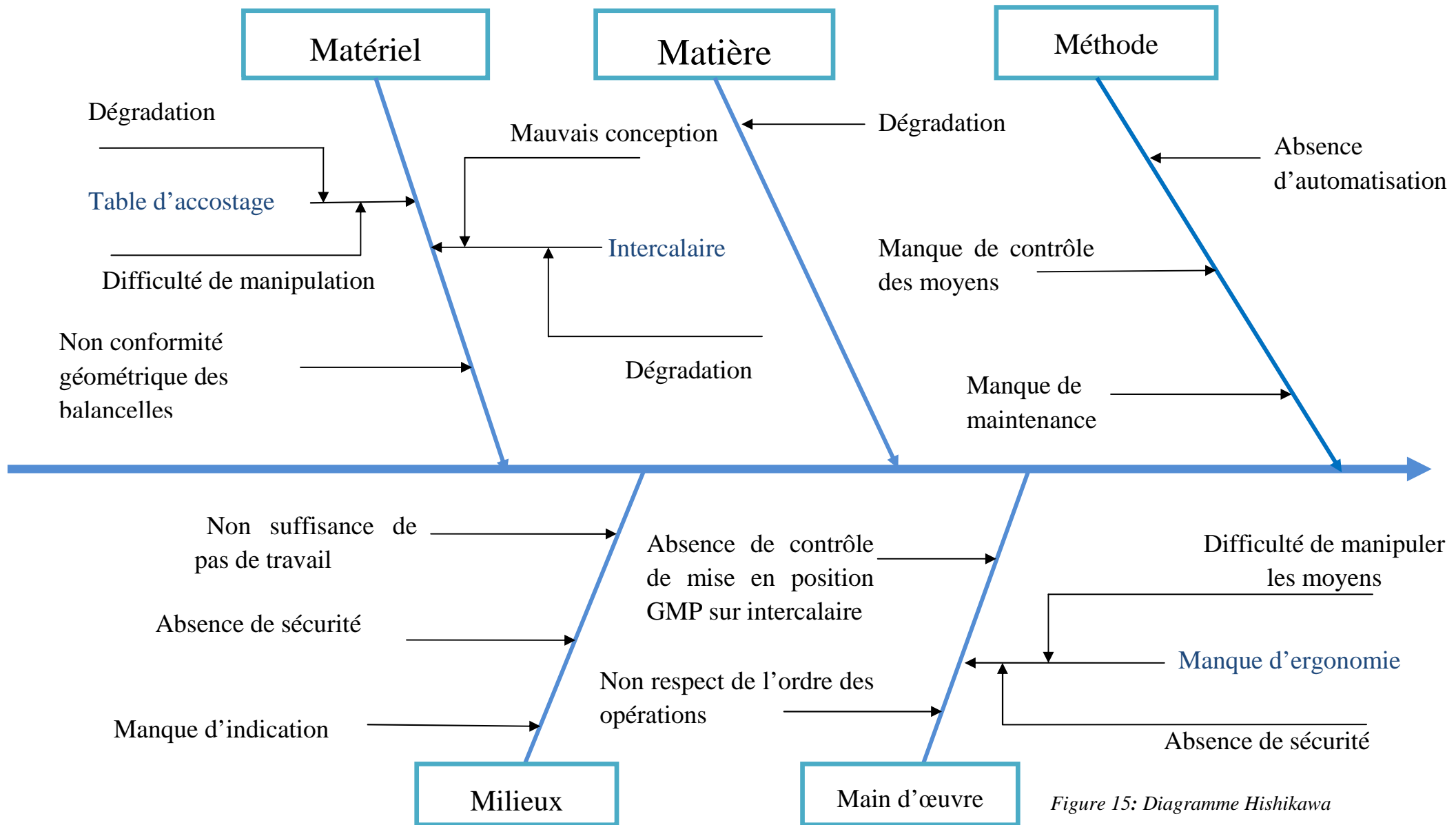


Figure 15: Diagramme Hishikawa

• **Le vote pondéré**

Objectif:

- ✓ Déterminer l'importance relative de critères par ordre décroissant.
- ✓ Faire ressortir ce qui paraît important et ce qui l'est moins.
- ✓ Engager une réflexion efficace et performante en fonction de priorités.

Principe :

Le vote pondéré se pratique en groupe de travail. Lorsque l'évaluation factuelle des critères d'une liste n'est pas possible ou difficile, le vote pondéré s'appuie sur le vécu et l'expérience des participants au groupe de travail afin d'identifier quels sont ceux qui semblent être les plus importants (5 : Très important, 3 : important, 1 : Peu important).

Le tableau suivant représente les résultats obtenus lors de l'élaboration d'un vote pondéré sur les différentes causes de non-conformité de l'accostage pour pouvoir choisir celles les plus critiques :

Causes	Bouchaib	Saïd	Abdelatif	total	total cumulé	% cumulé
2. Mauvaise conception des moyens	5	5	5	15	15	14,851
8. Absence de contrôle des moyens	5	5	3	13	28	27,723
1. Manque de maintenance des matériels	5	3	5	13	41	40,594
11. mauvaise manipulation des moyens	3	3	3	9	50	49,505
6. Travail manuel et absence d'automatisation	3	3	1	7	57	56,436
10. Non respect de l'ordre des opérations	3	3	1	7	64	63,366
5. Manque d'indication	1	3	3	7	71	70,297
4. non suffisance du pas de travail	1	1	3	5	76	75,248
12. grande diversité du GMP	1	1	3	5	81	80,198
9. Manque d'ergonomie	1	1	3	5	86	85,149
3. Opérateur sous pression	1	1	1	3	89	88,119
7. Incompétence des opérateurs	1	1	1	3	92	91,089
13. Absence de sécurité	1	1	1	3	95	94,059
14. Méthode de travaille non conforme	1	1	1	3	98	97,03
15. Non conformité géométrique des balancelles	1	1	1	3	101	100
				SOMME	101	

Tableau 3 : Résultats obtenus du vote pondéré

Diagramme Pareto

Pour bien affiner notre sélection, utilisons un diagramme de Pareto relevant les 20% des causes ayant 80% d'influence sur l'accostage :

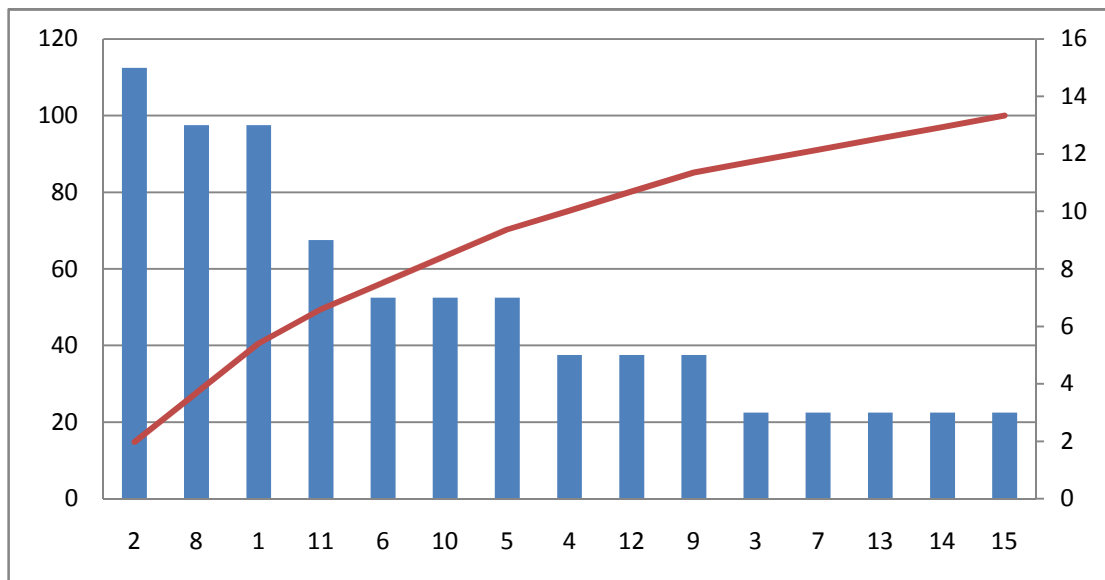


Figure 16 : Diagramme Pareto pour le classement des causes

Donc, les principales causes du problème sont les suivantes :

- Mauvaise conception des moyens.
- Absence de contrôle des moyens.
- Manque de maintenance des matériels.
- mauvaise manipulation des moyens.

• Analyse statistique

Pour bien comprendre et analyser les causes du problème d'accostage GMP on a pensé à faire une interprétation statistique vis-à-vis les outils qualitatifs utilisés précédemment.

Objectif et Enjeux :

- ✓ Déterminer l'influence de la diversité de GMP sur le problème d'accostage.
- ✓ Déterminer l'influence des opérateurs sur le problème d'accostage.

Pour ce faire, on a réalisé un fichier Excel (**voir annexe 1**) qui comporte les données suivantes :

- ✓ **Diversité** : type de moteur et son option
- ✓ **Durée d'accostage** : dès le prélèvement par le palan jusqu'à la fin de l'opération d'accostage
- ✓ **Problème de positionnement** : s'il y a problème (O) si non (N)
- ✓ **Arrêt d'urgence** : pour savoir si le poste provoque l'arrêt de la ligne de production ou non

1. Interprétation

On remarque que les temps moyens d'accostage de toutes les diversités sont très proches alors on peut conclure que la diversité n'a pas d'influence sur l'accostage qui apparait clairement dans la figure suivante :

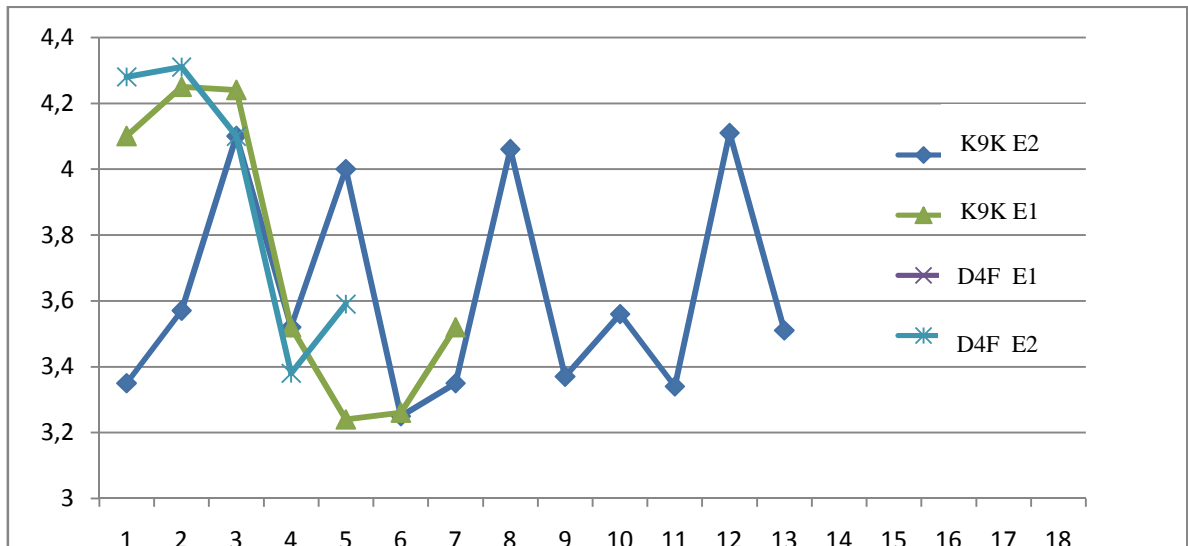


Figure 17 : Variation du temps d'accostage pour chaque diversité

On remarque aussi que le temps d'accostage se défère d'une équipe à l'autre se qui montre l'influence de la main d'œuvre sur le problème d'accostage à cause de non respect de la FOS.

4.4 Concevoir

Le but de cette étape est de rechercher toutes les solutions possibles qui permettent de résoudre les causes les plus importantes qui sont à l'origine du problème d'accostage GMP .D'après notre étude les causes essentielles du problème sont :

- ✓ Absence de contrôle et réglage des moyens
- ✓ Manque de maintenance des matériels
- ✓ Mauvaise conception des moyens
- ✓ Travail manuel et absence d'automatisation

Après un brainstorming avec l'encadrant et le chef de l'UET04, les solutions envisagées pour résoudre le problème sont les suivantes:

- ✚ Etude et Réalisation d'un nouveau intercalaire plus robuste
- ✚ Conception d'un gabarit de contrôle
- ✚ Mise à disposition du PMP de tous les moyens
- ✚ Installation d'un capteur de position pour la sécurité de la poste

4.4.1 Etude et conception d'un nouveau intercalaire

4.4.1.1 Analyse fonctionnelle

a. Expression de besoin

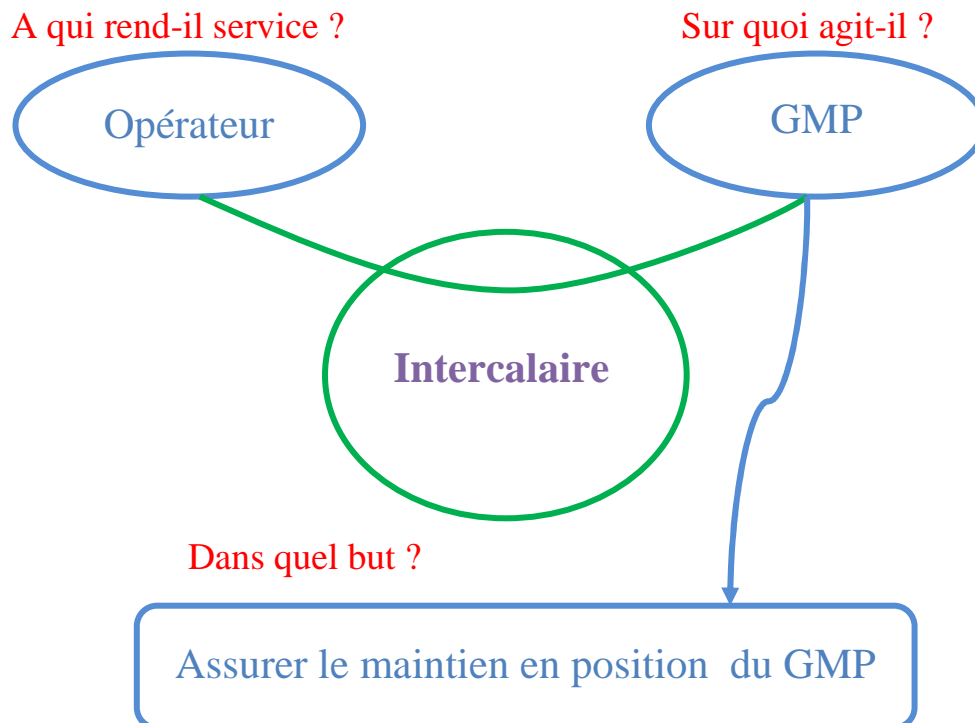


Figure 18: Diagramme bête à corne

b. Validation du besoin :

Il s'agit de citer les arguments qui justifient le besoin au produit. Pour valider le besoin il faut répondre aux questions suivantes :

Pourquoi le besoin existe-t-il ?

- Pour annuler les pertes des véhicules causés par ce poste et pour réaliser une solution plus robuste.

Que ce qui pourrait le faire évoluer ?

- Réalisation d'un système parfaitement automatisé du débit de préparation du GMP jusqu' à son accostage dans le véhicule.

Que ce qui pourrait le faire disparaître ?

- Absence des GMP et des opérateurs qualifié, autres postes moins coûteux et plus performants.
- Changer parfaitement la méthode d'accostage.

Le besoin est validé. Par conséquent, on va entamer l'étude du nouveau système en commençant tout d'abord par les fonctions principales et les fonctions contraintes.

c. Diagramme pieuvre

Dans cette partie, on va appliquer la méthode Pieuvre qui consiste à identifier les composants du milieu environnant le produit et chercher et définir les fonctions principales et les fonctions contraintes du produit par le biais des interactions entre le produit et les milieux externes. On va alors faire le bilan des situations de vie, pour

chacune d'elles on va déterminer les interactions entre le nouveau système et ses milieux extérieurs.

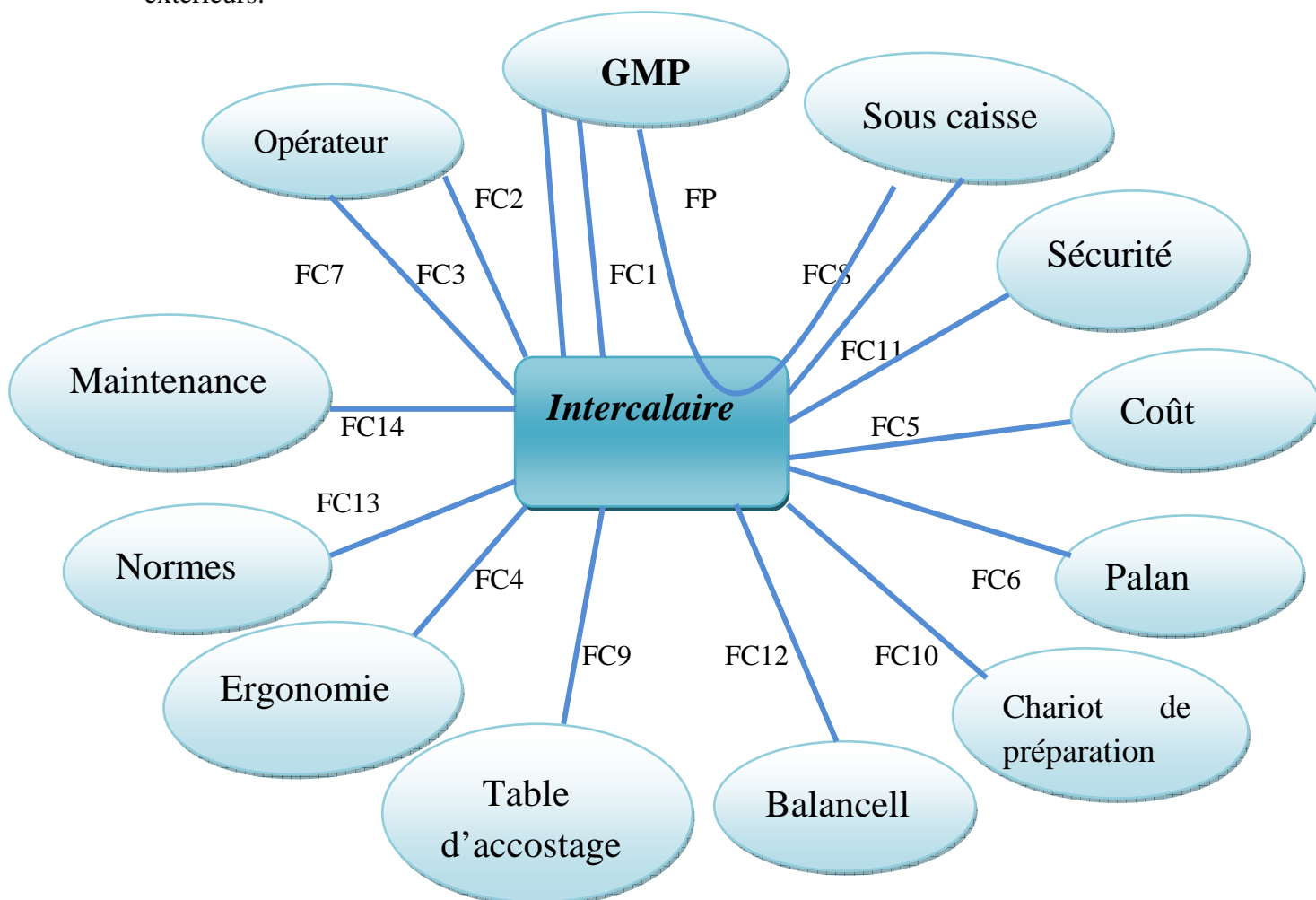


Figure 19: Diagramme pieuvre

Liste des fonctions principales et de contraintes :

FP : Réaliser l'accostage de toute la diversité du GMP (K9K, K7M, K4M, D4F) sans risque.
FC1 : Assurer le maintien du GMP.
FC2 : Eviter de bloquer le montage des accessoires GMP
FC 3: Assurer l'opération de serrage
FC 4 : Ergonomie

FC 5 : Réduire Coût
FC 6: Faciliter la prise par le palan
FC7 : Simplifier l'utilisation par l'opérateur.
FC8 : Assurer la mise en géométrie dans la voiture
FC 9 Garantir le positionnement sur la table d'accostage
FC10 : Garantir le positionnement sur le chariot de préparation.
FC11 : Assurer la sécurité des opérateurs et des équipements
FC12 : Assurer la mise en géométrie sur la balancelle
FC13 : Respecter les normes et règlements de RENAULT
FC14 : Facilité le contrôle et la maintenance

Tableau 4 : Liste des fonctions principales et de contraintes

d. Classement des fonctions

Afin d'établir une classification des fonctions on fait appel à une matrice appelée matrice tri- croisé appliquée directement sur les fonctions. Et ayant comme principe :

- ✓ Cotation de supériorité (attribution d'une note) comme suit :
 - 1 : légèrement supérieure.
 - 2 : moyennement supérieur
 - 3 : nettement supérieure.
- ✓ Sommation des « notes obtenues par chaque fonction »

Cela permettra donc de quantifier le degré d'importance des différentes fonctions en se basant sur les résultats obtenus.

FP	FC1	FC2	FC3	FC4	FC5	FC6	FC7	FC8	FC9	FC10	FC11	FC12	FC13	FC14
FP	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
FC1	FC1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
	FC2	FC2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		FC3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	
	FC4	FC4	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	
		FC5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	
	FC6	FC6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		FC7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	FC8	FC8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		FC9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	FC10	FC10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		FC11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	FC12	FC12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		FC13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	FC14	FC14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
FC14		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
26	14	4	12	14	21	2	4	7	6	8	6	7	0	4

Figure 20: Matrice tri- croisé

Pour bien visualiser le classement des fonctions par leurs importances on trace un histogramme de classement :

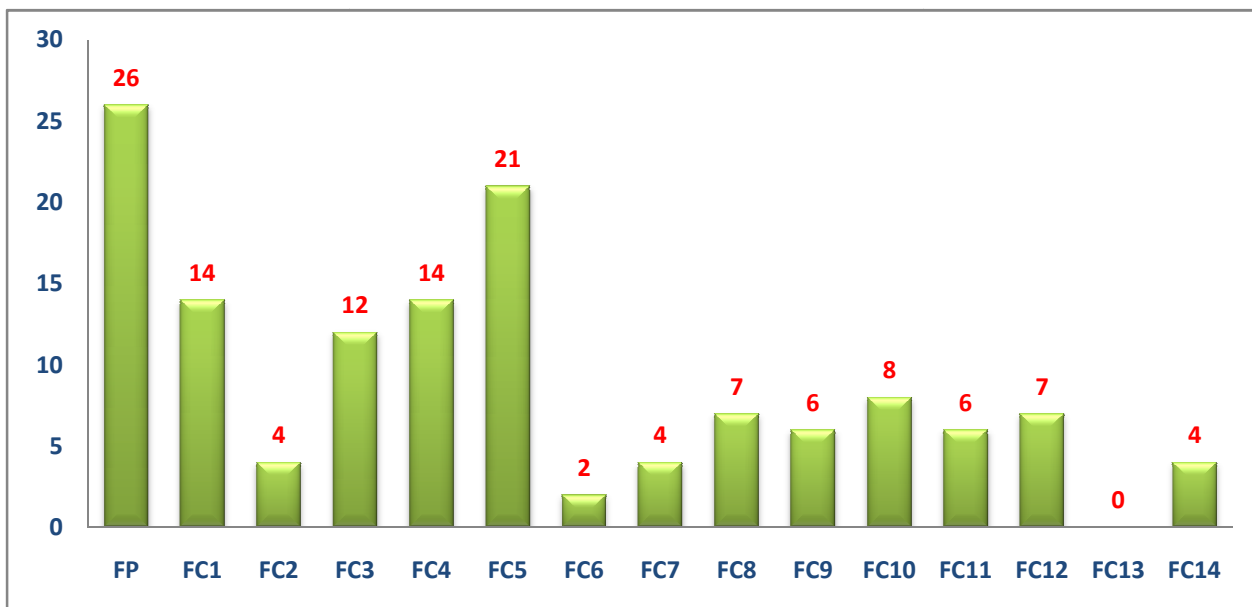


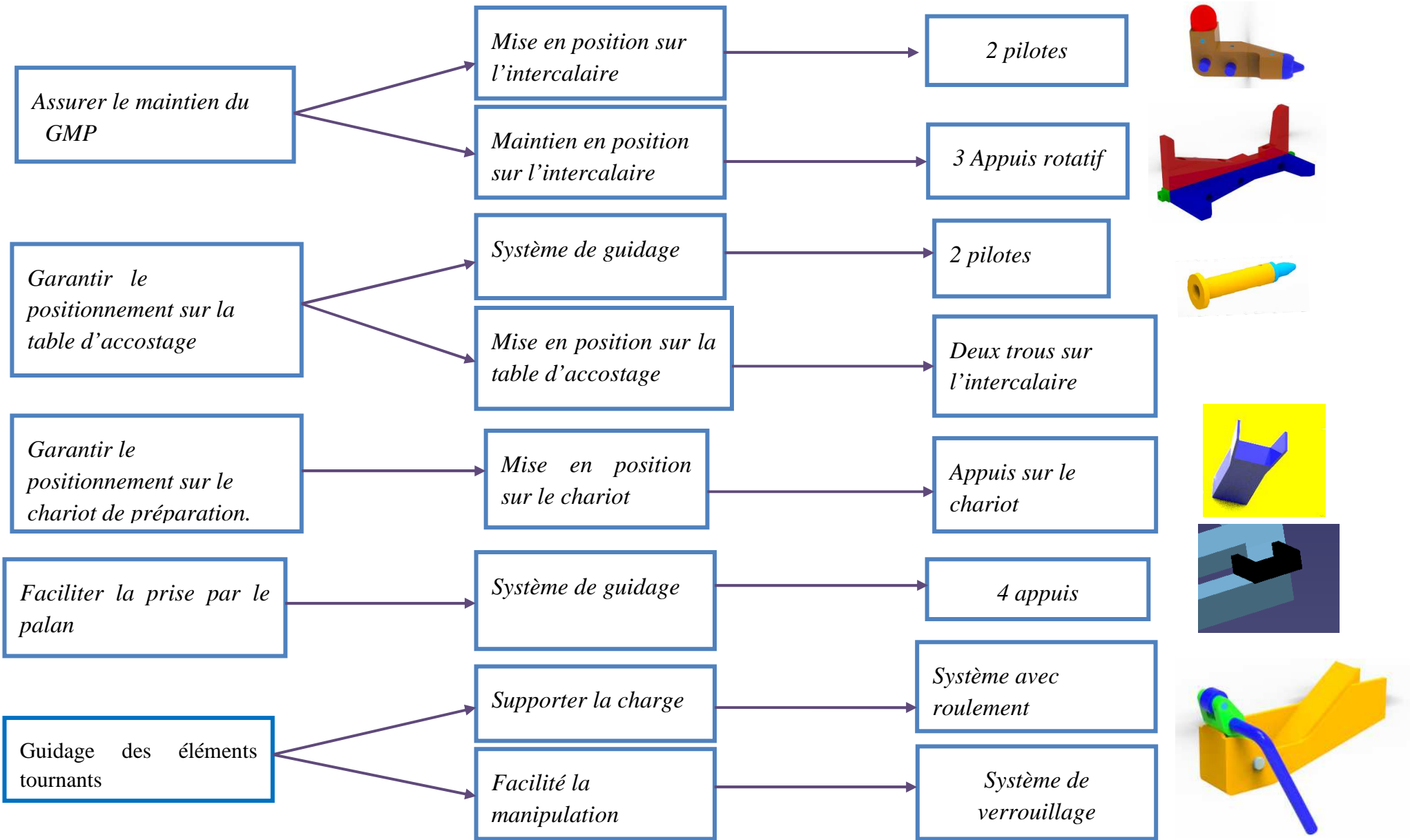
Figure 21: Histogramme de classement des fonctions

On constate alors que les fonctions FP, FC5 sont prioritaires à respecter, et les fonctions FC1, FC3, FC4 et FC10, sont moyennement importantes. On résume alors que

le nouveau système doit impérativement être faisable du côté économique ; le coût global doit être le minimum possible et du côté technique le système doit réaliser l'accostage de toute la diversité de GMP comme auparavant mais avec plus de précision.

e. Outil graphique FAST

La méthode F.A.S.T (Function Analysis System Technic) est un outil graphique qui permet de détailler les fonctions techniques et les solutions associées. Organisé de la gauche vers la droite, partant d'une fonction de service, le diagramme F.A.S.T. recense toutes les fonctions techniques et pour finir il présente les solutions technologiques définies. La figure suivante présente La FAST de l'intercalaire :



A l'aide du logiciel CATIA on arrive à faire une conception d'un prototype de l'intercalaire pour bien visualiser les solutions technologiques :

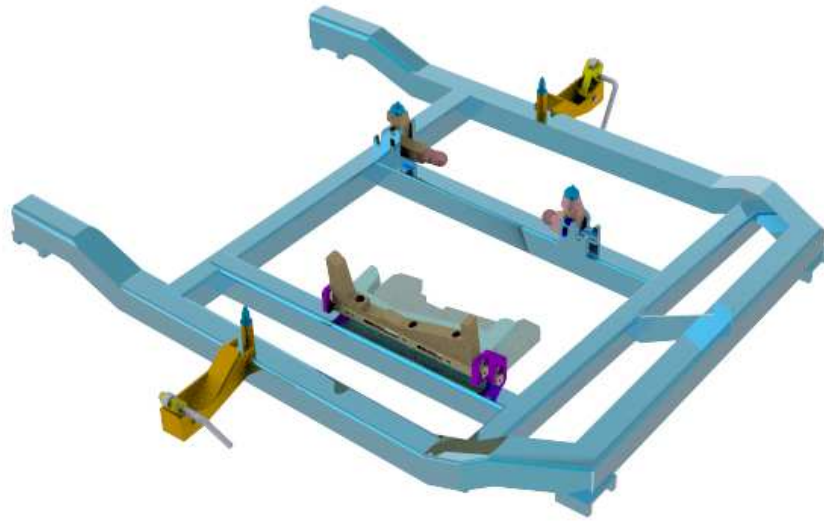


Figure 22: Prototype de l'intercalaire

4.4.1.2 Analyse mécanique

a. Objectif

On veut concevoir un intercalaire en acier ductile pouvant supporter la masse maximale de GMP qu'est de 160 kg. En effet l'objectif de l'étude est de vérifier le critère de résistance de Von Mises.

La position la plus critique de toutes les positions de travail c'est la position de prélèvement de l'ensemble intercalaire et GMP par le palan. Les dimensions sont donnés à l'**annexe 2** Une concept préliminaire est illustré à la figure ci-contre.

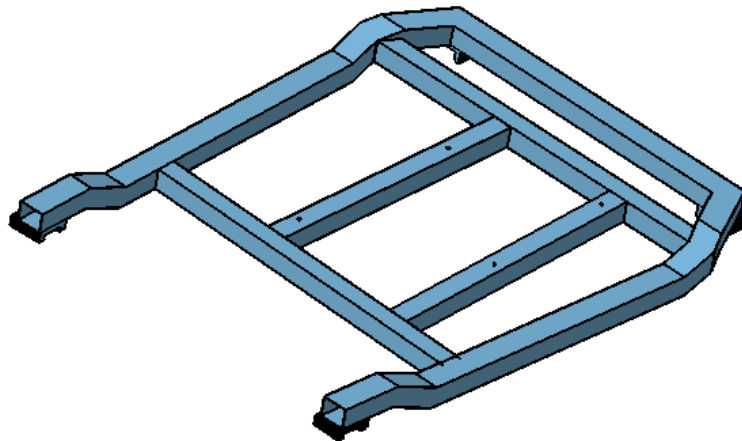


Figure 23: Modèle géométrique de l'intercalaire

b. Propriétés du matériau

Les propriétés de matériau sont données dans le tableau ci-dessous :

Matériau :	Acier
Module d'Young	2e+011N_m2
Coefficient de Poisson	0,266
Densité	7860kg /m3
Limite élastique	2,5e+008N_m2

Tableau 5 : Propriétés du matériau

c. Hypothèse

- On ne peut pas faire l'hypothèse d'un état plan de contrainte; parce que l'intercalaire n'est pas généré par projection et que les efforts ne sont pas appliqués uniformément dans le plan.
- Dans l'analyse, on suppose que les charges appliquées sont des charges ponctuelles par ce que les surfaces sur lesquelles sont appliquées sont négligeables par rapport aux dimensions de l'intercalaire.
- L'intercalaire fait 30 kg. On doit prendre en considération cette masse dans notre calcul.
- On utilise une accélération gravitationnelle de 10 m/s² pour calculer le poids de la masse. Le poids est donc de 160 kg x 10 m/s² = 1 600 N.

d. Résultats anticipés

- Soumis a la masse de GMP, l'intercalaire fléchira vers le milieu.
- Les fibres supérieures seront en compression et celles inférieures en tension.

e. Planification du modèle numérique

L'intercalaire ne présente pas un état plan de contrainte. Donc on ne peut pas réduire le problème physique 3D à un problème numérique 2D. Une modélisation 3D serait ici obligatoire.

• **Maillage**

Le maillage de la géométrie utilisera principalement des éléments 3D triangles paraboliques car ils présentent mieux la flèche et donne des résultats plus précises.

• **Propriétés physiques des éléments**

Les **chargements** appliqués sur l'intercalaire :

- son propre poids.
- Le poids du GMP répartie de manière non uniforme sur les appuis et le pilotes de l'intercalaire.

Conditions aux frontières La modélisation de l'encastrement de l'intercalaire passe par le blocage des appuis de prélèvement par le palan. En fin, Le modèle géométrique pour la simulation est le suivant :

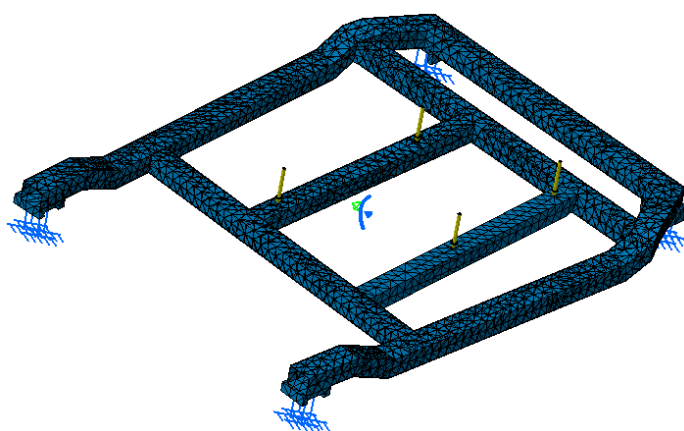


Figure 24: Conditions aux limites

f. **Résultats numériques**

- **Contrainte de Von Mises**

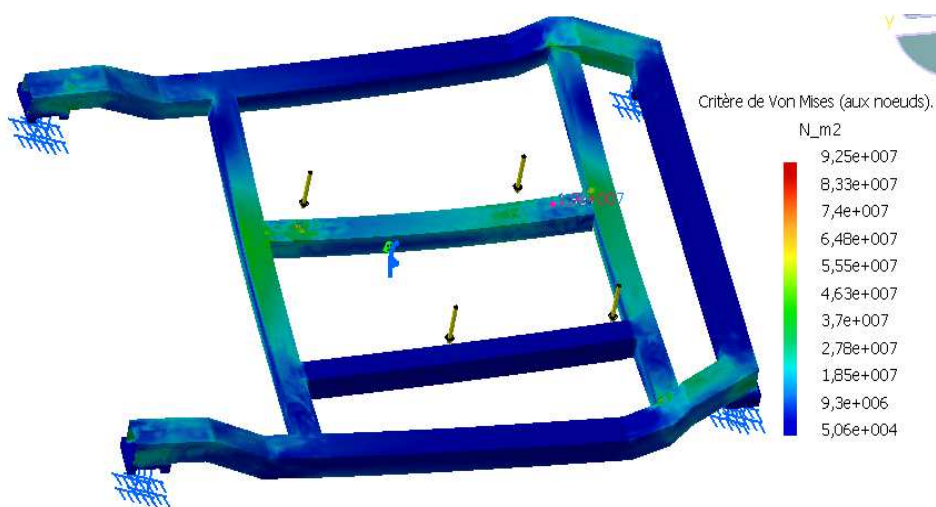


Figure 25 : Contrainte de Van Mises au nœud

➤ Translation dans les nœuds

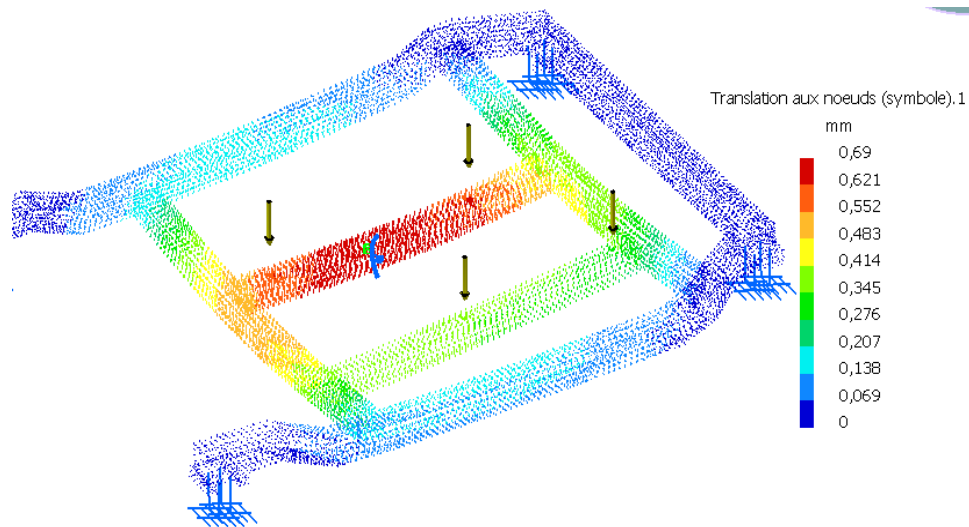


Figure 26: Déplacement dans les nœuds

g. Remarques

- ✓ Les résultats vérifient bien tous les résultats qualitatifs anticipés.
- ✓ La flèche maximale est comme anticipée.
- ✓ La contrainte est maximale sur la poutre qui subit la plus grande charge comme anticipée précédemment.

h. Conclusion

La contrainte maximale de Von Mises obtenue par simulation numérique est de 92.5 MPa. La limite d'élasticité du matériau utilisé est de 250 MPa. Le facteur de sécurité est donné par :

$$F_s = \frac{S_Y}{\sigma_{vm}} = \frac{250}{92.5} = 2.7$$

Le facteur de sécurité obtenue est supérieur à 1 (FS >1), donc la solution est validée.

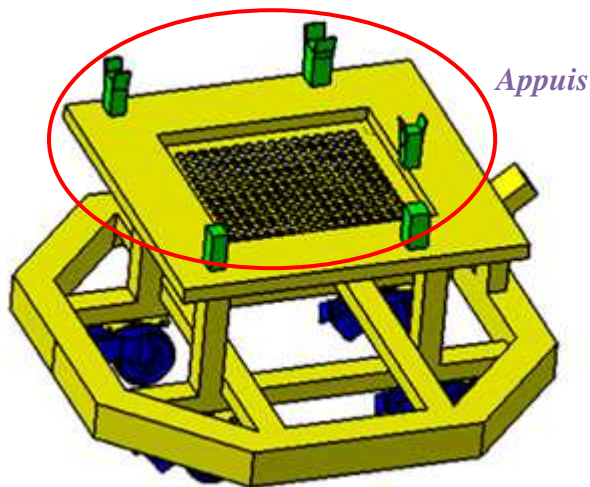
4.5 Agir

Le but de cette étape est d'appliquer les solutions retenues et de mesurer leurs efficacités. En effet La nouvelle conception exige la mise à jour des moyens ayant des relations avec l'intercalaire et changer le mode opératoire à cause des nouvelles contraintes imposées.

4.5.1 Modification des moyens

a. Chariot de préparation

Pour assurer la mise à jour des chariots de préparation pour accueillir les nouveaux intercalaires on a changé les appuis du chariot pour s'adapter avec les changements affectés au niveau de l'intercalaire (voir figure 27).



b. Palan

La solution proposée pour faciliter la prise de l'intercalaire par le palan impose des modifications au niveau du système d'accrochage du palan pour s'adapter aux changements dimensionnelles et géométriques appliqués (voir figure 28).

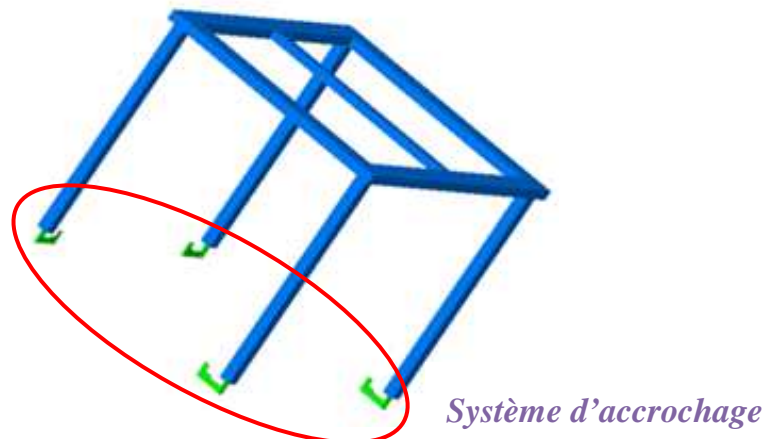


Figure 27: Modification de chariot de préparation et palan

4.5.2 Modification du mode opératoire

a. Transfert de MO3 vers ME1 et l'inverse

Le poids du nouveau intercalaire est plus grand que 25kg donc il est interdit de le manipulé manuellement à cause des normes d'ergonomie de RENAULT, alors il devenue obligatoire de changer le mode opératoire dans l'UET04. Pour remédier à ce problème nous avons étudiés deux propositions :

Proposition 1 : Un seul palan pour le transfert MO3 vers ME1

Principe de fonctionnement

Cette proposition permet d'utiliser un seul palan pour les deux opérations suivantes :

- Opération 1 (op1) : Approvisionnement de GMP de MO3 vers ME1 opération 1.
- Opération 2 (op2) : Évacuation de l'intercalaire vide de ME1 vers MO3. (Voir figure 27)

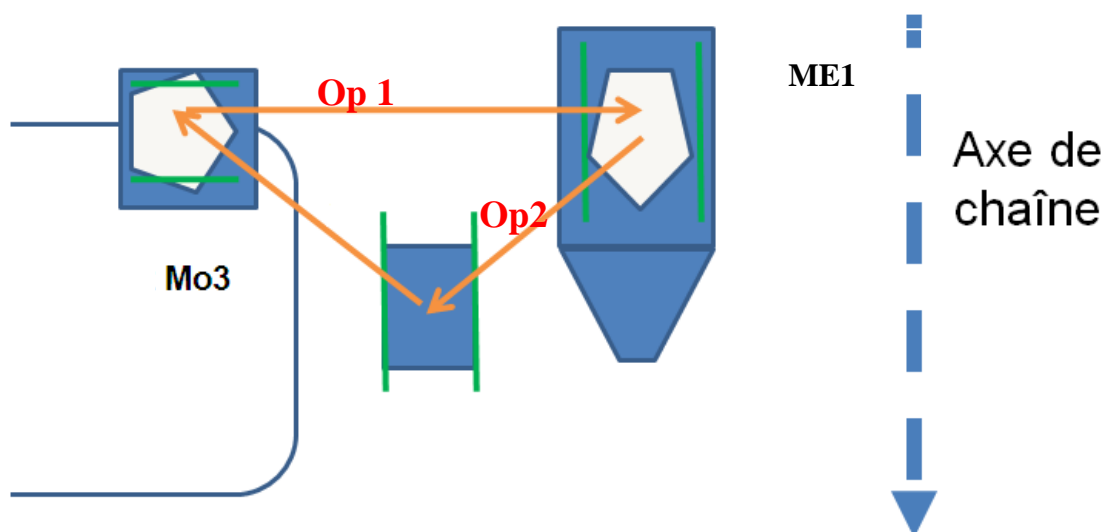


Fig.30 : Mode opératoire avec un seul palan

La durée de chaque opération est donnée dans la figure suivante :

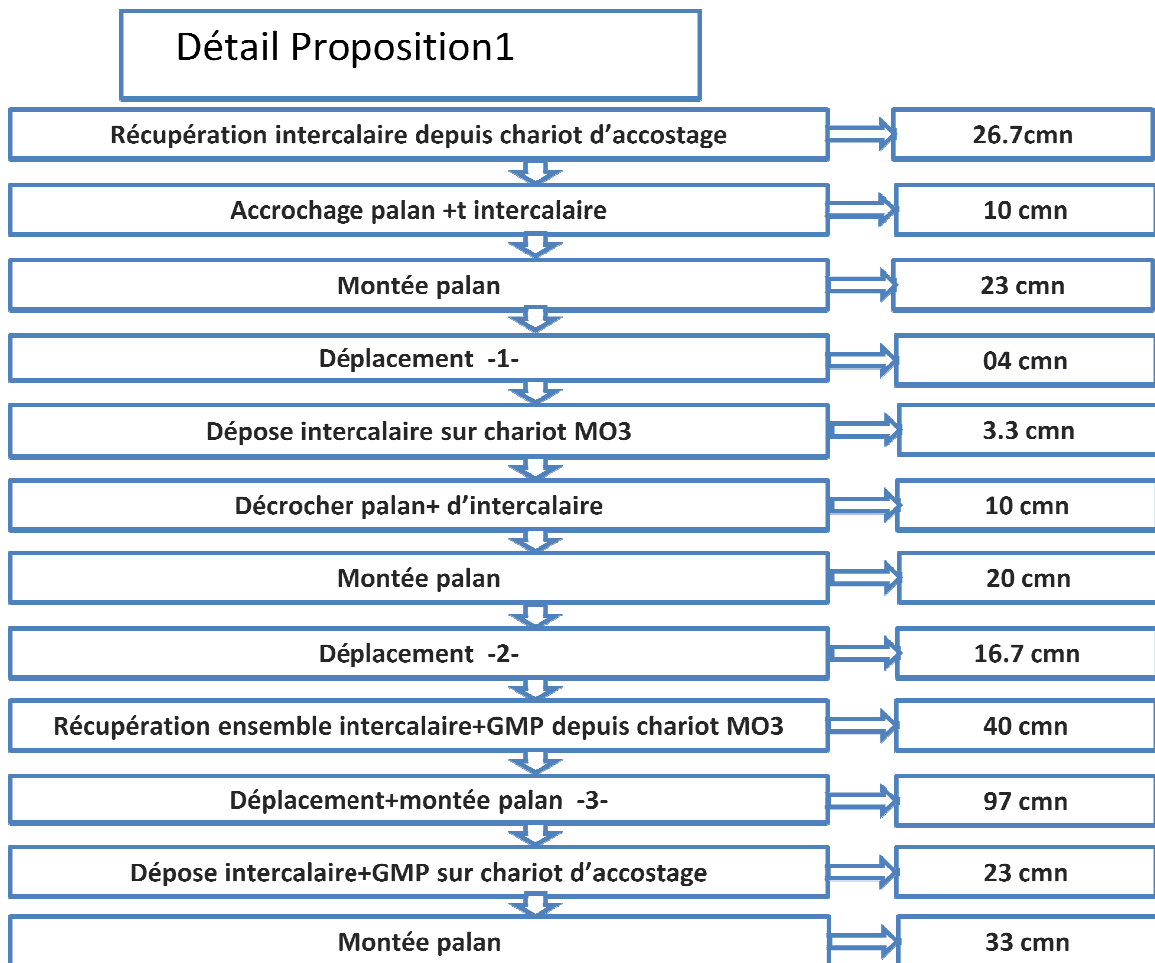


Fig.31 : Temps des opérations de transfert MO3 vers ME1 avec un seul palan

Remarque:

- L'opérateur à droite doit attendre la fin des opérations d'accostage et le retour du chariot en position initial pour commencer le transfert alors qu'actuellement il récupère le GMP avant que les autres opérateurs finissent les opérations de vissage du GMP.
- Le temps estimé pour les opérations de transfert est 3,72 min alors que le temps de passage de caisse dans le poste est de 7,32 min donc, le temps restant pour effectuer le reste des opérations est 3,40 min cette durée n'est pas suffisant pour effectuer l'accostage qui dure normalement 4.05 min.

Proposition 2 : deux palans pour le transfert MO3 vers ME1

La proposition consiste à utilisé deux palans: un pour l'évacuation de l'intercalaire vide de ME1 vers MO3 et un autre pour l'approvisionnement GMP de MO3 vers ME1 pour l'opération d'accostage.

Principe de fonctionnement:

Comme il est présenté dans la figure 28 le principe de fonctionnement le suivant :

Opérateur gauche (OPG) :

OPG 1 : Evacuation de l'outil vide avec le palan vers le chariot Mo3

OPG 2 : Retour vers chariot et attente commencement l'opération d'accostage

Opérateur droit (OPD):

OPD 1 : Déplacement vers chariot Mo3 chargé.

OPD 2 : Approvisionnement du chariot Me1

Le principe de fonctionnement ainsi que les temps de chaque opération sont donnés dans les deux figures suivantes :

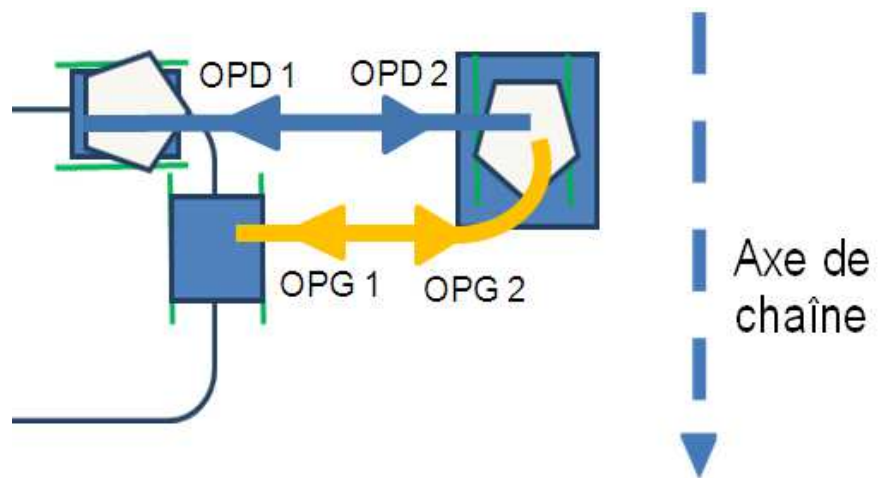


Figure 28: Mode opératoire avec deux palans

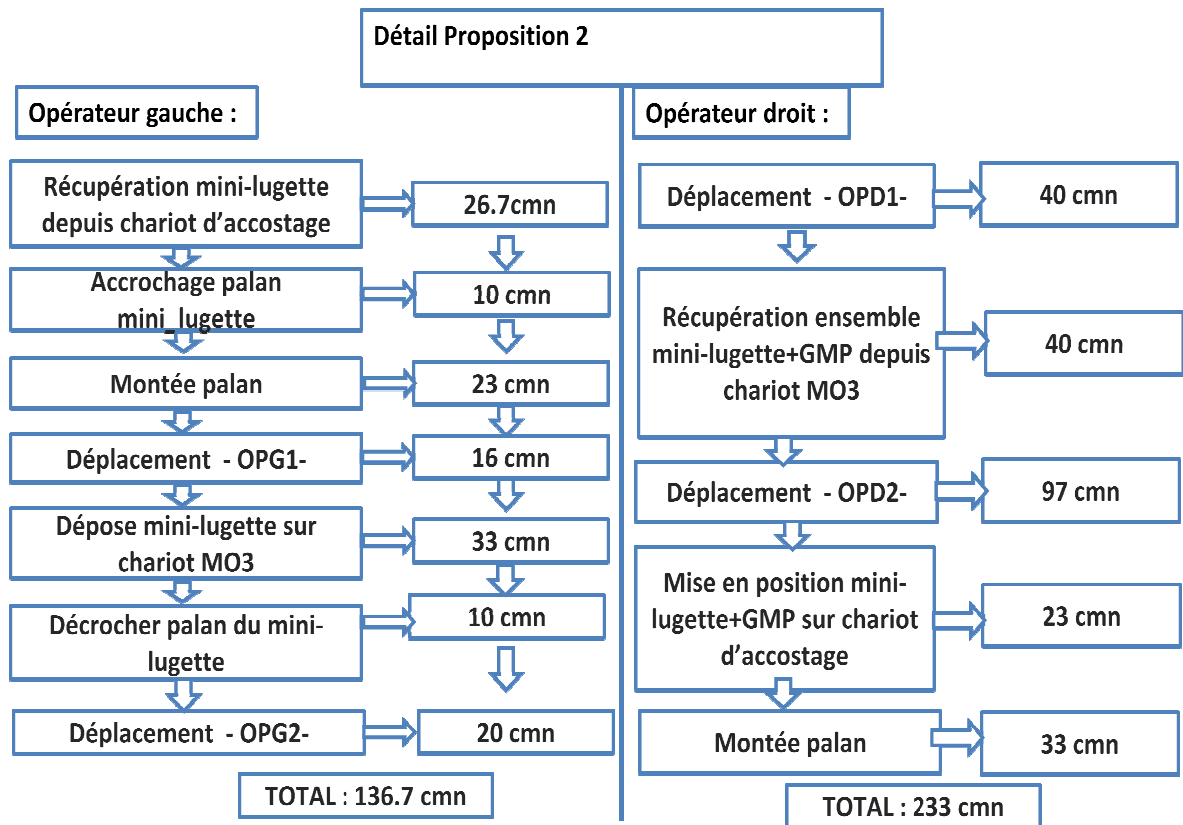


Figure 29: Temps des opérations de transfert MO3 vers ME1 avec deux palans

Cette solution est plus efficace car le temps totale de manipulation ne dépasse pas 2,33min alors que le temps de passage de caisse dans le poste est de 7,32min, donc il reste 4.99 min pour le reste des opérations qu'est plus grand que le temps d'accostage qui dure normalement 4.05 min.

Remarque

Les temps standards donnés pour les déplacements des opérateurs sont tellement courts que l'usage des unités courantes (heures, minutes, secondes) ne serait pas commode. L'unité utilisée est la centiminute (cmn) qui représente 1/100ème de minute.

b. Gabarit de contrôle

Pour remédier au problème de manque de contrôle on a pensé à faire un gabarit de contrôle pour la vérification géométrique et dimensionnelle des points qui agissent sur l'opération d'accostage de GMP et qui sont facile à se dégradées. Le dessin d'ensemble est donné à l'**annexe 3**.

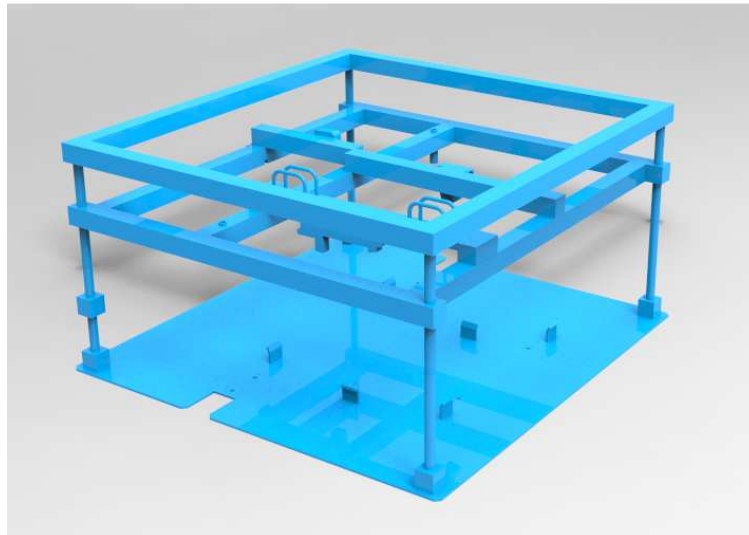


Figure 30: Gabarie de contrôle

c. Mise en place d'un P.M.P

Le Plan de Maintenance Préventive c'est une liste de toutes les interventions nécessaires à effectuer sur une machine ou une installation en termes de nettoyage technique, contrôle, visite, inspection, intervention de maintenance, pour la maintenir à son état de référence. Il permet une vision globale de toutes les actions à apporter à l'équipement.

La liste des actions du PMP pour l'intercalaire sont données dans le tableau suivant, la signification des abréviations ainsi que les détails sont donnés à **l'annexe 4**.

Sous-ensemble	Elément	Opération à effectuer	Périodicité	Etat machine	Outillage
système d'accrochage	-	Vérifier la géométrie	S04	AHT	Caisse à outils
système d'appui ET droite	Roulement	Graissage	S04	AHT	Pompe à graisse
système d'appui ET droite	Fixation	Vérifier le serrage des vis et crous	S04	AHT	Caisse à outils
système d'appui ET gauche	Roulement	Graissage	S16	AHT	Pompe à graisse
système d'appui ET gauche	Fixation	Vérifier le serrage des vis et crous	S04	AHT	Caisse à outils
Support de pilotes	Pilotes	Vérifier la géométrie	S08	AHT	Caisse à outils et gabarit de contrôle

Tableau 6 : PMP de l'intercalaire

Chapitre | 3

ETUDE ET CONCEPTION D'UN CONVOYEUR POUR BOUCLIERS

« Ce chapitre est consacré à la présentation du deuxième sujet dans mon stage qu'est l'étude et la conception d'un convoyeur pour les boucliers »

1. Objectif du projet

Ce projet vise la conception d'un convoyeur pour la transmission des boucliers avant et arrière.

2. Problématique

Le mode opératoire actuel pour le montage des boucliers consiste à déplacer les boucliers de l'atelier de peinture à l'aide des chariots élévateurs vers la zone de préparation bouclier dans l'atelier de montage. Après avoir terminé la préparation autres chariots sont chargés de transmettre les boucliers de la zone de préparation vers la ligne de montage soit l'UET02 ou l'UET04. Pendant cette opération plusieurs problèmes sont apparaissent à savoir : Les problèmes de sécurités et de logistiques ainsi que la dégradation des boucliers à cause des chocs pendant le déplacement par les chariots, cela exige la réflexion à une nouvelle solution simple et plus productive.

Pour quoi maintenant ?

Il était impossible d'installer des convoyeurs car l'endroit idéal pour se faire était un passage, mais après l'installation des convoyeurs pour les roues cela engendre la fermeture de passage alors il devenue possible d'utiliser les convoyeurs.



Figure 31 : Mode opératoire initial

3. Cahier de charge

3.1 Présentation de l'affaire

Le présent cahier des charges a pour objet la mise à niveau de préparation et montage des boucliers par:

- Installation de deux convoyeurs pour le convoyage des boucliers de la zone préparation vers la ligne de montage

3.2 Site

Usine, adresse : SOMACA
 Pays : MAROC
 N° ligne : CHAÎNE C, X52
 UET : UET04

3.3 Caractéristiques des zones allouées

Surface disponible :		6mx25m	
Hauteur sous ferme :		7000	
Nature du sol (+ charge max.) :		Sol béton valeurKg/m ² à préciser	
Nature des superstructures (+ charge admissible) :		Ferme métallique maillage: dimension valeur (kg/m ²)	
Réalisation et restitution des calculs de structure (descentes de charge *) :			Oui
Atmosphère :	Normal	Température mini/maxi :	5°C – 45°C
Eclairage atelier (lux) :		350 – 400 lux	
Type d'éclairage :		Artificiel	
Environnement vibratoire :			
Respect des normes antisismiques :		SANS OBJET	

Tableau 7 : Caractéristiques des zones allouées

3.4 Produit – équipements

a. Produit

Les produits concernés sont les boucliers avant et arrière de Sandero et Logan avec toutes ses diversités.



Figure 32 : Bouclier arrière de Sandero

b. Production

Cadence nominale (en véhicules/heure)	15 véhicules par heure
Les équipements seront dimensionnés pour accepter une cadence instantanée + 10% soit 16,5 V/heure	
Temps requis quotidien	2 x 8h de travail

Tableau 8 : Données de production

c. Temps de cycle

Temps de cycle : 15 véh/ h

Nombre d'opérateur(s) en marche normale: 2 opérateurs par équipe

3.5 Energie

- Electrique

Tension en V (+/-%), au point d'alimentation de l'équipement : 400 (+6% / -10%)

Fréquence (Hz) : 50

Schéma des liaisons à la terre : TNC

Réseau protégé contre les coupures (sauvegarde) : non

4. Etude et conception

4.1 Choix du type de convoyeur

Pour le choix du type de convoyeur on a le choix entre 3 propositions :

- **Convoyeur à deux bandes** : solution utilisé a l'usine Pitesti de RENAULT (Romanie)
- **Convoyeur à une seule bande** : utilisant une bande de convoyage
- **Convoyeur à chaîne** : on utilisant des chaînes de manutention, les chaînes nécessaires sont disponible à l'usine SOMACA.

Voici un tableau qui récapitule les avantages et les inconvénients de chaque proposition :

proposition	avantage	inconvénient
convoyeur à 2 bandes (PITESTI)	coût d'investissement réduit technique simple	manque d'espace sécurité (--) performance (--)
convoyeur à une seule bande	coût d'investissement moyen sécurité (+) technique simple	manque d'espace performance (-)
convoyeur à chaîne	faible encombrement sécurité (++) technique simple performance (++) coût d'investissement réduit	surdimensionné(-)

Tableau 9 : Avantages et inconvénients des propositions.

Les deux contraintes majeures qui influent sur la discision sont le coût d'investissement et l'encombrement ; Le coût d'investisseement est réduit pour la première et la troisième solution, en plus les convoyeurs à chaînes présentent l'avantage de faible encombrement c.-à-d.qu'il donne la possibilité déplacer les boucliers suivant leurs largeur et non pas suivant leurs longueur. Alors on a décidé de choisir le convoyeur a chaîne vue les avantages qui présente par rapport aux autre propositions.

4.2 Dimensionnement du convoyeur

4.2.1 La chaîne de manutention

a. Définition

La chaîne de manutention est constituée d'une suite d'articulations réunies par des plaques latérales, chaque articulation est composée d'un axe et d'une douille autour de laquelle tourillonne le galet. En effet les chaînes disponibles à SOMACA sont de type BRAMPTON RENOLD de type chaîne à galet qui dont le diamètre du galet est supérieur à la hauteur des plaques. Les galets roulent sur des rails de guidage. Les galets peuvent être plats ou épaulés pour assurer le guidage latéral.les dimensions sont donnés à l'annexe 4.

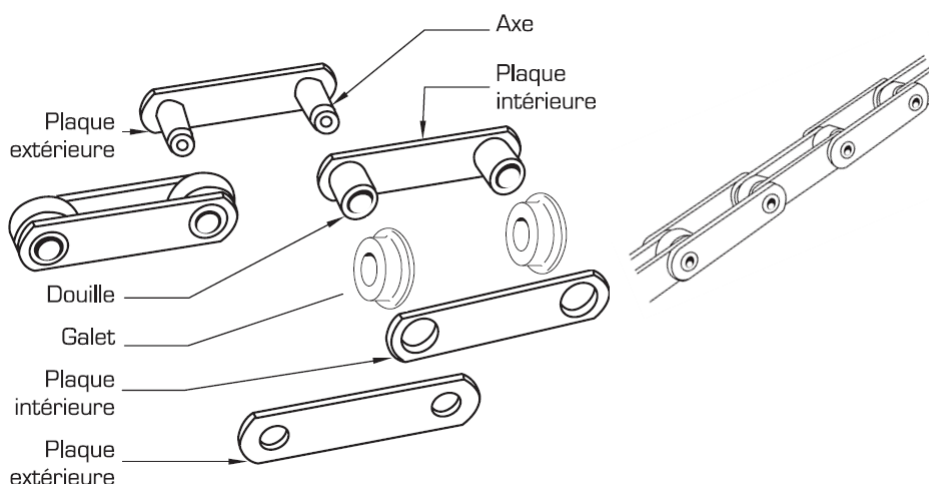
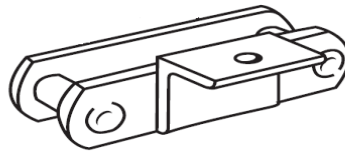


Figure 33 : Composants de la chaîne de manutention

b. Les attaches

Une attache permet d'adapter la chaîne de base dans toute application particulière de manutention ; les attaches sont rapportées sur la plaque latérale par soudage sur un côté du maillon. Pour notre application se sont les attaches de type K1 soudé sur une seule face.

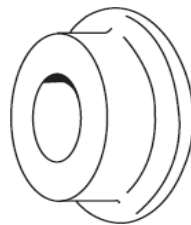


K1 - Soudée

Figure 34 : Attaches de type K1 soudé

c. Galet

Les galets sont nécessaires pour le guidage lorsque les entraxes sont très importants. La matière des galets est fonction de l'application soit des galets en acier ordinaire ou en fonte. Dans notre cas se sont les galets épaulés qui sont utilisés.



Galets épaulés

Figure 35 : Galet épaulé

d. Roues

La roue peut être assimilée à un polygone dont le nombre de côtés serait égal au nombre de dents. Pendant la rotation de la roue, la chaîne à son point d'engagement et de désengrènement, s'élève ou s'abaisse par rapport à l'axe de la roue. Diamètre de la roue

Dans notre cas nous avons des charges réduites, donc nous cherchant un poids et un diamètre minimal prenant en compte le faite que L'enroulement des chaînes sur les roues doit intéresser dans la mesure du possible un arc de 180° , la seconde règle est de n'avoir jamais moins de trois dents en prise sur chaque roue commandée.

Le pas de la chaîne est de 250mm donc le nombre des dentures optimal est 6 le diamètre primitif de la roue est donné par la formule suivante :

$$D_p = \frac{P}{\sin\left(\frac{180^\circ}{Z}\right)}$$

$$D_p = \frac{250}{\sin\left(\frac{180^\circ}{6}\right)} = 500mm$$

Avec :

P = pas de la chaîne

Z = nombre de dents

4.2.2 Calcul de puissance moteur

D'après le cahier de charge la cadence nominale est 15 véhicules par heure ; or Le convoyeur sera dimensionner de tel manière d'admettre une cadence instantanée de l'ordre de 10% soit 16,5 V/heure, donc la vitesse linéaire du convoyeur sera plus grande de 3 m/min. La vitesse recommandé par BRAMPTON RENOLD pour ce type d'application et qui répond aux exigences de cahier de charge est 20m/min.

•Données

- Débit de matière 16 kg/min ; c'est la masse de l'ensemble boucliers et support de fixation déplacé dans une minute.
- Densité de cette matière: 10 kg/m³; c'est la masse volumique de l'ensemble précédent
- Largeur du convoyeur: 1 m.
- Longueur du convoyeur: 21m.
- Poids linéaire du convoyeur: 17.5 kg/m.
- Diamètre de la poulie du convoyeur = 0.5 m.
- Coefficient de friction statique: 0.09.
- Coefficient de friction dynamique: 0.07.
- Volume de matière à transporter par seconde: 1.6 m³/min.
- Vitesse de rotation de la roue: 1.32 rad/s.

•Calcul de charge

La charge sera due aux poids des boucliers et les supports ainsi que la masse de la chaîne du convoyeur :

$$\begin{aligned} Ch &= \text{masse de la charge} + \text{masse de la chaîne} \\ &= (21 \times 0.8 \times 0.6 \times 10) + (2 \times 21 \times 17.5) \\ &= 835.8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Vue l'inclinaison du convoyeur on introduit une nouvelle formule qui prend en compte cette inclinaison :

$$Ch' = \sqrt{(Ch)^2 + (ch \sin \alpha)^2}$$

$$Ch' = \sqrt{(835.8)^2 + (835.8 \sin 13.5)^2}$$

$$Ch' = 858.3kg$$

Avec : α angle d'inclinaison du convoyeur.

• **Calcul d'accélération**

Comme les boucliers sont bien fixés sur les supports, la durée de l'accélération est fixée à 2 secondes ($T_{ac}=2s$). et la Vitesse à atteindre ($v = 0.33$ m/s).

$$a = \frac{v}{T_{ac}} = \frac{0.33}{2} = 0.165 \text{ m. s}^{-2}$$

• **Calcul du couple de démarrage**

Lors de démarrage le couple est maximal alors on se basant sur cette condition pour calculer la puissance motrice.

Couple = Force x rayon de la roue

$$C = Fd \times r$$

Avec :

$Fd = (\text{masse de la charge} \times \text{accélérations}) + (\text{masse de la charge} \times \text{accélérations de la pesanteur} \times \text{coefficient statique de friction})$.

$$\begin{aligned} Fd &= Ch' (a + g \cdot \mu) \\ &= 858.3 \times (0.165 + 9.81 \times 0.09) \end{aligned}$$

$$Fd = 899.4N$$

$$\begin{aligned} \text{Alors } C &= 899.4 \times 0.25 \\ &= 225N.m \end{aligned}$$

• **Puissance moteur**

$$\begin{aligned} P &= \frac{C \times \omega}{\eta} \\ &= \frac{225 \times 1.32}{0.97} \end{aligned}$$

$$P = 302.86 \text{ w}$$

4.2.3 Dimensionnement de l'arbre des roues

Pour dimensionner l'arbre on se réfère au catalogue de BRAMPTON RENOLD. En effet le tableau dans l'**annexe 5** permet de déterminer le diamètre de l'arbre moteur selon le couple de transmission.

Principe de choix

Le tableau contient deux colonnes :

Colonne A : cas de transmission d'un couple de torsion pur.

Colonne B : cas de transmission d'un couple de torsion et d'un couple de flexion, tous les deux combinés.

Étape 1 : Sélectionner le type du couple

Étape 2 : Déterminer la valeur du couple

Étape 3 : Apercevoir la valeur correspondante dans la colonne des diamètres

Données

Le matériau de l'arbre est l'Acier : $R_r = 520 \text{ N/mm}^2$

Couple de torsion : $224.9 \text{ N.m} = 22.5 \text{ daN.m}$

Type de contrainte : flexion et torsion

D'après les données précédentes le diamètre sélectionné est **42 mm**.

- **Vérification par calcul RDM**

Afin de vérifier le diamètre donné précédemment on a pensé à faire une étude RDM sur l'arbre des roues. La figure suivante présente les réactions agissant sur l'arbre :

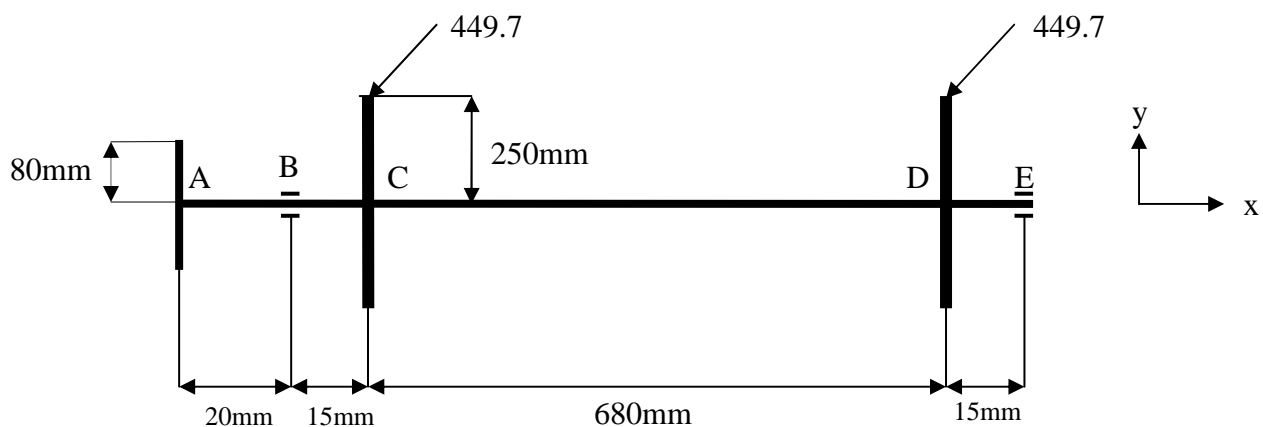


Figure 36 : Schéma de l'arbre des roues

- Calcul de réaction au niveau du point A :

On a $\sum M_{Ax} = 0$

$$\rightarrow 449.7 \times 0.25 \times 2 - F \times 0.08 = 0$$

$$\rightarrow R_A = \frac{449.7 \times 0.25 \times 2}{0.08} = 2810.6 \text{ N}$$

- Calcul de R_{Ey}

On a $\sum MDz = 0$

$$\rightarrow R_{Ey} \times (300 + 680) - 2810.6 \times 200 = 0$$

$$\rightarrow R_{Ey} = \frac{2810.6 \times 200}{300 + 680} = 573.6 \text{ N}$$

- Calcul de R_{By}

On a $\sum Fy = 0$

$$\rightarrow R_{By} + R_{Ey} - 2810.6 = 0$$

$$\rightarrow R_{By} = 2810.6 - 573.6 = 2237 \text{ N}$$

- Calcul de R_{Ez}

On a $\sum MBy = 0$

$$\rightarrow R_{Ez} \times (300 + 680) + 449.7 \times (150 + 680) + 449.7 \times 150 = 0$$

$$\rightarrow R_{Ez} = - \frac{449.7 \times (150 + 680) + 449.7 \times 150}{300 + 680}$$

$$\rightarrow R_{Ez} = -449.7 \text{ N}$$

- Calcul de R_{Bz}

On a $\sum F_z = 0$

$$\rightarrow R_{Ez} + R_{Bz} + 2 \times 449.7 = 0$$

$$\rightarrow RBz = -449.7 \text{ N}$$

- Dimensionnement de l'arbre avec le code ASME

Le code ASME c'est outil de dimensionnement des arbres il permet d'évaluer rapidement le diamètre des arbres utilisant une théorie de limitation statique basé sur le cisaillement maximal. D'après les calculs précédent on déduire les résultats suivantes :

- ❖ Le couple de torsion est constant le long de l'arbre:

$$T = 2810.6 \times 0.08 = 224.85 \text{ N.m}$$

- ❖ Moment de flexion dans le plan verticale et horizontale

En point C le moment de flexion dans les deux plans est maximale ;

$$MB = \sqrt{449.7^2 + 337.26^2}$$

$$M_{\max} = 562.12 \text{ N.m}$$

On a $S_p = \min(0.18S_{ut}, 0.30S_y) \times b$

Alors $S_p = 81 \text{ Mpa}$

Avec :

- $S_{ut} = 500 \text{ Mpa}$, $S_y = 270 \text{ Mpa}$, d'après les propriétés du matériau utilisé
- $b = \begin{cases} 1.0 \text{ sans concentration de contraintes} \\ 0.75 \text{ avec concentration de contraintes} \end{cases}$

D'après le code ASME la formule utilisée pour calculer le diamètre de l'arbre est la suivante :

$$d = \left\{ \frac{5.1}{S_p} \left((C_m \times M)^2 + (C_t \times T)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}}$$

$$d = \left\{ \frac{5.1}{81 \times 10^6} \left((1.5 \times 562)^2 + (1 \times 224.85)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}}$$

$$d = 38.02 \text{ mm}$$

On a $42 \geq 38.02$, Donc le diamètre recommandé par BRAMPTON RENOLD est bien vérifié par le calcul RDM.

4.2.4 Choix des paliers

Pour notre application la vitesse est réduite ainsi que les charges sont moyennes. Les Paliers à semelle SAF sont proposés par SKF pour ce type d'application. En plus les roulements utilisés dans les paliers sont les roulements à bille à contact radial.

D'après le paragraphe précédent les actions aux niveaux des paliers est comme suite :

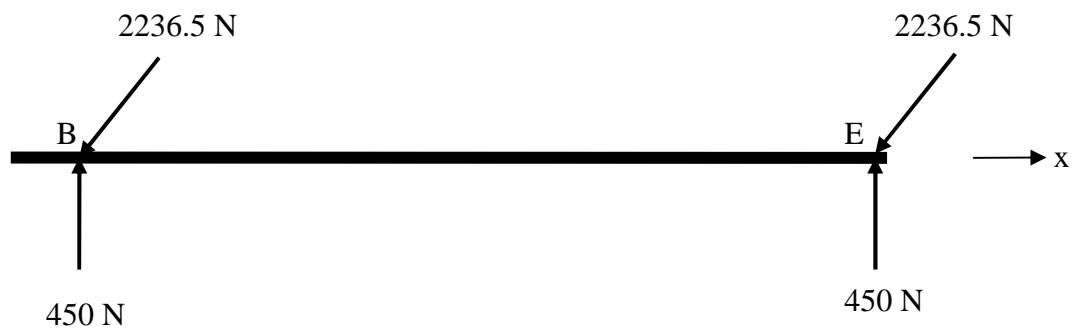


Figure 37 : Actions aux niveaux des paliers

- Calcul de réaction
Les réactions aux niveaux des roulements sont purement radiales.

$$Fr = \sqrt{2236.2 + 450^2} = 2281\text{N}$$

- Choix de la série du roulement

Données :

- Vitesse : $V=1.32\text{rad/s} = 12.74 \text{ t/min}$
- La durée de vie proposée pour les convoyeurs est entre 30000h et 60000h on choisit $L_{10h}=40000\text{h}$,
- Diamètre de l'arbre : $d=42\text{mm}$

On a
$$C = P \times \left(\frac{60 \times N \times L_{10h}}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}}$$

→
$$C = 2281 \times \left(\frac{60 \times 12.74 \times 40000}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}}$$

A.N
$$C = 3310.7 \text{ N}$$

D'après les catalogues de l'annexe 6 c'est un roulement de type BC série N° 3 avec une charge dynamique de base $C=4100$ N.

Vérification du choix :

On a
$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3$$

A.N
$$L_{10} = \left(\frac{4100}{2281}\right)^3 = 5.8 \text{ Mt}$$

On cherche la durée de vie en heures de fonctionnement

On a
$$L_{10h} = \frac{L_{10} \times 10^6}{60 \times N}$$

A.N
$$L_{10h} = \frac{5.8 \times 10^6}{60 \times 12.61} = 76658.74 \text{ h} > 40000$$

Le choix est validé, Alors le roulement choisi à la désignation suivante: BC 40 03 X E

4.2.5 Dimensionnement de la chaîne de transmission

Dans cette partie on va faire l'étude, le choix, ainsi que la vérification des paramètres de transmission entre l'arbre motoréducteur et l'arbre des roues du convoyeur.

La vitesse de transmission est réduite ainsi que la puissance est moyen, en plus les chaînes présentes plusieurs avantages que les courroies pour ce type d'application tel qu'un montage et un entretien plus simple, donc on va utiliser une chaîne pour la transmission du mouvement.

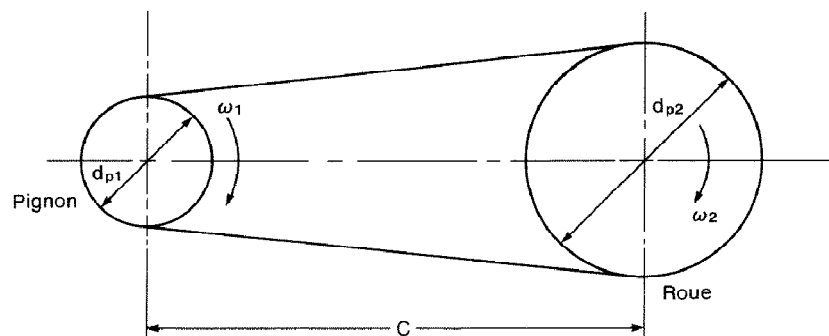


Figure 38 : Chaîne de transmission

- Calcul de la puissance effective P'

On applique à la puissance P à transmettre un facteur de service k_s (qui est en fonction des types de moteur et de machine entraînée) on obtient la puissance effective, soit :

$$P' = k_s \times P$$

Données :

- $P=0.35 \text{ KW}= 0.47\text{hp}$
- $V1=20.18 \text{ t/min}$
- $V2=12.61\text{t/min}$
- $D1=100\text{mm}$
- $D2=160\text{mm}$
- $C=750\text{mm}$

D'après le tableau dans l'**annexe 7** $K_s=1$, donc :

$$P' = 1 \times 35 = 0.47\text{hp}$$

- **Type de la chaîne**

D'après l'abaque de l'**annexe 6** la chaîne valable est n°60 avec un pas de 0.75Po

- **Langueur de la chaîne**

On peut calculer approximativement la langueur de la chaîne à l'aide de la relation suivante :

$$L = 2C + \frac{p(N1+N2)}{2} + \frac{p^2}{C} \times \left(\frac{N2-N1}{2\pi}\right)^2$$

$$L = 2 \times \frac{750}{25.4} + \frac{0.75(21+13)}{2} + \frac{0.75^2}{C750} \times 25.4 \times \left(\frac{21-13}{2\pi}\right)^2$$

$$= 65.46 \text{ Po}$$

$$= 1662.70\text{mm}$$

- **Détermination du rapport de réduction**

$$R_v = \frac{N1}{N2} = \frac{13}{21} = 0.62$$

- **Vérification de l'angle d'enroulement**

Afin d'assurer une répartition adéquate des efforts appliqués sur la chaîne, l'angle d'enroulement sur le pignon doit être égale ou supérieur à 120°, soit :

$$\theta = 180^\circ - 2 \sin^{-1}\left(\frac{d_2 - d_1}{2C}\right) \geq 120^\circ$$

$$\theta = 180^\circ - 2 \sin^{-1}\left(\frac{160-100}{2 \times 750}\right) = 175.4^\circ > 120^\circ$$

4.3 Choix technique des équipements

4.3.1 Choix du motoréducteur

Le dimensionnement d'un motoréducteur consiste à déterminer plusieurs paramètres mais ce qui nous concerne c'est la vitesse de rotation à la sortie ainsi que la puissance.



Figure 39 : Motoréducteur

a. Vitesse à la sortie

D'après les calculs fait précédemment la vitesse à la sortie du motoréducteur doit égale à la vitesse du pignon de la chaîne ($V=20t/min$).

b. Puissance du moteur

La puissance fournie par le motoréducteur doit être supérieure de la puissance nécessaire pour l'entraînement du convoyeur prenant en compte son rendement, en effet la puissance nécessaire est 0.35Kw. Les caractéristiques du motoréducteur choisi est les suivantes :

Caractéristique	Valeur
Alim.	230 V/400 V
Puiss. nom.	0.35 kW
Tours/min.	20 tr/min
Cos phi	0.77
Diam. Arbres	25 mm
Fabricant N°	20 100027 0532
Fréquence	50 Hz
Température min. ambiante	0 °C
Courant nominal	2.7 A
Température ambiante max.	+45 °C
Indice de protection	IP55
Facteur de sécurité	0.9

Tableau 10 : Caractéristiques techniques du motoréducteur

4.3.2 Choix des capteurs

Les capteurs permettent de détecter la présence d'un objet, l'information en sortie est alors de type tout ou rien. L'identification de la famille recherchée s'effectue par des questions/réponses chronologiques :

- nature de l'objet à détecter : solide, liquide, gazeux, métallique ou non.
- contact possible avec l'objet.
- distance objet/détecteur.
- masse de l'objet.
- vitesse de défilement.
- cadences de manœuvre.....

L'annexe 7 illustre la démarche de choix du capteur, d'après cet organigramme la famille sélectionnée est la suivante : **interrupteur de position électromécanique**.

4.3.3 Système de réglage d'entraxe

Il est indispensable de prévoir un système de réglage pour absorber l'allongement dû à l'usure. En effet La course du réglage permet le montage de la chaîne et le rattrapage de l'allongement dû à l'usure.

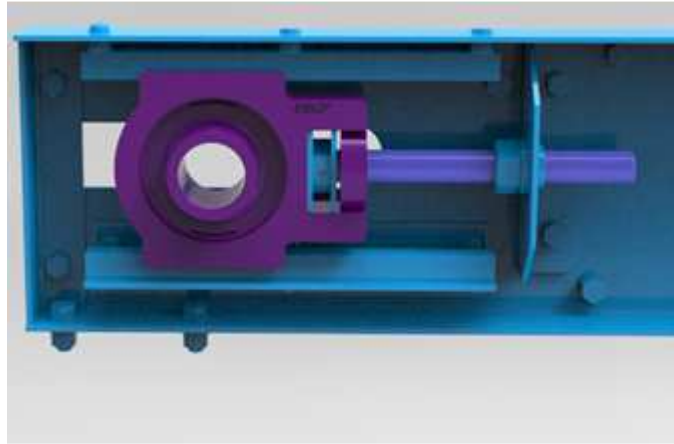


Figure 40 : Système de réglage d'entraxe

Le système de réglage doit être procédé à des contrôles de tension périodiques, de façon à ce quelle soit toujours correcte. La longueur de la course du réglage dépend de la longueur, de la série et du pas de la chaîne et peut être déterminée de la manière suivante :

$$R = \frac{\text{entraxe}}{\text{pas de la chaîne}} \times 0.8$$
$$R = \frac{10000}{250} \times 0.8 = 32\text{mm}$$

La conception finale du convoyeur est présentée sur la figure suivante :

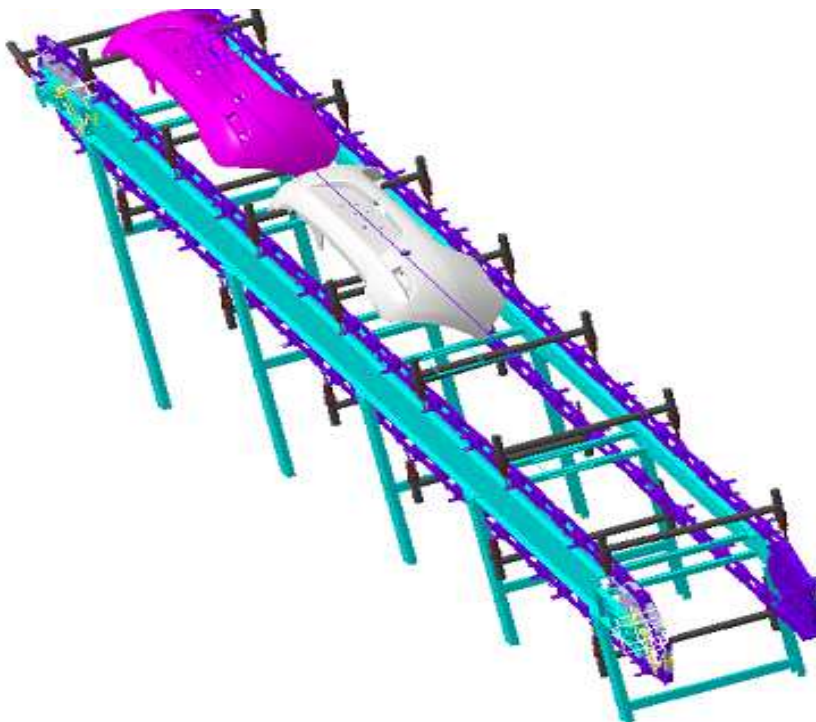


Figure 41 Convoyeur à chaîne pour boucliers

CONCLUSION

Au cours de ce projet de fin d'étude, que j'ai effectué au sein de la société SOMACA, dont l'objectif est l'amélioration des moyens industriels de l'UET04 j'ai traité deux sujets :

Le premier sujet vise l'amélioration des moyens d'accostage GMP, dont j'ai utilisé une méthode de résolution du problème en cinq étapes qui m'ont permis de rechercher et analyser les causes racines du problème d'accostage par plusieurs outils (5 pourquoi, QQQQCP, Hishikawa,...). Ainsi que la mise en place des solutions innovantes et réalisables et finalement j'ai présenté mes propositions pour le changement du mode opératoire au sein de la zone d'accostage GMP dans le but d'atteindre les meilleurs niveaux de la qualité et la productivité dans cette zone.

Dans le deuxième sujet j'ai fait l'étude et la conception d'un convoyeur à chaîne pour le déplacement des boucliers de la zone de préparation bouclier vers la ligne de montage, dont j'ai étudié et dimensionné tous les équipements du convoyeur puis j'ai fait le choix technique de ses équipements et finalement j'ai fait la conception du convoyeur sur le logiciel CATIA pour bien visualiser les solutions technologiques retenues.

Au terme de ce travail, j'ai touché de près quelques problèmes qu'un étudiant en Master Ingénierie Mécanique pourra rencontrer ; c'est une expérience intéressante sur le plan technique ainsi que le plan relationnel. Mon projet constitue donc une étape importante dans le processus de ma formation. En effet, outre que l'intégration dans le milieu industriel, il m'a permis d'acquérir une expérience professionnelle dans le domaine de la gestion de projet, gestion de production et la conception mécanique.

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages et articles :

1. Eléments de machines, Gilbert Drouin, Michel Guo, Pierre Thiry, Robert Vint, édition de l'école polytechnique de Montréal, 1986.
2. LES OUTILS DE LA PERFORMANCE INDUSTRIELLE, Jean-Marc Glaire, édition Groupe Eyrolles, 2008.
3. Fiches techniques de l'usine.
4. Rapport de stage «La mise en place d'un nouveau système d'accostage GMP semi-automatique », EL JATTIOUI Youssef, ENSA Tétouane, 2013.

Sites Internet :

1. www.renault.ma
2. www.brampton-renold.com
3. www.grabcad.com
4. www.skf.com

Annexes

