

## MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES

*Pour l'Obtention du*

**Diplôme d'Ingénieur d'état**

**Spécialité : Conception Mécanique et Innovation (CMI)**

**Conception et Réalisation des supports mobiles  
d'intégration pour les armoires électriques**

*Présenté par :*

**Younes BOUTERA**

*Encadré par :*

- **Oussama BOURIHANE, Professeur département Génie Mécanique, FST Fès**
- **Abdallah ASKARNE, Ingénieur process, ALSTOM Fès**

*Effectué à :* **ALSTOM**

*Soutenu le :* 20/07/2022

**Le jury :**

- **Pr. Abdellah EL BARKANY, (FST FES)**
- **Pr. Khalid Idrissi JANATI, (FST FES)**
- **Pr. Oussama BOURIHANE, (FST FES)**

**Année Universitaire : 2021-2022**

# **Dédicace**

## **A mes chers parents,**

*Que nulle dédicace ne puisse exprimer ce que je leurs dois, pour leur bienveillance, leur affection et leur soutien... Trésors de bonté, de générosité et de tendresse, en témoignage de mon profond amour et ma grande reconnaissance « Que Dieu vous garde ».*

## **A mes deux chers frères,**

*Que ce travail soit pour vous la preuve de mon attachement au symbole de la compassion que vous présentez pour moi. Veuillez trouver ici l'expression de mes nobles sentiments. Je vous souhaite beaucoup de bonheur et de réussite.*

## **A mes chers professeurs,**

*Dont la sagesse et la droiture seront toujours mon premier exemple. Je vous témoigne ma plus profonde gratitude pour tout le soutien que vous m'avez porté durant les 5 ans de formation à la FST de Fès.*

*À tous ceux qui ont contribué au succès de ce travail et à tous les gens qui partagent de la connaissance, je vous remercie vivement pour votre soutien.*

**Y. BOUTERA**

## **Remerciements**

*Au terme de ce travail, c'est un devoir agréable d'exprimer en quelques lignes en guise de reconnaissance, la gratitude que je dois à tous ceux dont j'ai sollicité l'aide et la collaboration durant ce projet.*

*Je tiens tout d'abord à remercier mon maître de stage qui est un ingénieur process Monsieur **Abdallah ASKARNE**, pour le temps consacré à ma formation et à mon intégration dans le projet auquel j'ai participé. Ses méthodes et sa bonne humeur face aux problèmes rencontrés m'ont montré l'importance et l'efficacité du travail en équipe.*

*J'adresse également toute ma reconnaissance et ma gratitude à mon encadrant **Pr. Oussama BOURIHANE** qui m'a aidé et encouragé tout au long de mon stage. Ainsi, je présente mes remerciements à l'ensemble des professeurs de la Faculté des Sciences et Techniques à Fès et spécialement celles de département de Génie Mécanique, pour leur soutien, leur aide et surtout pour leur sympathie durant ma formation de 5 ans à la faculté, qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde reconnaissance et mon profond respect.*

*Aussi, je tiens à remercier particulièrement et à témoigner toute ma reconnaissance à l'ensemble de l'équipe de la société ALSTOM Fès, pour m'avoir ouvert les portes de cette société sans aucune limite, pour l'expérience enrichissante et pleine d'intérêt qu'elles nous ont fait vivre durant cinq agréables mois de stage.*

*Merci également aux différents membres du jury : **Pr. Khalid Idrissi JANATI** et **Pr. Abdellah EL BARKANY** pour avoir accepté d'évaluer mes travaux et de siéger à ma soutenance de PFE.*

*Enfin, Je remercie tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce projet par ses encouragements ou ses idées, je vous remercie de votre amabilité et de votre grand soutien.*

## **Résumé**

*Dans un environnement très exigeant, il est nécessaire que l'entreprise soit apte pour affronter toute difficulté, et c'est le cas d'ALSTOM Fès fabricant des faisceaux et d'armoires électriques, dont les clients sont dans tous les domaines de transports urbains et dont les commandes ne sont ni connues ni prévisibles.*

*Face à de telles conditions, L'entreprise a besoin de faire évoluer au moment opportun son atelier de production en s'équipant par des nouveaux moyens et appareils développés adaptables avec les différents projets à venir et qui permettent de façon régulière de faciliter les tâches pour les opérateurs d'une part et de contribuer à l'augmentation de la cadence de production; d'où ce présent PFE qui a pour objectif de concevoir des supports mobiles d'intégration plus développés pour des nouvelles armoires électriques et d'assurer leurs résistances ainsi que leurs durées de vie afin de présenter un produit final efficace à la zone de production.*

*Dans cette optique, un diagnostic détaillé de la situation existante a été fait en suivant la démarche PDCA, sélectionnée afin de citer tous les objectifs à atteindre et les problèmes ou les risques qui peuvent rencontrer notre projet. Ensuite nous réalisons une conception adéquate aux supports d'intégration à l'aide du logiciel Catia V5 en tenant compte du diagnostic qui a été fait auparavant et en respectant le cahier des charges. Enfin nous terminons par une vérification de notre conception à travers une analyse statique de la structure conçue qui sera traitée sur le logiciel ANSYS pour l'analyse des contraintes et des déformations sur le support et proposer des solutions pour l'amélioration.*

### **Mots-clés :**

*Démarche PDCA- Conception- Diagnostic- Analyse statique- Réalisation- AMDEC pour entretien- Fatigue- Intégration et assemblage- Armoire électrique- Support mobile d'intégration.*

## ***Liste d'abréviations :***

**5M** : Méthode des 5M ou le diagramme de cause à effet ou encore diagramme d'Ishikawa est une démarche qui permet d'identifier les causes possibles d'un problème ou d'un défaut.

**5S** : sont les 5 verbes japonais qui décrivent une méthode d'organisation de l'atelier et des bureaux, par le tri, (Seiri=Débarasser, Seiso=Ranger, Seiton=Nettoyer, Seiketsu=Standardiser, Shitsuke=Discipliner).

**DMAIC** : Définir, Mesurer, Analyser, Innover, Contrôler.

**MP** : Matière Première.

**AMDEC** : Analyse des Modes de Défaillance, leurs Effets et leurs Criticités

**ALSTHOM** : Alsace Thomson.

**AT** : Alstom Transport.

**SAP** : Systems, Applications & Products in data processing.

**DR** : Documentation de Relevé.

**OF** : Ordre de Fabrication.

**QQOQCCP** : est un outil de questionnement qui se pratique en groupe de travail. Il permet de caractériser une situation en la décrivant selon un « angle » bien défini, en fonction du but recherché, (Quoi, Qui, Où, Quand, Comment, Combien, Pourquoi).

**APSYS** : Alstom Production System

**PME** : Process manufacturing engineering.

**ISO** : International Organization for Standardization.

**PDCA**: plan, do, check, act

**FAST**: Function analysis system technique.

**SADT**: Structured analysis and design technique.

## ***Table de matières :***

INTRODUCTION GENERALE :	1
CHAPITRE 1 : Présentation de l'organisme d'accueil	3
I. Présentation de l'organisme d'accueil et du processus de production :	4
1. Historique du groupe Alstom :	4
2. Présentation du groupe :	5
2.1 Filiales du groupe :	6
3. Alstom au Maroc :	7
3.1 Certifications d'Alstom Maroc :	7
3.2 Projets d'Alstom au Maroc :	8
4. Historique d'ancien Alstom Fès « Cabliance » :	9
5. Nouveau site d'Alstom Fès :	9
5.1 Fiche signalétique d'Alstom Fès :	10
5.2 Organigramme de CABLIANCE Maroc :	11
5.3 Évolution d'effectif d'Alstom Fès :	11
5.4 Services d'Alstom Fès :	12
5.5 Projets d'Alstom Fès :	14
II. Présentation du métier de câblage ferroviaire :	14
1. Particularité du câblage ferroviaire :	14
2. Définition de faisceau électrique :	14
3. Définition d'une armoire électrique :	15
4. Processus de production d'ALSTOM Fès :	15
4.1 Réception et stockage de la matière première :	17
4.2 Préparation des ordres de fabrication, des manchons, et des étiquettes :	17
4.3 Coupe des câbles :	17
4.4 Préparation des paquets :	18
4.5 Cheminement des câbles :	18
4.6 Mise en place des bagues de couleurs et des presses étoupes :	19
4.7 Dégainage et sertissage des câbles :	19
4.8 Mise en place et chauffage des gaines et manchons :	20
4.9 Mise en place des drapeaux :	20
4.10 Montage des connecteurs :	20
4.11 Intégration :	20

4.12	Test électrique :	21
4.13	Contrôle final :	21
4.14	Emballage et expédition :	22
	Conclusion :	22
CHAPITRE 2 : Contexte et mise en œuvre du projet		23
	Introduction :	24
I.	Problématique et contexte du projet :	24
1.	Problématique :	24
2.	Objectifs de projet :	24
3.	Acteurs de projet :	25
4.	Charte de projet :	25
5.	Planning de projet :	26
II.	Démarche PDCA :	27
1.	Choix de la démarche :	27
2.	Description de la démarche :	28
3.	Mise en œuvre :	29
III.	1ère phase de la démarche PDCA : PLAN	31
1.	Définition et analyse du problème :	31
1.1	Brainstorming :	31
1.2	Evaluation de l'idée :	32
1.3	Outil QQQQCP :	32
1.4	Bête à corne :	33
1.5	Diagramme pieuvre :	34
1.6	Diagramme FAST :	35
1.7	Diagramme SADT :	37
1.8	Diagramme d'ISHIKAWA :	38
	Conclusion :	39
CHAPITRE 3 : Conception et réalisation des supports mobiles		40
	Introduction :	41
I.	2 <sup>ème</sup> Phase de la démarche PDCA (DO) :	41
1.	Armoire électrique (EL5-1) et ses caractéristiques :	42
2.	Armoire électrique (EL5-2) et ses caractéristiques :	43
3.	Armoire électrique (EL5-3) et ses caractéristiques :	44

II.	Conception et réalisation des supports mobiles sur le logiciel Catia : .....	45
1.	Exemple d'un support mobile d'intégration (support EL3) : .....	45
1.1	Description du support EL3 : .....	46
1.2	Limiteur de Couple : .....	48
2.	Conception de support d'intégration EL5-1 par Catia : .....	49
2.1	Dimensionnement de la structure de base : .....	49
2.2	Dimensionnement de cadre de support : .....	49
2.3	Dimensionnement de dispositif de levage : .....	50
2.4	Dispositifs mécaniques et électriques de fonctionnement : .....	51
2.5	Assemblage des composants et intégration de l'armoire électrique : .....	52
3.	Conception des supports d'intégrations EL5-2 et EL5-3 : .....	53
3.1	Dimensionnement de la structure de base : .....	54
3.2	Dimensionnement de cadre de support : .....	54
3.3	Dimensionnement de dispositif de levage : .....	55
3.4	Assemblage des composants et intégration des armoires électriques EL5-2/3 : .....	57
4.	Réalisation des supports : .....	58
	Conclusion : .....	58
	CHAPITRE 4 : Vérification et amélioration de la conception .....	59
	Introduction : .....	60
I.	Vérification de conception des supports mobiles avec ANSYS : .....	60
1.	Analyse statique du EL5-1 : .....	60
1.1	Chargement appliqué : .....	60
1.2	Caractéristiques du matériau utilisé : .....	61
1.3	Procédures d'analyse et résultats : .....	61
2.	Analyse statique de EL5-2 : .....	65
2.1	Chargement appliqué : .....	65
2.2	Résultats : .....	66
3.	Analyse statique du EL5-3 : .....	68
3.1	Chargement appliqué : .....	68
3.2	Résultats : .....	69
II.	Sécurité et maintenance préventive : .....	72
1.	Transport et installation : .....	72
1.1	Déplacement, levage et déchargement : .....	72



1.2	Installation :.....	72
1.3	Précautions de sécurité :.....	72
1.4	Conditions environnementales de fonctionnement :.....	72
2.	Maintenance préventive :.....	73
2.1	AMDEC moyen de production (AMDEC machine) :.....	73
2.2	Principe des grilles de cotation :.....	73
2.3	Entretien programmé :.....	75
	Conclusion :.....	75
	CONCLUSION GENERALE :.....	76
	Liste des figures :.....	77
	Liste des tableaux :.....	79
	Bibliographie & Webographie :.....	80
	Annexes :.....	81
	<i>Annexe 1 : Réducteur</i> .....	81
	<i>Annexe 2 : Moteur électrique</i> .....	82
	<i>Annexe 3 : Roulette pivotante</i> .....	85
	<i>Annexe 4 : Console de commande à deux mains</i> .....	86
	<i>Annexe 5 : Rondelle et vis approprié</i> .....	89
	<i>Annexe 6 : Plans des dessins des supports EL5</i> .....	89

## INTRODUCTION GENERALE :

Le groupe **ALSTOM** est un leader au marché mondial dans le secteur ferroviaire. On observe une forte croissance dans le secteur grâce à la bonne tenue de la demande, aussi bien intérieur qu'extérieur. Il cherche constamment à améliorer la qualité de ses produits, ses performances et son système de production dont le but est d'augmenter la productivité avec efficience.

Dans le secteur ferroviaire, les industriels ont besoin d'être réactifs pour rester compétitifs et pour conquérir de nouveaux marchés. Pour y arriver, ils sont contraints d'améliorer leur façon de piloter la production, tant au niveau stratégique, pour s'adapter aux progrès de la technologie ou suivre les évolutions du marché, qu'au niveau opérationnel, pour réagir face aux aléas. Au niveau stratégique ceci conduit à modifier et adapter leur moyen de production pour faire face à l'arrivée de nouveaux produits et de nouveaux concurrents, pour réduire notamment leur délai de fabrication. Au niveau opérationnel, il faut maîtriser leur système de production afin qu'il soit capable de réagir sur le très court terme aux événements imprévus telles qu'une modification ou une annulation d'un ordre de fabrication.

Pour être à la mesure de la forte concurrence, ALSTOM Fès cherche à améliorer ses moyens de production de telle façon qu'elle garantisse sa direction vers : La satisfaction de ses clients (zéro défaut, 100% de valeur ajoutée, Zéro stock), la satisfaction de son personnel (sécurité physique et mentale, emploi sûr, défi professionnel, développement des compétences.) et l'adaptation du système de production.

Notre projet de fin d'étude s'inscrit dans une politique de mise en conception des supports mobiles d'intégration pour différentes armoires électriques qui seront intégrés dans la zone de production, tout en suivant les étapes qu'apporte le programme, à savoir : Etablissement de cartographie de processus de l'entreprise, Mise en place des indicateurs de performance et réalisation du tableau de bord interactif de production qui vise à suivre le niveau d'activité et de performance dans la zone en se basant sur l'évolution d'efficience des projets durant les semaines, afin de piloter et de valoriser leur contribution à la stratégie de l'entreprise.

Le premier chapitre est divisé en deux parties et va comprendre un aperçu général sur l'organisme d'accueil où ce projet de fin d'étude a été effectué et la présentation du métier câblage ferroviaire.

Le deuxième chapitre qui est-ce de la définition de démarche qu'on va suivre, puis on commence par la première étape qui permet l'étude fonctionnelle de la problématique en

utilisant les différents outils d'analyse (QOOQCP, FAST, SADT, ISHIKAWA ...) pour découvrir le problème racine et la relation des causes avec les effets.

Le 3<sup>ème</sup> chapitre va consacrer à la 2<sup>ème</sup> phase de la démarche qui présente le dimensionnement et la conception des différents supports mobiles d'intégration par Catia V5 selon chaque structure de l'armoire électrique qu'on a comme données sur le cahier de charges.

Le dernier chapitre est une combinaison de la 3<sup>ème</sup> et la 4<sup>ème</sup> phase de la démarche, il vient dans le cadre de l'amélioration de notre conception effectuée dans le 3<sup>ème</sup> chapitre, d'où nous serons en charge de l'analyse statique pour notre conception de support afin de voir les contraintes et les déformations qui peut les subir ainsi que le dommage et la durée de vie de notre produit tout grâce à l'éditeur de **logiciels** spécialisé en simulation numérique ANSYS.

Finalement, une conclusion à la fin du rapport présentera les aspects et les bénéfices que j'ai acquis à travers ce projet.

## CHAPITRE 1 : Présentation de l'organisme d'accueil

Ce premier chapitre est divisé en deux parties :

### **I. Présentation de l'organisme d'accueil et du processus de production :**

Dans cette première partie, nous allons commencer par une présentation de l'organisme d'accueil et sa structure intérieure (son domaine d'activité, son historique, ses valeurs ainsi que son organigramme).

### **II. Présentation du métier câblage :**

Dans cette deuxième partie, Nous allons donner une petite introduction sur le métier de câblage, par la suite nous présentons les processus de production du faisceau électrique tel qu'il se produit au sein de l'entreprise ALSTOM Fès.

## I. Présentation de l'organisme d'accueil et du processus de production :

### 1. Historique du groupe Alstom :

ALSTHOM (à l'origine, le nom contient un « h ») est une société anonyme basée en France et née en 1928. C'était le résultat de la fusion d'une partie de la SACM (Société Alsacienne de Constructions Mécaniques) et de la Compagnie Française Thomson-Houston (société franco-américaine spécialiste des équipements de traction électrique et la construction électromécanique). D'où son nom dérive de la contraction de « Alsace » (ALS) et de « Thomson » (THOM).

Date	Historique
<b>1928</b>	La SACM fusionne avec Thomson-Houston et devient Alsthom.
<b>1965</b>	Création de trois filiales ; ALSTHOM-SAVOISIENNE, DELLE-ALSTHOM et UNELEC
<b>1969</b>	Alsthom devient filiale de la compagnie générale d'électricité.
<b>1970</b>	Lancement des programmes nationaux nucléaires et TGV.
<b>1976</b>	Alsthom fusionne avec les chantiers de l'Atlantique devenant Alsthom Atlantique.
<b>1998</b>	Introduction en Bourse sous le nom d'Alstom.
<b>1999</b>	ALSTOM crée une co-entreprise avec ABB, nommée ABB ALSTOM Power.
<b>2010</b>	ALSTOM intègre la branche Transmission d'Areva T&D, qui devient ALSTOM GRID.
<b>2010</b>	ALSTOM décroche le TGV au Maroc : La fourniture de 14 rames de TGV.
<b>2011</b>	ALSTOM crée une co-entreprise « Cabliance » avec Nexans implantée au Maroc à Fès.
<b>2016</b>	Alstom rachète Cabliance.
<b>14 octobre 2020</b>	Alstom ouvre son nouveau site à Fès.
<b>2021</b>	ALSTOM signe un protocole avec l'Office National des Chemins de Fer pour la maintenance des locomotives électriques.
<b>2022</b>	ALSTOM inaugure son nouveau site de transformateurs embarqués à Fès.

**Tableau 1 : Historique d'Alstom**

## 2. Présentation du groupe :

Alstom est une multinationale dont le siège est basé en France, elle se positionne comme un leader mondial des systèmes de transport intégrés.

Ce groupe français, actuellement présidé par Henri Poupart-Lafarge depuis le 1er février 2016, est présent dans 70 pays, emploie 75 000 opérateurs et 17 500 ingénieurs dans presque 250 sites.

Le groupe ALSTOM est le premier prometteur des solutions de mobilité plus durables et plus intelligentes, il développe des systèmes intégrés qui permettent de jeter les bases d'un futur modèle de transport. Son portefeuille de produits comprend des trains à grande vitesse, des métros, le monorail, des trams et des bus électriques ainsi que des systèmes intégrés, des services sur mesure, de l'infrastructure, des solutions de signalisation et des solutions de mobilité numérique.

« Le rôle d'Alstom n'est pas seulement de fournir du matériel roulant, des services et de la signalisation, mais aussi d'offrir des solutions de mobilité à un monde en profonde mutation. Alstom se trouve en excellente position pour dessiner la mobilité du futur : efficace, durable et connectée ! » Henri Poupart-Lafarge, Président-directeur général.

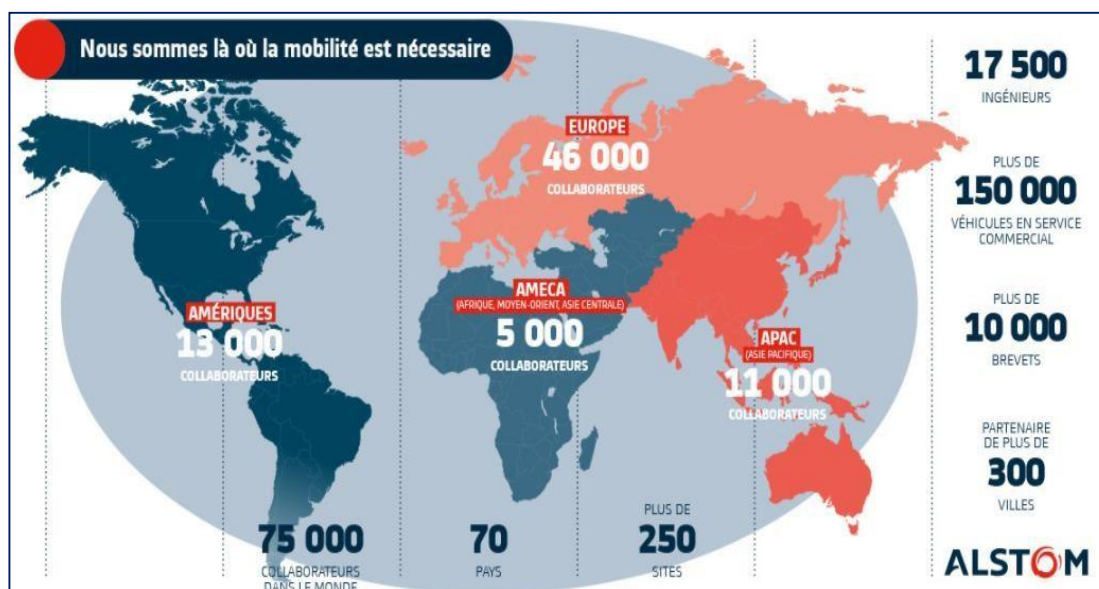


Figure 1: Empreinte global d'Alstom dans le monde entier.

## 2.1 Filiales du groupe :

La création des filiales d'Alstom était résultante de la fusion de cette dernière avec d'autres groupes pour des raisons spécifiques.

Les filiales d'Alstom sont :

**ALSTOM POWER** : ou encore ABB ALSTOM Power, est une co-entreprise avec ABB qui a été en 1999. Elle est spécialisée dans la conception, la fabrication et la distribution des produits en relation avec la production d'électricité.

**ALSTOM GRID** : est un nouveau secteur constitué en emportant le 7 juin 2010 les activités transmission 'Areva T&D (transmission et distribution).

Il s'agit du troisième pilier à côté d'Alstom Power et Alstom Transport, il constitue l'activité de la transmission d'électricité à haute tension d'Alstom. Ce groupe dispose de tous les atouts nécessaires sur les plans technologiques, industriels et humains nécessaires pour transmettre l'énergie électrique de la centrale aux utilisateurs.

**ALSTOM TRANSPORT** : Alstom est recentré sur le transport ferroviaire après la vente de ses activités énergétique (Power et Grid) à General Electric (GE) en 2014.

Ce groupe focalise ses travaux autour de trois familles de produits et services ; la conception et la base des infrastructures ferroviaires et le service de maintenance des équipements ferroviaires.



Figure 2 : Filiales d'Alstom

### 3. Alstom au Maroc :

#### 3.1 Certifications d'Alstom Maroc :

Durant ses années d'activités, ALSTOM a réalisé une performance remarquable par la livraison de la première rame du Tramway de Casablanca en Juillet 2012. Cette jeune entreprise a réalisé plus de 90 millions de DH de chiffre d'affaires rien qu'en 2014.

Elle a réussi sa certification ISO 9001 version 2008 ainsi qu'elle a été la première usine certifiée aux normes IRIS (International Railway Industrial Standards) au Maroc en décembre 2014.



Figure 3: Certifications d'Alstom Maroc

#### 3.1.1 ISO 9001 : 2015 ,14001 :

L'ISO est un document établi par consensus et approuvé par un organisme reconnu, qui fournit, pour des usages communs et répétés, des règles, des lignes directrices ou des caractéristiques, pour des activités ou leurs résultats garantissant un niveau d'ordre optimal dans un contexte donné.

La norme ISO 9001 est concentrée sur de bonnes pratiques managériales en matière de qualité. Elle fournit un cadre pour mettre en place une approche processus et améliorer de façon continue le fonctionnement et la satisfaction des clients.

Cette certification a été obtenue par ALSTOM Maroc le 16/12/2013.



Figure 4: Certificats of Alstom Fès



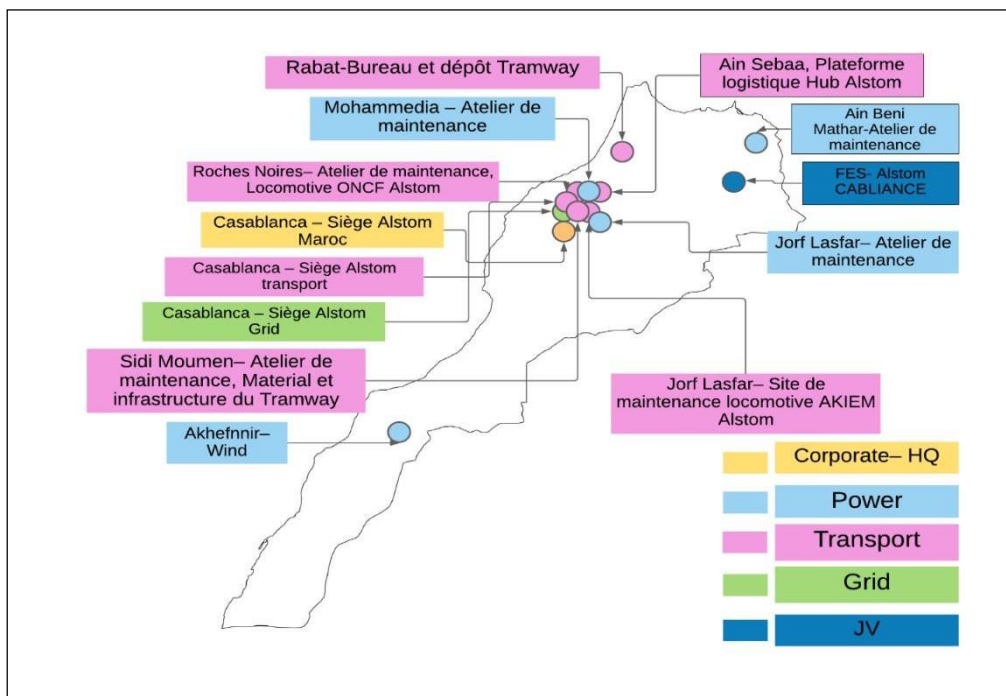
### 3.1.2 Norme IRIS en cours :

La norme IRIS (International Railways Industry Standard) est une norme mondiale de la qualité de l'industrie ferroviaire, elle est applicable dans le monde entier, dans tous les secteurs des transports ferroviaires pour les entreprises dont les activités-clés sont la production, le développement, le management de projet et la maintenance de véhicules ferroviaires et de leurs composants, y compris la signalisation.

Menée sous la direction de l'UNIFE (Union des Industries Ferroviaires Européennes), la norme est soutenue par les quatre plus grands fabricants d'équipements (Bombardier, Siemens, Alstom et Ansaldo-Breda) et elle est maintenant un élément ferme dans les exigences pour les achats dans un grand nombre d'entreprises. Toutes les entreprises sont inscrites dans la base de données IRIS, qui est accessible à l'ensemble des acteurs de ce marché.

### 3.2 Projets d'Alstom au Maroc :

Le groupe ALSTOM est un ancien partenaire dans les projets d'infrastructures au Maroc, il est présent dans les différentes villes ci-dessous :



**Figure 5: Présence du groupe d'Alstom au Maroc**

#### 4. Historique d'ancien Alstom Fès « Cabliance » :

<b>10 Décembre 2010</b>	Signature de l'accord ALSTOM ONCF pour le TGV Tanger Casablanca.
<b>08 Juin 2011</b>	Signature de l'accord pour la création de la JV entre ALSTOM et NEXANS.
<b>22 Décembre 2011</b>	Création de la Société.
<b>02 Janvier 2012</b>	Lancement des travaux de rénovation de l'usine.
<b>05 Février 2012</b>	Lancement de la formation du Management en Slovaquie.
<b>08 Mars 2012</b>	Intégration du 1er groupe des opératrices/opérateurs
<b>26 Mars 2012</b>	Lancement production sur faisceaux Test CITADIS.
<b>03 Juillet 2012</b>	Audit Processus
<b>14 Juillet 2012</b>	Expédition de la 1ère Rame du CITADIS

**Tableau 2: Historique de CABLIANCE Maroc**

#### 5. Nouveau site d'Alstom Fès :

Le mercredi 14 octobre 2020, Alstom a annoncé l'ouverture de son nouveau site aussi à Fès (Figure 6), à la zone industrielle ex-COTEF, pour répondre aux besoins croissants de ces clients.

En effet, elle contribue à apporter un nouveau souffle à la zone industrielle ex-COTEF qui constituera un catalyseur de la relance de l'activité économique régionale.

Alstom est une preuve de l'expansion industrielle d'Alstom au Maroc. Son design contemporain, projeté vers le futur, permettra d'inscrire la ville dans une nouvelle mémoire positive.

Ce nouveau site produit des faisceaux, des sous-ensembles et des armoires électriques qui sont montés dans les trains Alstom, en circulation dans le monde entier.

À ce jour, le site Alstom de Fès a contribué à plus de 20 projets ferroviaires dans le monde, il est devenu un acteur incontournable de la fourniture de câblage ferroviaire pour le matériel roulant Alstom à travers le monde.



Figure 6: Nouveau site d'Alstom Fès

### 5.1 Fiche signalétique d'Alstom Fès :

Voici la fiche signalétique de la société Alstom dès sa création :

<b>Date de Création</b>	14 OCTOBRE 2020
<b>Siège Social</b>	Lot 106 Zone industrielle COTEF-rue Sidi Brahim Fès
<b>Capital social</b>	65 000 000 MAD
<b>Directeur Général d'ALSTOM MAROC</b> <b>Directeur Général d'ALSTOM Fès</b>	GHALMI Nouredine ADDAKIRI Adil
<b>Actionnaires</b>	100% ALSTOM
<b>Effectif</b>	550 personnes
<b>Statut Juridique</b>	Société Anonyme (SA)
<b>Activité</b>	La fabrication et la vente de systèmes de câblage et d'armoires électriques basse tension pour l'industrie Ferroviaire dans le monde entier
<b>Téléphone</b>	(+212) 535 72 42 00
<b>Site Internet</b>	<a href="http://www.alstom.com">www.alstom.com</a>
<b>LOGO</b>	

Tableau 3: Fiche signalétique d'Alstom Fès

### 5.2 Organigramme de CABLIANCE Maroc :

L'organigramme illustré dans la figure 2 représente la structure hiérarchique d'ALSTOM Fès.

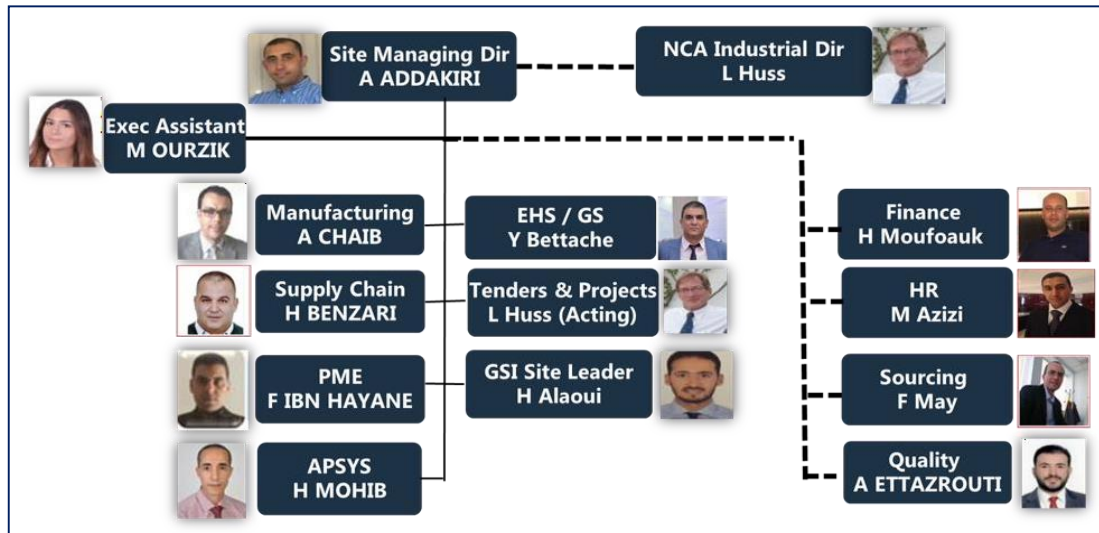


Figure 7: Organigramme Alstom-FES

### 5.3 Évolution d'effectif d'Alstom Fès :

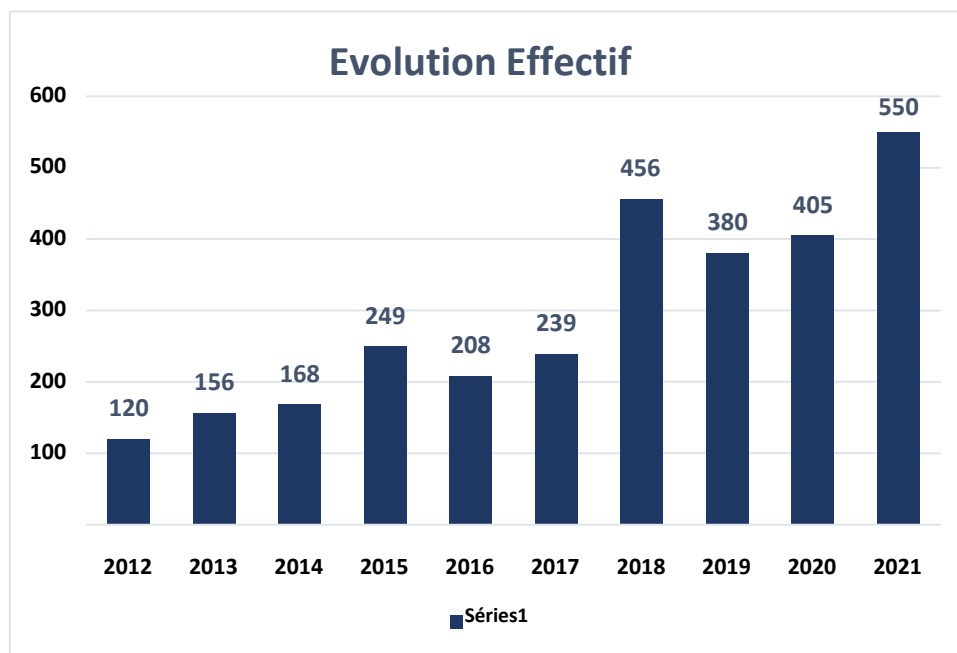


Figure 8: Evolution Effectif Alstom FES

#### **5.4 Services d'Alstom Fès :**

##### **❖ Service des ressources humaines :**

Le département RH met en place les différents dispositifs réglementaires et normatifs de gestion du personnel, développe les outils adéquats de gestion du personnel, met en place les outils de gestion de carrières, de développement de compétences, de motivation et d'adhésion du personnel et les dispositifs de sécurité au travail.

##### **❖ Service financier :**

Le département financier est appelé à assurer la rentabilité des investissements, à appliquer les outils et standards groupe, à respecter la réglementation et la législation en vigueur, à assurer la saisie optimale des opportunités offertes par le pays aux investisseurs, à piloter les projets et chantiers d'optimisation des coûts et à l'optimisation de la gestion de la trésorerie et de la gestion fiscale de la société.

##### **❖ Service logistique :**

Son rôle est d'optimiser la mise en place et le lancement des programmes de fabrication tout en assurant une gestion optimale du stock et une expédition à temps aux clients.

##### **❖ Service qualité :**

C'est le garant de la politique de l'entreprise à travers l'implantation d'un système qualité fiable qui répond aux exigences des clients afin d'atteindre le niveau de qualité escomptée sur le plan du processus et des produits.

##### **❖ Service engineering :**

Il a pour mission d'adapter les procédés de fabrication conformément aux règles définies par la spécification.

##### **❖ APSYS :**

Le service APSYS a été créé par ALSTOM GROUP pour unifier les méthodes de travail dans ses différents sites dans le monde afin d'améliorer les performances des différents départements des sites, ainsi implanter la culture de Lean Manufacturing et d'amélioration continue dans ces sites.

### ❖ Service 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.

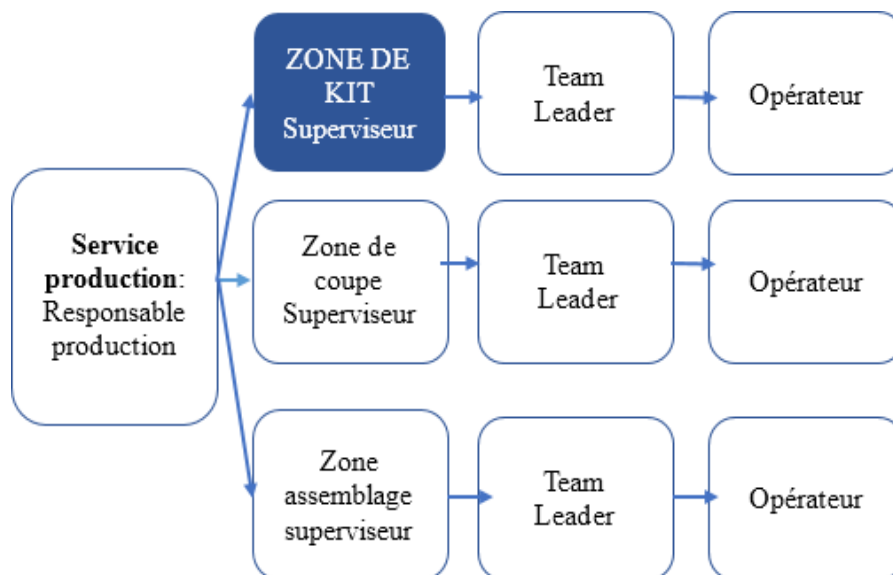


Figure 9: Organigramme de département production

### ❖ Service maintenance :

Il assure l'installation et la maintenance de tous les équipements de l'usine avec une fiabilité optimale et une efficacité maximale d'équipement d'Alstom Fès.

### ❖ Service de facturation :

L'utilisateur :

- Crée des bons de livraison et des picking List puis enregistre une sortie de marchandises dans SAP ERP.
- Lie le bon de livraison à la facturation.
- Met à jour la quantité livrée dans la commande client SAP, ainsi que l'historique des opérations.

## 5.5 Projets d'Alstom Fès :

### Liste de quelques projets :

- RGV
- MP14 LOOMS
- Strasbourg
- Frankfurt
- CFL Cubicles
- ICNG 5 VOITURE, configurations de train ICNG 8 voitures

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>LNVG</b> <span style="color: blue; font-size: 1.2em;">→</span> <b>Sur lequel je travaille</b></li> </ul>
--

- 3UFC

## II. Présentation du métier de câblage ferroviaire :

### 1. Particularité du câblage ferroviaire :

La fabrication des faisceaux et des armoires électriques dédiées à l'industrie ferroviaire est effectuée à la main et via des outils mécaniques ou pneumatiques de coupe et de sertissage, et cela, pour des raisons de sécurité.

En effet, le câblage ferroviaire doit respecter la Classe 1 de niveau de sécurité à la différence du câblage automobile qui obéit aux exigences de la classe 2 en termes de sécurité.

La majorité des références d'Alstom Maroc concerne les deux voitures d'extrémité ainsi que les salles, les toitures et les cabines.

### 2. Définition de faisceau électrique :

Un faisceau électrique est un ensemble de câbles électriques raccordés entre eux via des Connecteurs. Son rôle est d'assurer :

- La distribution électrique.
- Le transfert des informations et la commande entre les différents équipements électriques et électroniques.
- La liaison électrique entre les appareils et leurs tables de commande.



Figure 10: Faisceau électrique

### 3. Définition d'une armoire électrique :

L'armoire électrique est un boîtier qui contient un réseau de distributions électriques. Elle assure le rôle d'un gestionnaire d'énergie électrique.

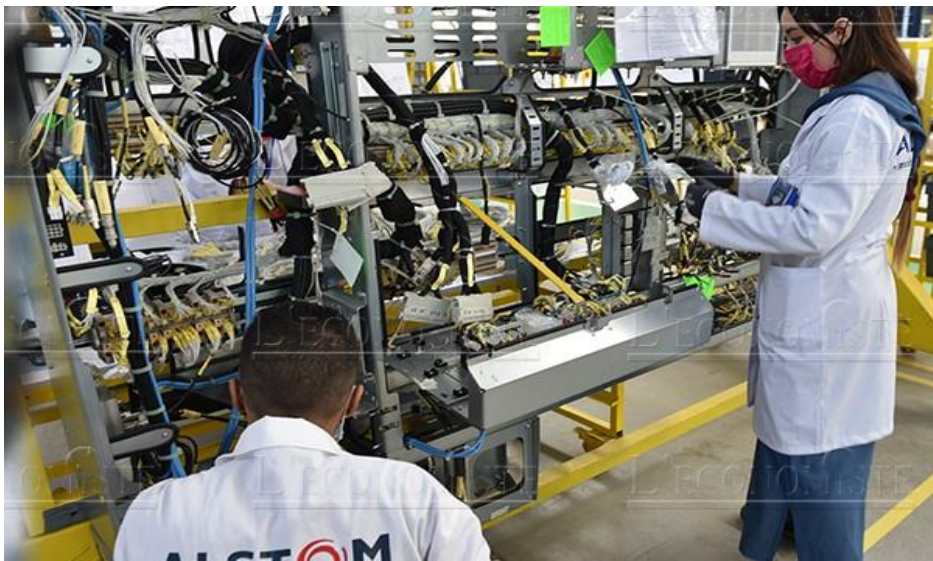


Figure 11: Armoire électrique

### 4. Processus de production d'ALSTOM Fès :

Le processus de production passe par plusieurs étapes, allant de la récupération de la matière première du magasin après sa réception et son stockage jusqu'à l'étape de l'emballage du faisceau et d'armoire électrique prêt à être expédié.

Le processus sous forme de schéma :



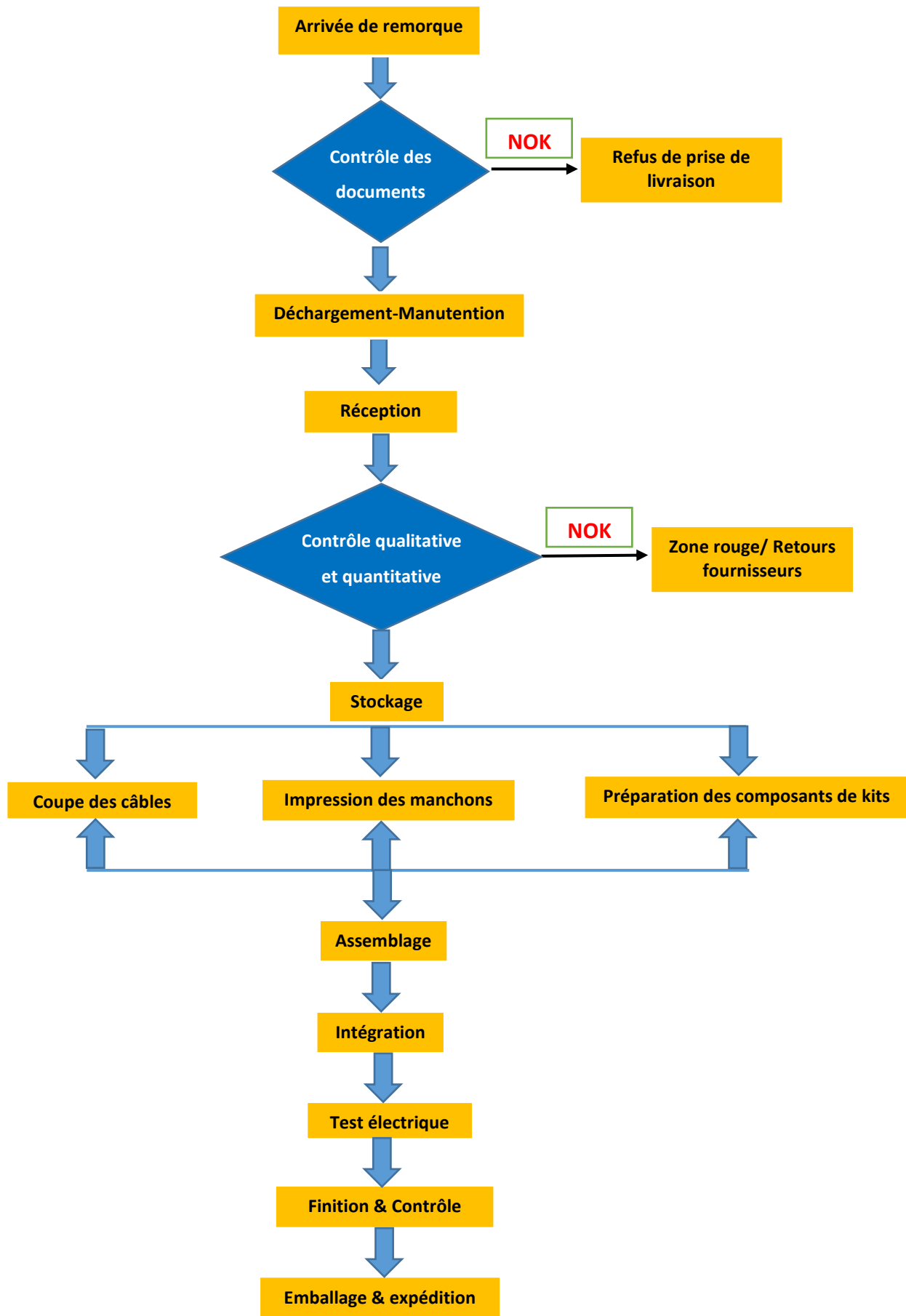


Figure 12: Processus de fabrication

#### 4.1 Réception et stockage de la matière première :

Après une réception administrative, quantitative et qualitative de la matière première qui est généralement des bobines de fils, des connecteurs et des connexions, les contrôleurs font un contrôle de réception et le stockage dans le magasin.

#### 4.2 Préparation des ordres de fabrication, des manchons, et des étiquettes :

Les Ordres de Fabrications (OF) sont réalisés par l'ingénieur planning qui les envoient au service 'poste manchons/étiquettes' pour les imprimer avec les manchons et les étiquettes de coupe.

Le dossier de fabrication qui est composé de la fiche suiveuse, la check List des composants et les fiches de traçabilité sont préparé par la même occasion (voir figure 13).



Figure 13: Dossier de fabrication, étiquettes et manchons

#### 4.3 Coupe des câbles :

La coupe des câbles se fait de deux manières différentes (figure 14) :

→ La première consiste à couper les câbles de grosses sections (section entre 16 mm<sup>2</sup> et 240 mm<sup>2</sup>) manuellement en utilisant une pince de coupe.

→ La deuxième consiste à couper les câbles de faibles sections (section inférieure à 16 mm<sup>2</sup>) automatiquement par la machine 'KOMAX KAPP'.



Figure 14: Table de coupe câbles et la machine KOMAX KAPP

#### 4.4 Préparation des paquets :

Les fils ou les câbles coupés sont destinés à se regrouper, suivant un document préparé par le bureau de méthode, pour être assemblé sur la planche d'assemblage.

Les moyens utilisés dans le poste de préparation (voir figure 15) sont :

- Les manchons : utilisés pour définir les extrémités du câble (tenant/aboutissant).
- Le ruban adhésif : utilisé pour fixer la partie tenant d'un paquet et pour identifier chaque classe (Numéro de paquet ou numéro de toron).
- Les bagues de couleurs : placés du côté aboutissant et ils sont nécessaires pour faciliter le cheminement des paquets sur la planche d'assemblage.

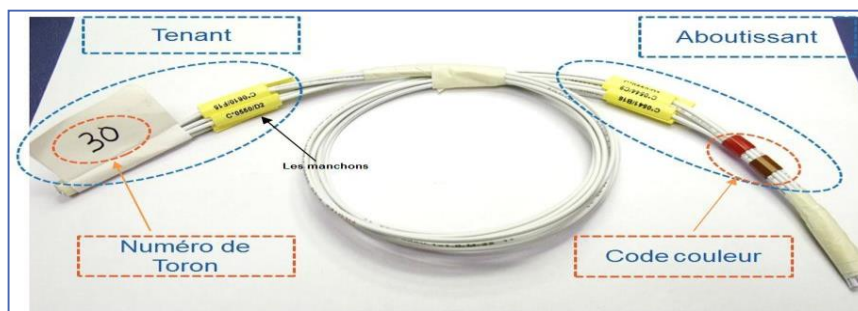


Figure 15: Préparation des paquets

#### 4.5 Cheminement des câbles :

Après la réception des bacs à la zone d'assemblage, l'opérateur commence le cheminement des câbles sur les plans (lay-out) d'assemblage montés sur des supports.

Ces plans (figure 16) sont fournis par le technicien AutoCAD (logiciel de conception mécanique), après qu'elles soient validées par le service qualité.

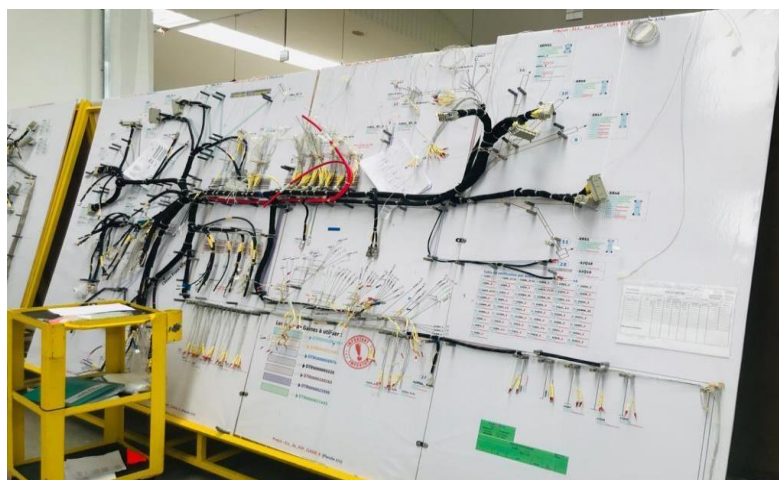


Figure 16: Lay-out "gabarit" de planche

#### 4.6 Mise en place des bagues de couleurs et des presses étoupes :

Après l'étape de cheminement, l'opérateur mis sur les câbles :

- ➔ Les bagues de couleurs (figure 18) selon leurs emplacements et leurs couleurs.
- ➔ Les presse-étoupes (pour les câbles de grosse section) (figure 17) selon leurs références et leurs sens.

Sachant que toutes ces informations sont marquées sur le plan.



Figure 18: Bague de couleur



Figure 17: Presse-étoupes

#### 4.7 Dégainage et sertissage des câbles :

Le dégainage (figure 20) est une procédure qui sert à retirer une partie de câble, sans endommager le conducteur ou le reste de l'isolation.

Le sertissage (figure 19) est le fait de fixer la connexion avec le câble, en vue de garantir une résistance à une certaine force d'arrachement avec un outil bien déterminé.

Pour les deux opérations citées précédemment, l'opérateur s'appuie sur une gamme de sertissage pour déterminer la longueur de dégainage.

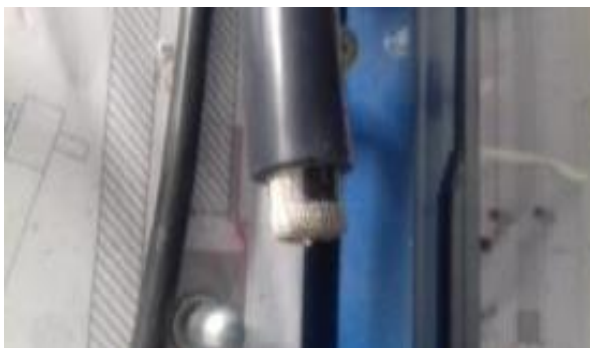


Figure 20: Opération de dégainage des câbles



Figure 19: Opération de sertissage des câbles

#### 4.8 Mise en place et chauffage des gaines et manchons :

Les manchons et les gaines sont mis aux extrémités (tenant/aboutissant) des câbles pour repérer et protéger les câbles (figure 21).



Figure 21: Chauffage des gaines et manchons

#### 4.9 Mise en place des drapeaux :

Les drapeaux (figure 22) sont mis dans les extrémités (tenant/aboutissant) des câbles pour définir l'emplacement et les références des connecteurs intégrés par le client.

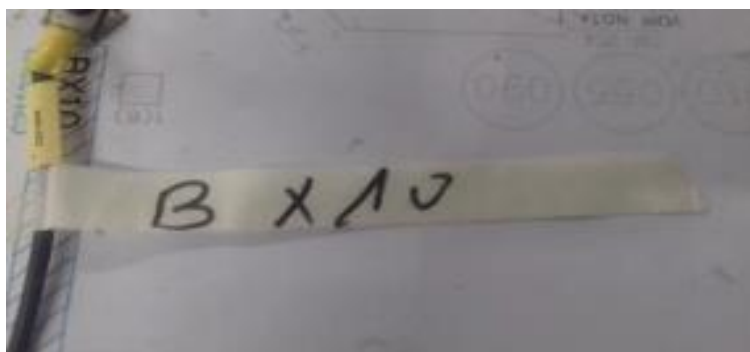


Figure 22: Drapeaux

#### 4.10 Montage des connecteurs :

Le montage des connecteurs est une opération qui permet d'assembler les câbles sertis avec un connecteur bien défini sur le gabarit de cheminement. Les instructions de montage d'un tel connecteur sont présentées dans le mode opératoire, donc il suffit de suivre les instructions pour monter un tel connecteur.

#### 4.11 Intégration :

Dans le cas où le produit demandé est sous forme d'armoire électrique ou bien une charpente, l'opération d'intégration consiste à intégrer les câbles dans ces derniers. (Figure 23).



Figure 23: Intégration des armoires

#### 4.12 Test électrique :

Après le montage de tous les connecteurs du faisceau, ce dernier doit passer par des tests électriques réalisés par un testeur automatique.



Figure 24: Zone Test électrique

#### 4.13 Contrôle final :

Après la validation de la conformité électrique des connecteurs du faisceau, ce dernier passe au contrôle final pour vérifier la conformité du câblage par rapport aux documents exigés par le client.

#### 4.14 Emballage et expédition :

Cette opération consiste à protéger tous les composants des faisceaux (connecteurs, boîtiers, connexions...) par le papier à bulles pour éviter toute détérioration de ces composants avec un PV (procès-verbal) de la qualité.



Figure 25: Emballage et expédition

#### Conclusion :

Durant les deux premières semaines du stage, l'organisme d'accueil nous a offert une formation globale dans les différents domaines d'activités de la société dans chaque département, ainsi que la maîtrise du processus de fabrication des faisceaux et armoires électriques, c'était une formation enrichissante dans le secteur de production ferroviaire, du coup dans cette première partie j'ai donné une idée générale sur le processus de production et ses étapes depuis la réception de la matière première jusqu'à l'expédition des faisceaux.

## CHAPITRE 2 : Contexte et mise en œuvre du projet

Dans ce deuxième chapitre nous allons présenter :

### **I. Problématique et contexte du projet :**

Nous allons montrer au début le cadre conceptuel qui contient la problématique, le contexte et le planning du projet.

### **II. Démarche de travail : PDCA**

Dans cette partie on va faire la description de la démarche PDCA qu'on a choisi puis l'adaptation de cette dernière au projet.

### **III. 1ère phase de la démarche : PLAN**

Dans cette phase on va préparer et planifier ce que l'on va réaliser et établir une analyse complète de la situation existante.



## **Introduction :**

Les entreprises ont la nécessité de devenir toujours plus agiles pour répondre en toutes circonstances aux leurs demandes. Face à la progression technologique continue des entreprises de secteur ferroviaire, il est nécessaire de s'équiper le terrain par des nouveaux moyens plus développés qui permettent à l'opérateur une maniabilité latérale ergonomique maximale pendant les phases d'assemblage des différents composants électriques (dans notre cas).

### **I. Problématique et contexte du projet :**

#### **1. Problématique :**

Dans un milieu industriel où on travaille qui est toujours en mode d'amélioration continue, la société vise à innover et apporter quelque chose du nouveau à son terrain pour faciliter les tâches dures aux opérateurs d'une part et s'accorder avec l'évolution technologique d'autre part. Cependant, L'entreprise exprime ses besoins sans qu'elle a un département spécialisé en conception et innovation, il n'y a pas de vraie ingénierie et pour moi concernant le sujet je trouve des documents techniques insuffisants et la collecte de données a pris de temps car, tous les équipements d'Alstom y compris les documents, les outillages, les supports mobiles et fixes... viennent de les fournisseurs et les clients externes ce qui montre que Alstom Fès dépend de ses autres ramifications soient à Maroc ou à l'étranger pour continuer le travail et cela reste une contrainte parce que elle ne s'invente pas. Ce qu'il faut changer de la vision et penser à implanter des nouvelles solutions.

La problématique principale reste à concevoir des nouveaux supports mobiles d'intégration pour des armoires électriques à venir et assurer leurs performances et résistances.

#### **2. Objectifs de projet :**

Mon sujet à propos de l'étude et la conception des nouveaux supports mobiles d'intégration pour des nouvelles armoires électriques à venir dans le cadre de projet LNVG. Ce challenge nous pousse à penser à une perspective d'innovation des supports mobiles plus développés que les anciens existants au sein d'Alstom.

- Assurer la résistance des supports mobiles.
- Développer un fonctionnement automatique de support mobile.
- Eliminer au maximum les dysfonctionnements qui peuvent arriver aux supports et nous coûter de temps et d'argent.

- Garantir une fixation cohérente de l'armoire électrique avec le support mobile.
- Offrir une maniabilité de support mobile pour les opérateurs concernant le guidage de support en translation et en rotation.
- Prendre en considération les risques et assurer la sécurité d'utilisateur.
- Respecter le cahier de charge.

### 3. Acteurs de projet :

La constitution d'une équipe est une étape importante et particulièrement indispensable dans un projet.

Elle est composée de plusieurs personnes aux compétences et connaissances différentes ce qui permet de bénéficier de l'aide et de l'expérience de ces derniers afin de travailler en synergie pour réaliser des objectifs et des missions communes.

En effet, notre équipe est formée des personnes suivantes :

Membre	Rôle
M. BOUTERA YOUNES	Stagiaire process
M. BOUFOUS YOUSSEF	Chef de projet
M. ASKARNE ABDALLAH	Ingénieur process
M. ABDALLAH (OTH PROJET)	Fabricant de supports

**Tableau 4: Equipe de projet**

### 4. Charte de projet :

Une charte de gestion de projet indique le périmètre, les outils utilisés et les objectifs d'un projet, ainsi que les collaborateurs qui y participeront. Les chefs de projet doivent utiliser ce document pour :

- Faire approuver le projet.
- Servir de référence tout au long du projet et assurer une compréhension commune.
- Faire office de contrat, en veillant à ce que tous les participants assument leurs fonctions et leurs responsabilités.

<b>Nom du projet :</b> Etude et conception des supports mobiles d'intégration pour des armoires électriques.	<b>Réaliser par :</b> BOUTERA YOUNES
<b>Date de début :</b> 01/02/2022	<b>Date de fin :</b> 01/07/2022
<b>Objectifs du projet :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Assurer la résistance des supports mobiles.</li> <li>• Développer un fonctionnement automatique de support mobile.</li> <li>• Garantir une fixation cohérente de l'armoire électrique avec le support mobile.</li> <li>• Offrir une maniabilité de support mobile pour les opérateurs concernant le guidage de support en translation et en rotation.</li> <li>• Respecter le cahier de charge.</li> </ul>	<b>Périmètre :</b> Département process
	<b>Démarche :</b> PDCA
<b>Outils :</b> QQQQCP, Bête à cornes, pieuvre, FAST and SADT, ISHIKAWA, AMDEC	
<b>Equipe du projet :</b> Encadrant académique : PR. BOURIHANE OUSSAMA Encadrant industriel : ING. ASKARNE ABDALLAH	

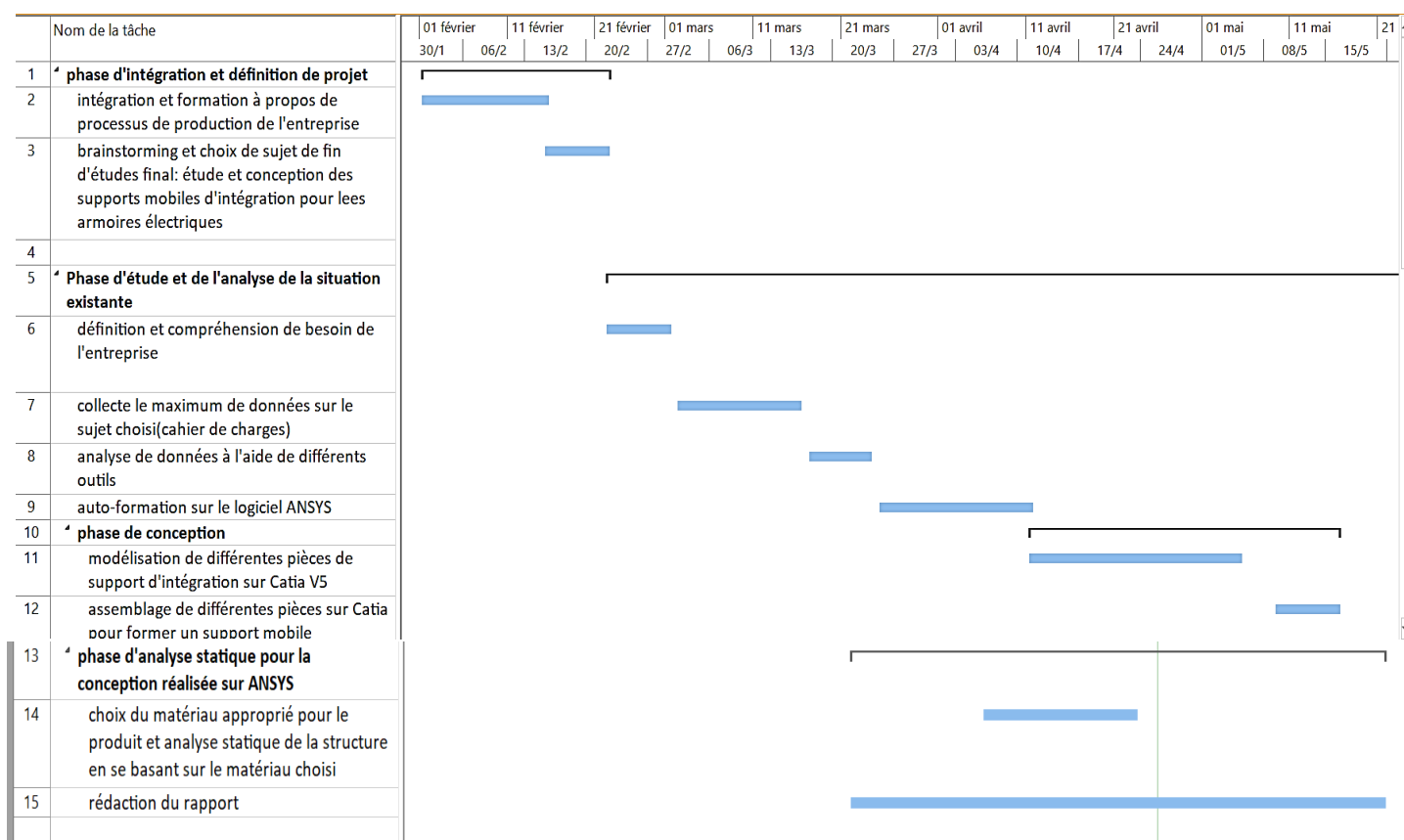
**Tableau 5: Charte du projet**

### **5. Planning de projet :**

Afin d'atteindre nos objectifs et d'effectuer le travail requis dans le cadre de ce projet, j'ai développé un plan d'action sous forme de diagramme de GANTT ; c'est un outil de gestion de projet qui nous aide à représenter l'état d'avancement des différentes activités qui constituent un projet.

Après la détermination du besoin de l'entreprise et l'exploration du terrain, nous avons décortiqué notre projet sous forme de tâches et nous avons pu par la suite estimer leurs échéances.

## Diagramme GANTT :



**Figure 26: Calendrier de déroulement du projet.**

## II. Démarche PDCA :

### 1. Choix de la démarche :

Comme nous avons pu observer jusqu'à ce point du rapport, le management par la qualité vise à contribuer à l'efficacité globale de l'entreprise à l'aide de trois facteurs :

L'évaluation de l'efficacité, la résistance aux perturbations et la mise en place d'un processus d'amélioration continue. « L'efficacité de ces facteurs est conditionnelle au déploiement du niveau stratégique au niveau opérationnel » (Pujo, P. and Pillet, M., 2002). Cette citation nous oblige à évaluer si le DMAIC (un des points forts du Six Sigma par rapport au Lean) est-il la démarche de résolution de problèmes plus appropriée.

Dans l'article de conférence (Pillet, M. et al., 2013), ses auteurs proposent une classification des différentes approches en fonction des situations auxquelles elles sont confrontées. Il est important de souligner qu'ils ont considéré les démarches de résolution de problèmes qui, actuellement, sont les plus utilisées ; comme : le DMAIC (Six Sigma), le PDCA (Deming), le 8D (Ford), l'A3 Report, les 7 Steps (Shoji Shiba), le Shainin, les 9 Steps et le QRQC (Valeo). A continuation, les conclusions de cette étude sont présentées :

	Problème	Solution	Proposition
N°	Complexité	Temps requis	Démarche
1	Simple	Peu	PDCA
2	Complicé	Peu	QRQC
3	Complexe	Peu	Situation illusoire
4	Simple	Beaucoup	Situation sans d'intérêt
5	Complicé	Beaucoup	8D
6	Complexe	Beaucoup	DMAIC

**Tableau 6: Classification des démarches de résolution de problèmes (Pillet, M. et al., 2013)**

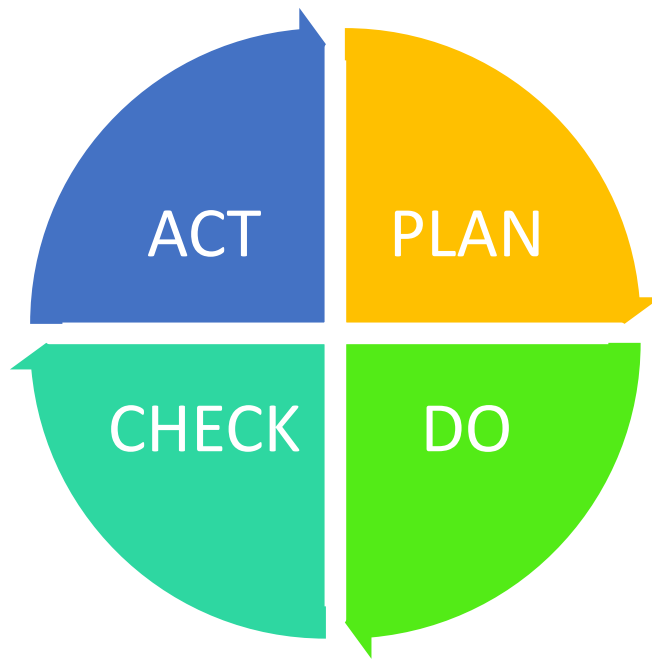
Comme le but de notre étude est de proposer une seule démarche (sans qu'elle dépende de chaque problème différent), cette analyse nous confirme le PDCA comme démarche plus appropriée car il est simple à appliquer et peut répondre à toutes les situations.

Comme tout autre projet de conception réussi et structuré, la conception de nouveaux produits pour la zone de production de la multinationale ALSTOM ne fera pas l'exception, c'est pour cela elle suivra une méthode aussi bien définie et solide tel que la méthode PDCA, qui va à son tour guider l'ensemble des étapes de notre projet vers des résultats considérables et avantageux pour l'entreprise en termes de temps, de gain, et de qualité de service.

## **2. Description de la démarche :**

Le Quick Response Quick Change est une méthode développée dans l'industrie automobile, et dont l'appellation varie selon les entreprises (QRQC, 8D, fiches d'actions correctives FAC, Fiche de Non-Conformité FNC). La démarche QRQC est basé sur les outils développés par Deming.

La principale d'entre elles est la roue de Deming (appelé aussi démarche PDCA) qui est la base de l'amélioration continue, largement développée dans le cadre des normes ISO V 2000.



### ***ROUE DE DEMING***

Cette démarche de progrès se compose d'outils que nous allons développer, et qui apparaissent en gras dans ce document.

La mise en œuvre QRQC peut concerner des non conformités aussi bien techniques (défaillance, défaut, panne) qu'organisationnelle (Non-conformité organisationnelle, rejets environnementaux, accidents du travail...). Elle peut donc s'appliquer aux activités industrielles, tertiaires (services) ou administratifs.

### **3. Mise en œuvre :**

#### **A) P (Plan = Préparer) :**

Cette étape consiste à :

- \* Définir le contexte de la problématique, pour pouvoir bien la résoudre ensuite.
- \* identifier et formaliser les problèmes existant à résoudre.
- \* Analyser les causes possibles et les hiérarchiser.
- \* Etablir les ressources à mettre en œuvre.
- \* Sensibiliser et mobiliser les différents collaborateurs impliqués dans le projet.
- \* Définir un calendrier pour exécuter notre plan
- \* Définir qui fait quoi (si plusieurs personnes travaillent sur ce plan d'action)
- \* Définir les indicateurs de performances. C'est-à-dire les choses que l'on va mesurer pour juger de la pertinence de nos actions.

Outils qualité utilisés :

- ❖ Le **brainstorming** (groupe de réflexion)
- ❖ Le diagramme **Cause Effet** (Appelé aussi diagramme d'Ishikawa, 6M Diagramme en arête de poisson, ou 6M)
- ❖ Diagramme FAST & SADT- diagramme pieuvre...
- ❖ Le **QOOQCP** (Qui, Quoi, Ou, Quand, Comment, Combien, Pourquoi)

**B) D (Do = Mettre en œuvre les actions planifiés) :**

Une fois notre plan de projet établi, cette étape consiste à le mettre à l'épreuve. Il s'agit de développer une solution pour la problématique selon l'analyse effectuée à la phase précédente.

Logiciel utilisé :

Catia V5.

**C) C (Check = Vérifier l'efficacité des actions réalisées) :**

C'est la phase la plus importante de cette démarche.

- On vérifie que les actions aient été réalisées.
- On contrôle les résultats obtenus.
- On compare ces résultats avec les prévisions (phase « plan » et phase « Do »).

Logiciel utilisé :

ANSYS.

**A) A (Act = amélioration) :**

Une fois notre plan d'action réalisé, 2 cas de figures sont possibles ; soit nos actions produisent les résultats attendus, soit elles ne les produisent pas.

Si le plan d'action ne produit pas les résultats attendus, alors on en tire des leçons et on change complètement notre approche pour en trouver une meilleure.

S'il produit de bons résultats, alors on le garde et on l'améliore. En outre, cette étape consiste à mettre à jour des documents de l'activité concernée par la NC ou de celles pouvant l'être (action préventive) : Mode opératoire, plan de surveillance, AMDEC...

On généralise ainsi sur des produits ou activités similaires.

Le bon déroulement du projet dépend principalement de la méthode employée pour le préparer.

La démarche de l'étude est la suivante :

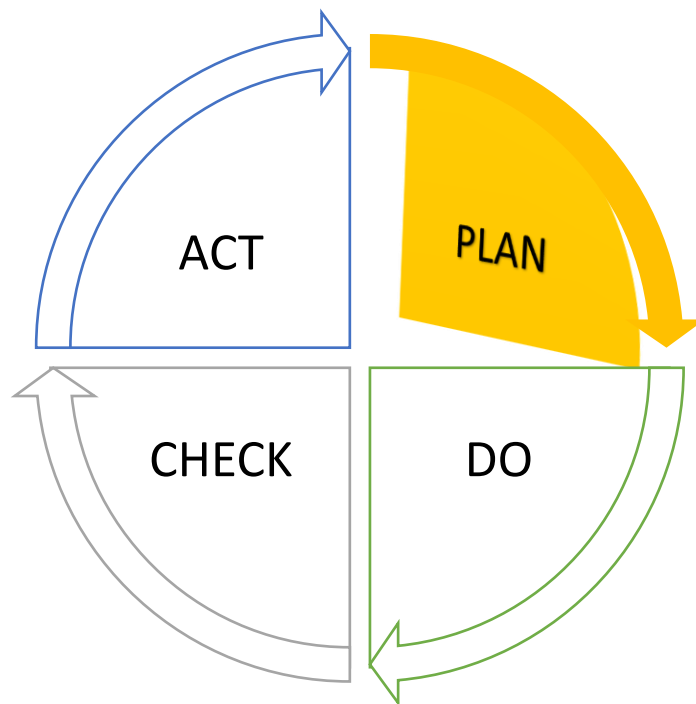
- Définition des problèmes, les contraintes et les objectifs.
- Collection des données.
- Identification et analyse des causes des problèmes détectés.

- Élaboration des plans d'actions.
- Implémentation des actions.

C'est dans cette perspective l'approche sera expliqué.

### III. 1ère phase de la démarche PDCA : PLAN

**PLAN** consiste à définir et décrire la problématique, ensuite, collecter les données permettant de concevoir le support mobile d'intégration et de réaliser un diagnostic de l'état actuel. Enfin, analyser ces données pour déterminer les causes racines du problème étudié.



#### 1. Définition et analyse du problème :

##### 1.1 Brainstorming :

Outil utilisé dans le cadre des groupes d'amélioration de la qualité basés sur la collecte d'un maximum d'idées sur un problème fourni par la recherche de ses causes ou de ses solutions. Le brainstorming est une approche créative qui vise à faire émerger du groupe toutes les idées qui lui viennent sans se censurer, puis dans un second temps à trier et choisir les par les critères de sélection définis par le groupe.

Parmi les idées qu'on a pu générer on trouve :



✓ Etude et conception des supports mobiles d'intégration pour des armoires électriques.

✓ Amélioration de l'efficacité de la zone de production.

✓ Amélioration ergonomique des postes de travail.

✓ Planification d'un nouveau site de magasin au sein d'Alstom.

On a choisi la première idée car elle semble intéressante et appartient au génie mécanique, au contraire les autres idées ne conviennent pas vraiment à ma spécialité.

### 1.2 Evaluation de l'idée :

Pour l'étude de faisabilité de notre projet et donc s'assurer que toutes les conditions sont réunies pour démarrer la construction de ce projet. On valide les questions suivantes :

Est ce qu'il y a un besoin ?	OUI
Est-ce que la société va bénéficier ?	OUI
Est qu'il existe des obstacles du projet ?	OUI
Est-ce que l'idée respecte la démarche qualité de la société ?	OUI
Est-ce que l'idée est acceptable au niveau de la société ?	OUI
Est ce qu'il existe les moyens pour réussir l'idée ?	OUI
Est ce qu'il y a les données nécessaires ?	OUI mais elles ne sont pas suffisantes
Est ce qu'il a déjà une personne qui a traité cette idée ?	NON
Est ce qu'il y a un support pour réussir l'idée ?	OUI
Est-ce qu'il y a les prérequis nécessaires pour affronter le projet ?	OUI

**Tableau 7: Evaluation de l'idée sélectionnée.**

### 1.3 Outil QQQQCP :

Pour décrire d'une manière structurée la problématique, nous avons utilisé l'outil QQQQCP. C'est une technique de questionnement qui permet de décrire une problématique de façon exhaustive. Toutes les dimensions d'une situation donnée sont explorées en collectant le maximum d'informations précises. Les six questions doivent être posées systématiquement afin de n'omettre aucun aspect important du projet.

<b>Quoi</b>	C'est quoi le problème ? - Manque des supports d'intégration pour les coffrets électriques.
<b>Qui</b>	Qui sont les responsables ? - Department of process and manufacturing engineering (PME)
<b>Quand</b>	Quand doit-on résoudre le problème ? - Dans 4 mois
<b>Où</b>	Où apparaît le problème ? - La zone de production (zone de montage)
<b>Comment</b>	Comment résoudre le problème ? - Respecter les consignes de cahier de charges - Analyser les données de mesure (dimensions, poids, matériaux ...) - Proposer des solutions selon le cahier de charge de projet - Vérification des résultats
<b>Pourquoi</b>	Pourquoi faut-il résoudre ce problème ? - Charger les différentes cabines électriques et les déplacer dedans l'usine en ligne droite et en courbe. - Faciliter les conditions de travail sur les cabines pour les opérateurs. - Optimiser le temps et l'espace

**Tableau 8: Outil QQQQCP**

#### **1.4 Bête à corne :**

Derrière chaque projet, un objectif spécifique qui détermine spécifiquement à quoi ce dernier doit aboutir et les résultats qui seront produits. Autrement dit, l'objectif du projet trace le chemin entre une situation actuelle et une situation future.

À cet égard, le diagramme bête à cornes ci-dessous exprime l'objectif de ce projet :

Le diagramme Bête à cornes : est un outil graphique d'analyse du besoin qui permet de répondre à trois questions :

- **A qui ou quoi le projet rend-il service ?**
- **Sur qui ou quoi agit-il ?**
- **Dans quel but ?**

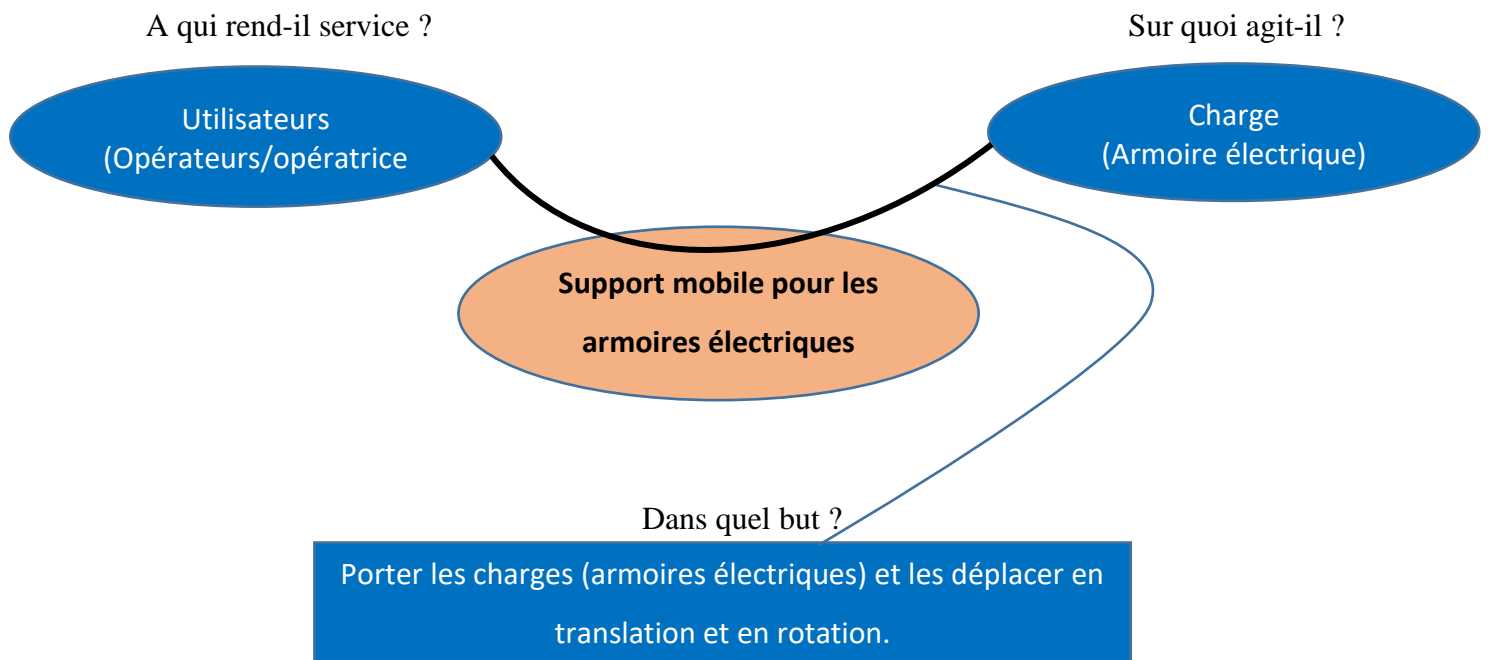


Figure 27: Diagramme bête à corne du projet.

### 1.5 Diagramme pieuvre :

Ce diagramme est utilisé afin de représenter les fonctions de service d'un produit. C'est-à-dire qu'il permet de voir quelles sont les fonctions essentielles et secondaires d'un produit et comment ces fonctions réagissent avec le milieu extérieur.

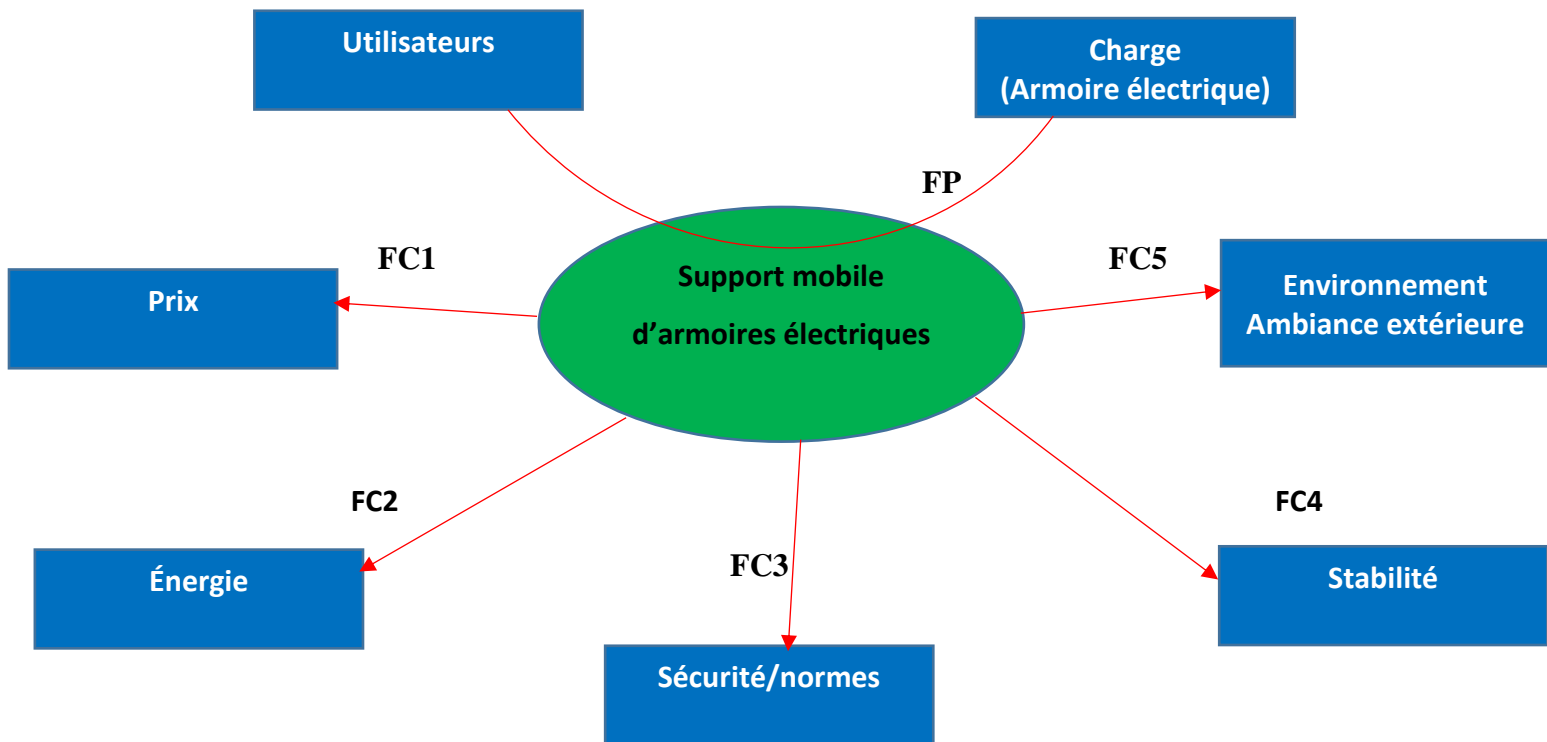


Figure 28: Diagramme pieuvre.

Fonctions		Rôles
<b>Fonction principale</b>	<b>FP</b>	Supporter les coffres électriques et les déplacer par les opérateurs à l'aide d'un support mobile.
<b>Fonctions complémentaires</b>	<b>FC1</b>	Avoir un prix raisonnable correspondant au cahier de charge.
	<b>FC2</b>	Manipuler les mouvements de support mobile avec l'énergie électrique.
	<b>FC3</b>	Respecter les normes de sécurité (à la fois mécanique, des personnes et du matériel)
	<b>FC4</b>	Stabilisation à la hauteur précise
	<b>FC5</b>	Le support doit être adapté à son environnement d'utilisation et respecter celui-ci (Loin des machines de vibrations et disponibilité d'illumination) et d'être résistant à l'ambiance extérieure.

**Tableau 9: Fonctions principales et secondaires de projet.**

### 1.6 Diagramme FAST :

Le diagramme FAST, dont les initiales signifient (*function analysis system technique*) en anglais, technique du système d'analyse fonctionnelle en français, est un schéma :

- Construit de gauche à droite,
- Qui représente les relations logiques entre différentes fonctions,
- Pour répondre aux questions comment et pourquoi.

Il est utilisé pour :

- Développer une compréhension commune du projet.
- Déterminer les fonctions omises.
- Définir, simplifier et clarifier le problème.
- Organiser et comprendre les relations entre les fonctions.

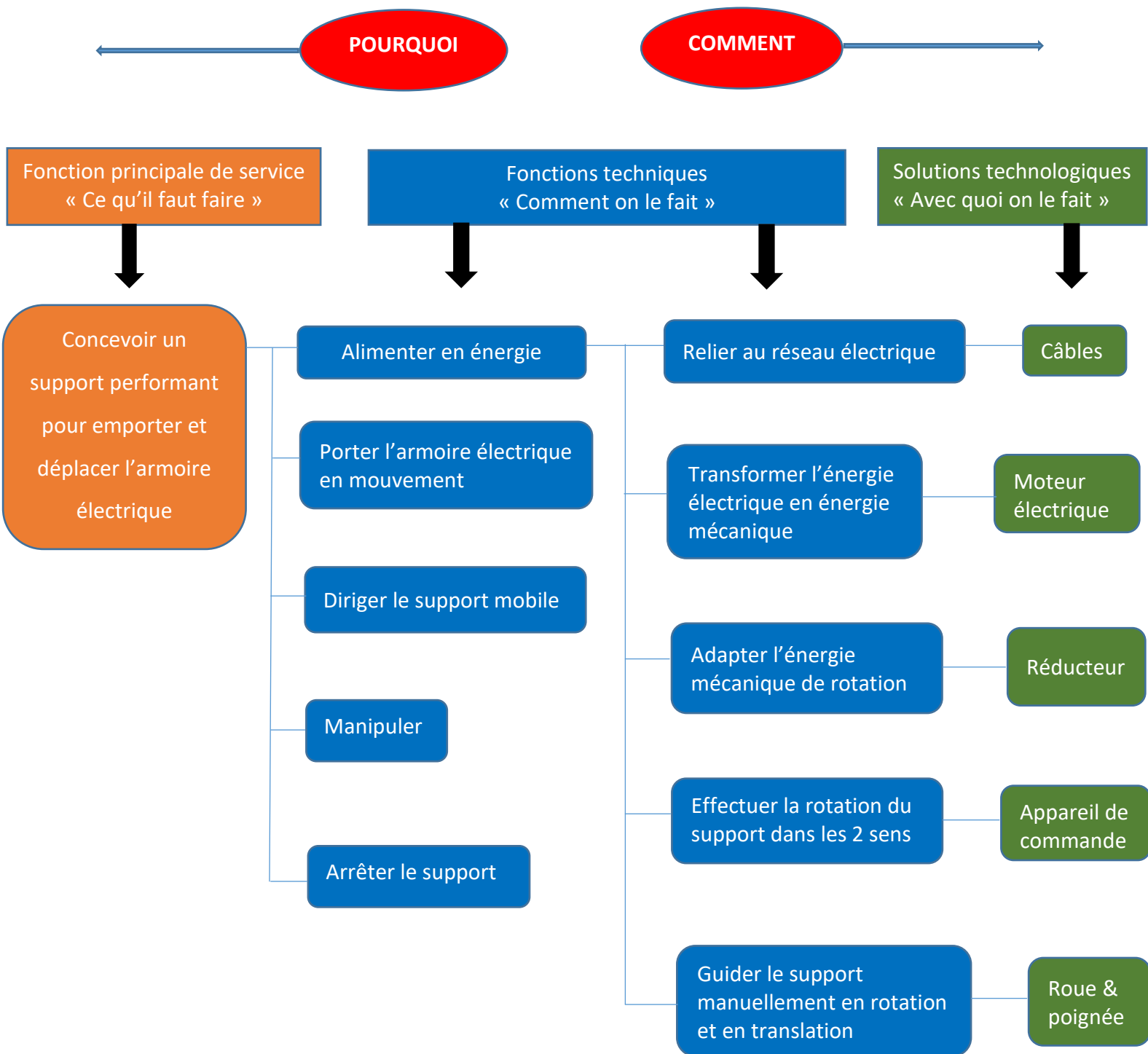


Figure 29: Diagramme FAST

### 1.7 Diagramme SADT:

La méthode SADT (Structured Analysis and Design Technique) est un outil graphique associé à une méthode d'analyse descendante modulaire et hiérarchisée (Design se traduit ici par conception). Il permet de représenter un modèle (image de la réalité) du système réel.

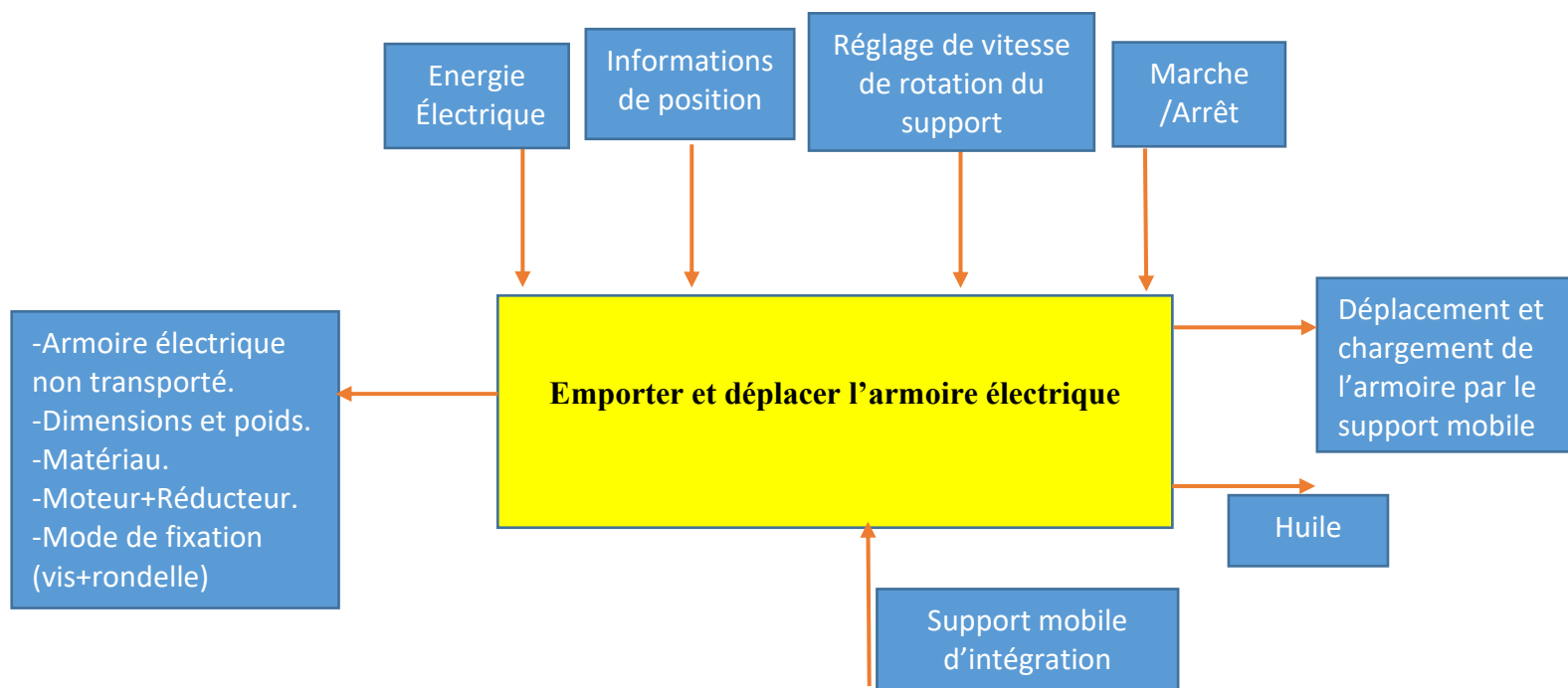
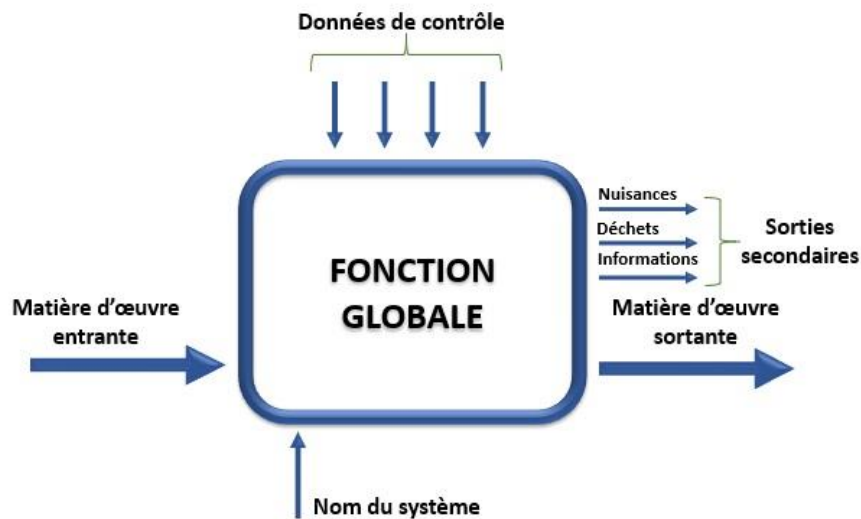


Figure 30: Diagramme SADT

### 1.8 Diagramme d'ISHIKAWA :

Le principal intérêt du diagramme d'Ishikawa est d'identifier l'ensemble des causes qui ont une influence, plus ou moins directe, sur un problème observé.

Les causes d'un problème peuvent être regroupées en cinq catégories, les 5 M :

- **Méthode** : Processus de production du produit ou service. La recherche et développement.
- **Matière** : Les matériaux utilisés pour la production du bien.
- **Milieu** : Le contexte concurrentiel, l'état du marché.
- **Matériel** : Les machines, le parc informatique et les logiciels. L'ensemble des équipements qui servent à apporter de la valeur ajoutée au matériau de base.
- **Main-d'œuvre** : Les collaborateurs et l'ensemble des interventions humaines (la RH).

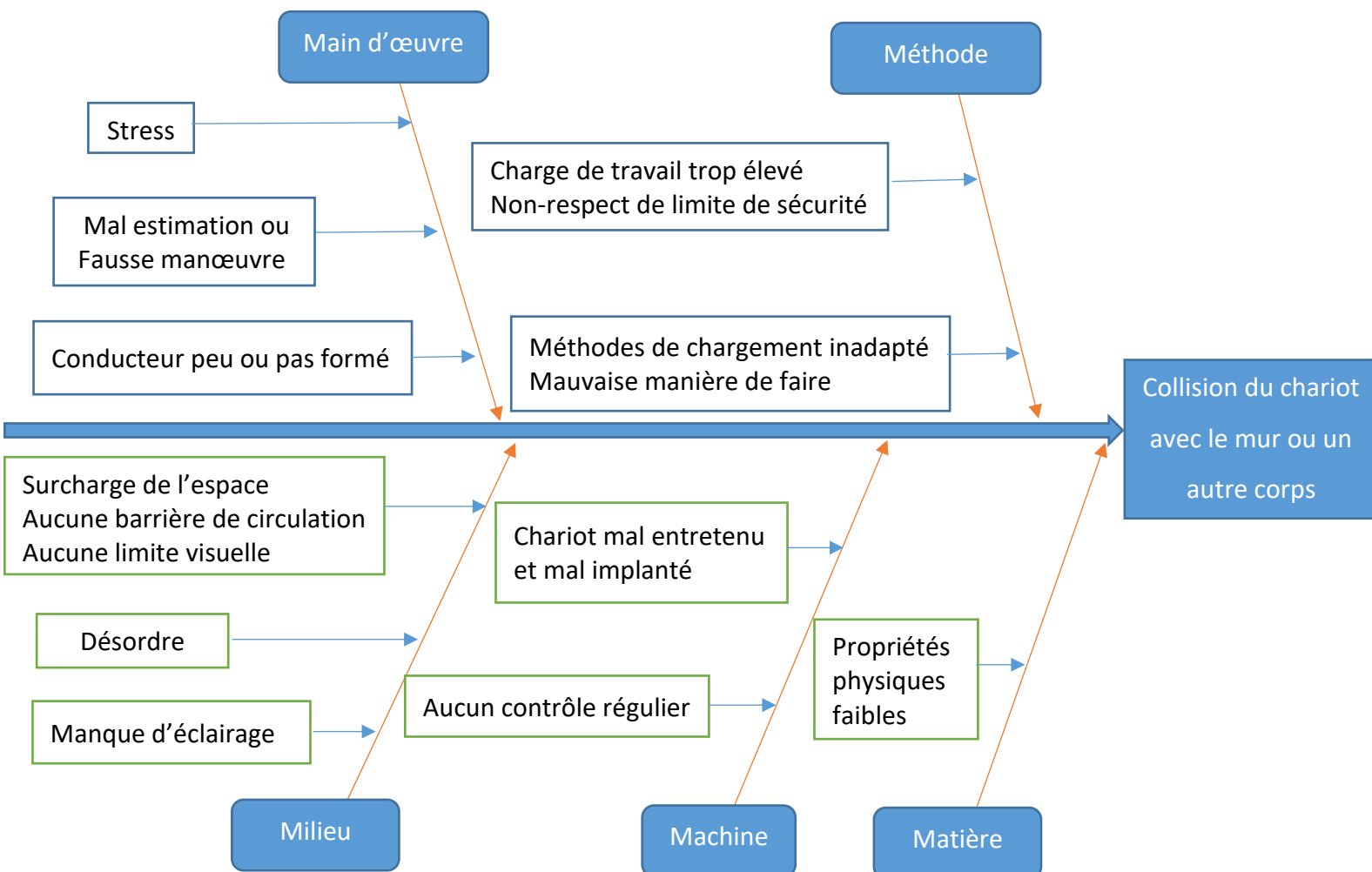


Figure 31: Diagramme d'ISHIKAWA de notre projet.

## **Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons présenté le diagnostic du projet en choisissant la démarche PDCA. Ensuite, la mise en action sur la description de la démarche ainsi l'adaptation de cette dernière au projet.

Nous avons présenté le contexte général du projet et son périmètre en décrivant les objectifs de cahier de charge et le planning suivi. Ensuite, nous avons mis l'accent sur les outils qui vont être utilisés au projet comme l'outil QQQCCP, le diagramme FAST & SADT, ainsi le diagramme bête à corne et pieuvre en citant les contraintes et les risques qui peuvent être face à ce projet.



## CHAPITRE 3 : Conception et réalisation des supports mobiles

Dans ce 3<sup>ème</sup> chapitre on va faire :

### **I. 2<sup>ème</sup> phase de la démarche PDCA : DO**

On va citer les différentes armoires électriques avec leurs caractéristiques pour lesquelles on tente de concevoir des supports mobiles d'intégration.

### **II. Conception et réalisation des supports mobiles par le logiciel Catia V5 :**

Dans cette partie on commence à concevoir les différents supports à travers le logiciel de conception Catia V5 en se basant sur les dimensions des armoires électriques.

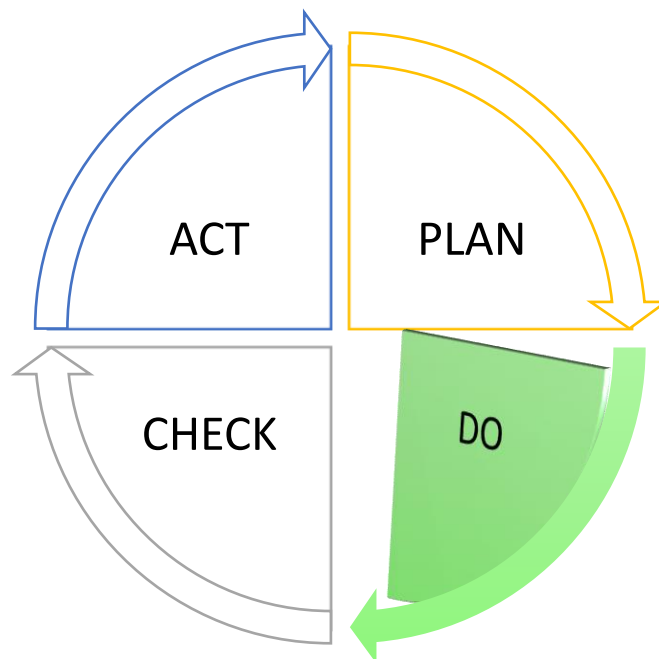
## Introduction :

Dans ce chapitre nous présentons la 2<sup>ème</sup> phase de la démarche PDCA : développer en détails, en posant les différentes armoires électriques et leurs caractéristiques ainsi qu'une description d'un support EL 3 qui est installé à l'atelier d'Alstom et sur lequel ma conception des supports mobiles d'intégration dépend.

### I. 2<sup>ème</sup> Phase de la démarche PDCA (DO) :

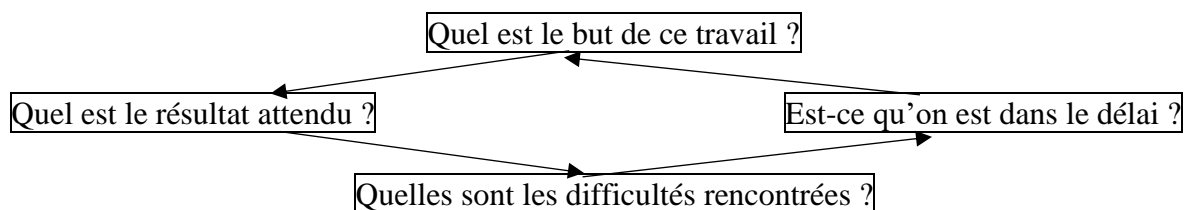
La situation et la stratégie d'amélioration étant définies dans la planification, il ne reste plus qu'à entamer la réalisation.

DO (développer, réaliser, mettre en œuvre) est l'étape de la construction, le développement, la réalisation de l'œuvre.



Dans cette étape, la procédure est très importante. Il ne faut pas inventer une nouvelle stratégie ni un nouveau plan. Il suffit de suivre à la lettre ce qui est déjà défini dans le planning.

Plusieurs questions peuvent être posées :



## 1. Armoire électrique (EL5-1) et ses caractéristiques :

Les armoires électriques sont des boîtiers robustes utilisés pour protéger les composants électriques ou électroniques et les appareillages de commutation comme les montrent les figures ci-dessous.

### Contenu d'une armoire électrique :

Le contenu est modulable selon l'installation, la puissance disponible, l'utilisation des locaux, etc. Mais une armoire électrique contient en général :

- L'enveloppe de l'armoire électrique, c'est-à-dire la structure qui va contenir les équipements. Elle peut être en métal ou en plastique.
- Des systèmes de réglottes et de fixations, permettant d'accrocher les différents modules formant le contenu.
- Les modules eux-mêmes, comme les protections (disjoncteur 30 mA pour une habitation individuelle, tableau de répartition avec coupe-circuits pour chaque partie de l'installation, etc.).
- Des modules de contrôle à distance.

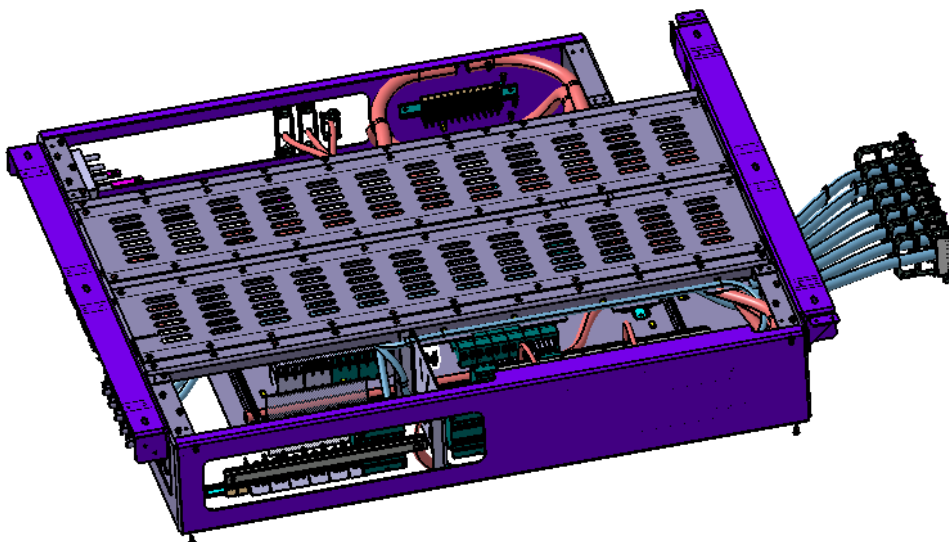
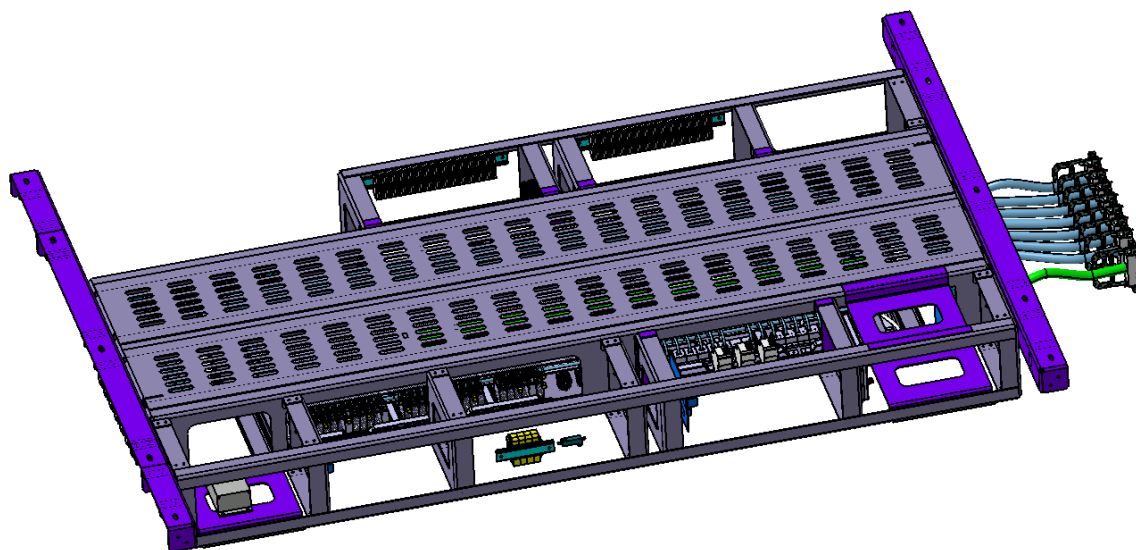


Figure 32: Armoire électrique EL5-1

<b>Taille du cabine</b>	1500 x 1200 x 240
<b>Matériau</b>	RAP 5754 H22 (70%): Alliage d'aluminium - Alliage commercial - 5754 - Tôles H22
<b>Epaisseur</b>	3mm
<b>Traitement de surface</b>	
<b>Matériau</b>	RSG 350 (30%): Alliage d'acier inoxydable 350
<b>Epaisseur</b>	3mm
<b>Approx. poids du cabine</b>	95 Kg
<b>Opération</b>	Rivetage Boulonnage
<b>Attaches</b>	DTR0000448225 RIVETS HUCK MAGNA- LOCK MGLP-R8-6-J5
<b>Indice de protection</b>	-
<b>Serrures &amp; charnières</b>	

**Tableau 10: Caractéristiques de l'armoire EL5-1**

## 2. Armoire électrique (EL5-2) et ses caractéristiques :

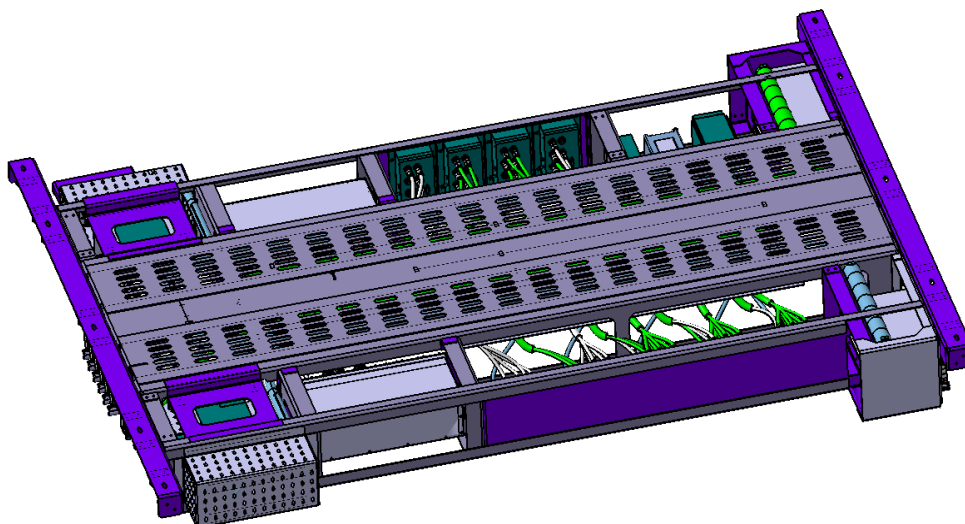


**Figure 33: Armoire électrique EL5-2**

<b>Taille du cabine</b>	2350 x 1120 x 240
<b>Matériau</b>	RAP 5754 H22 (70%): Alliage d'aluminium - Alliage commercial- 5754 - Tôles H22
<b>Epaisseur</b>	3mm
<b>Traitement de surface</b>	
<b>Matériau</b>	RSG 350 (30%): Alliage d'acier inoxydable 350
<b>Epaisseur</b>	3mm
<b>Approx. poids du cabine</b>	185 Kg
<b>Opération</b>	Rivetage Boulonnage
<b>Attaches</b>	DTR0000448225 RIVETS HUCK MAGNA-LOCK MGLP-R8-6-J5
<b>Indice de protection</b>	-
<b>Serrures &amp; charnières</b>	

**Tableau 11: Caractéristiques de l'armoire EL5-2**

### 3. Armoire électrique (EL5-3) et ses caractéristiques :



**Figure 34: Armoire électrique EL5-3**

<b>Taille du cabine</b>	2350 x 1465 x 240
<b>Matériau</b>	RAP 5754 H22 (70%): Alliage d'aluminium - Alliage commercial - 5754 - Tôles H22
<b>Epaisseur</b>	3mm
<b>Traitement de surface</b>	
<b>Matériau</b>	RSG 350 (30%): Alliage d'acier inoxydable 350
<b>Epaisseur</b>	3mm
<b>Approx. poids du cabine</b>	185 Kg
<b>Opération</b>	Rivetage Boulonnage
<b>Attaches</b>	DTR0000448225 RIVETS HUCK MAGNA-LOCK MGLP-R8-6-J5
<b>Indice de protection</b>	-
<b>Serrures &amp; charnières</b>	

**Tableau 12: Caractéristiques de l'armoire EL5-3**

## **II. Conception et réalisation des supports mobiles sur le logiciel Catia :**

Avant de s'intégrer dans la conception des supports, on a se basé sur un support d'intégration existant dans l'atelier d'Alstom.

### **1. Exemple d'un support mobile d'intégration (support EL3) :**

Ce support est installé au terrain jusqu'à l'instant et il a été fabriqué par OTH PROJET situé à BENSOUA, pour permettre à l'opérateur une maniabilité latérale ergonomique maximale pendant les phases d'assemblage des différents composants électriques.

Ce support ça marche complètement en mode manuel, et pour cette raison, l'opérateur porte une attention maximale à l'exécution des procédures indiquées, afin de prévenir et d'éviter les risques d'écrasement ou de renversement.

### 1.1 Description du support EL3 :

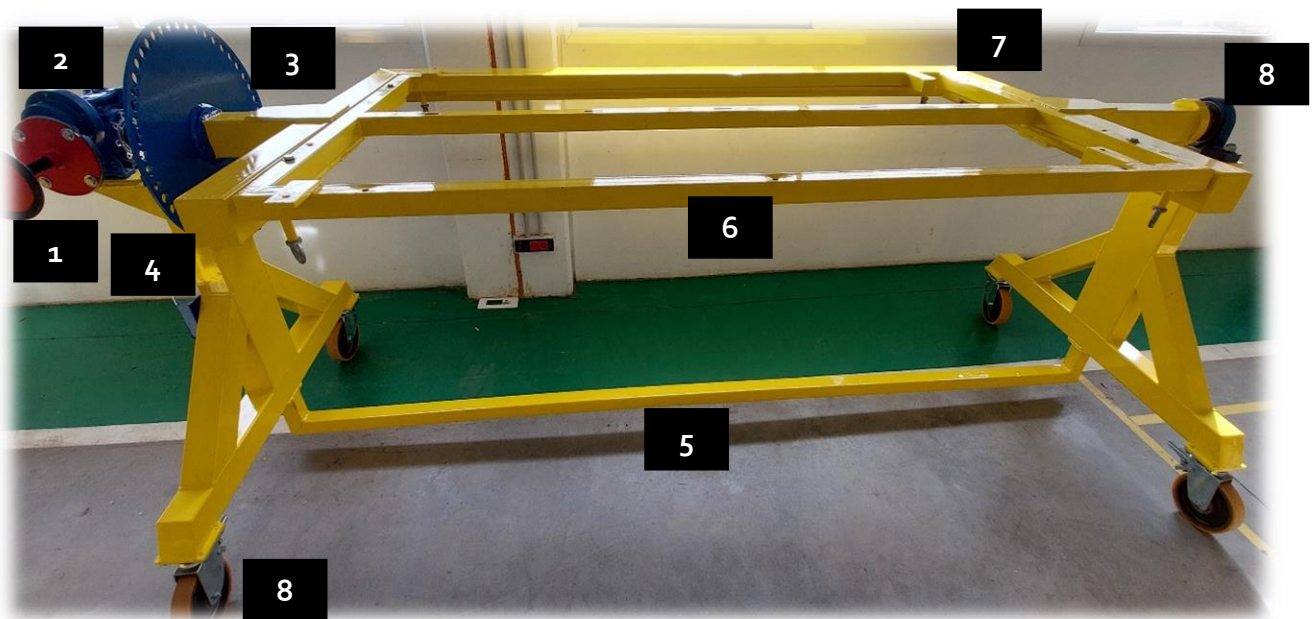


Figure 35: Support d'intégration EL3

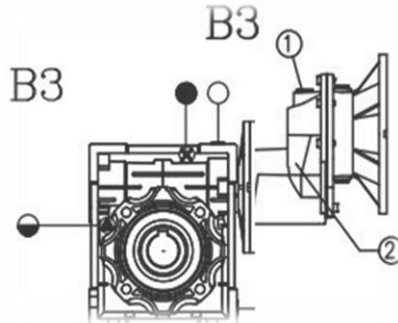
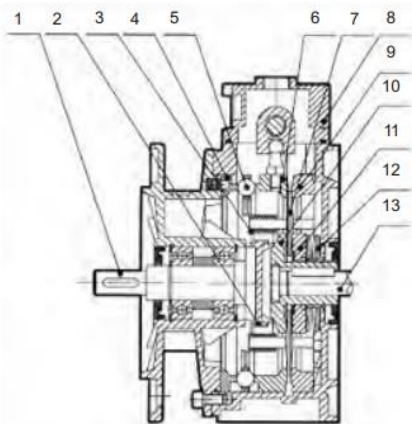
1. Manivelle de Manipulation de rotation du support.
2. Double Réducteur NMRV\_075B3x2.
3. Disque de mécanisme de freinage.
4. Manivelle de manipulation du frein mécanique.
5. Structure de Base.
6. Dispositif de levage.
7. Cadre de support.
8. Support UCP 216.
9. Acier Avo diamètre 150x35 mm.



Figure 36: Partie de réducteur et système de freinage

- Double Réducteur NMRV\_075B3x2 :

➤ Composition :



1. Arbre de sortie
2. Porteuse
3. Friction roulement
4. Anneau de came
5. Ball anneau
6. Anneau annulaire réglable
7. Disque
8. Contrôle de la couverture
9. Anneau d'anneau fixe
10. Course fixe
11. Course réglable
12. Belleville

Figure 37: Dessin technique de réducteur

➤ Vue éclatée :

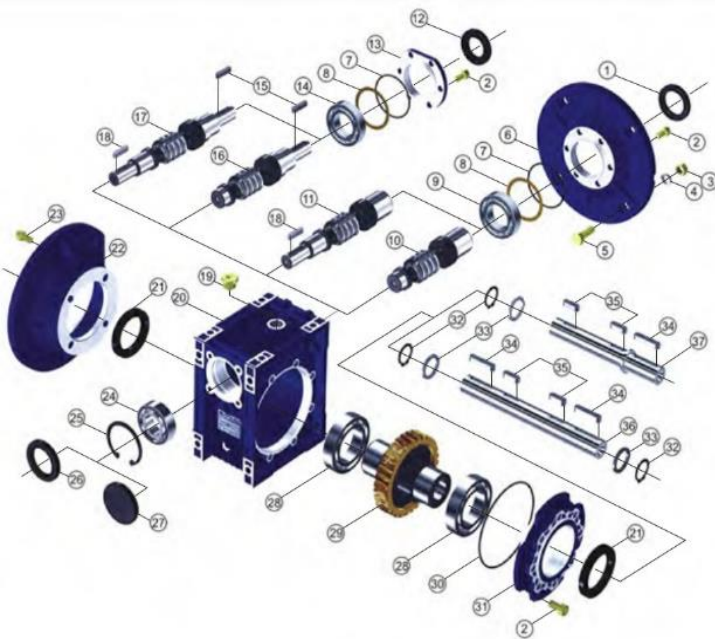


Figure 38: Vue éclatée de réducteur

1. joint d'huile
2. vis hexagonale intérieure
- 3.écrou
4. rondelle à ressort
- 5.vis hexagonale
6. bride d'entrée
7. joint torique
- 8.ajuster l'entretoise
- 9.roulement
- 10.Hole d'entrée
- 11.hole entrée et arbre de sortie vis sans fin
12. joint d'huile
- 13.couvercle d'entrée
- 14.Roulement
- 15.clé
- 16.arbre à vis sans fin
- 17.arbre d'entrée et de sortie d'arbre à vis sans fin
- 18.clé
- 19.bouchon d'huile
- 20.boîtier
21. joint d'huile
- 22.bride de sortie
- 23.vis hexagonale intérieure
- 24.roulement
- 25.hole-circlip
26. joint d'huile
- 27.couverture
- 28.roulement
29. roue à vis sans fin
30. Joint torique
31. couvercle de sortie
32. arbre-circlip
33. entretoise
34. touche
35. clé
36. double arbre de sortie
37. arbre de sortie unique



## 1.2 Limiteur de Couple :

Le limiteur de couple est un dispositif mécanique qui sert à protéger la transmission contre des surcharges accidentelles ou des irrégularités du couple absorbé. Il est appliqué à la sortie du réducteur et il agit comme un embrayage interne appliqué à l'arbre de sortie ; l'embrayage peut être étalonné manuellement de l'extérieur à l'aide d'un écrou annulaire autobloquant de réglage. Par rapport aux dispositifs électroniques ou aux dispositifs mécaniques extérieurs, il présente les avantages suivants :

- Encombrement supplémentaire limité par rapport à la version sans limiteur de couple.
- Arbre creux à la sortie sans variation de diamètre par rapport à la version standard.
- Intervention rapide directement sur la transmission à protéger.
- Il travaille en bain d'huile et il ne nécessite donc pas d'entretien, ce qui garantit une haute fiabilité au fil du temps.
- Tarage du couple de patinage réglable manuellement.
- Au moyen du limiteur de couple il est possible en outre de faire tourner l'arbre du réducteur, en desserrant de manière opportune l'écrou de réglage, par exemple en cas de blocages mécaniques dus à l'irréversibilité de la vis.

Alors, à partir de cela le but de notre travail est de concevoir des supports mobiles similaires que le support d'intégration EL3 mais ils seront développés de plus en tenant compte les contraintes suivantes :

- Le support doit supporter le poids de l'armoire électrique.
- Les places où on fixe l'armoire doivent être bien dimensionnées.
- Améliorer la structure de support et développer une solution automatique pour le fonctionnement de ce dernier.
- Respecter les normes de sécurité pour l'utilisation de support.

### **N.B :**

Alors c'était le support et sa méthode de fonctionnement auparavant, cependant notre nouveau plan vise à améliorer les supports à venir en modernisant la méthode de fonctionnement ainsi qu'en ajustant davantage la forme extérieure des supports.

## 2. Conception de support d'intégration EL5-1 par Catia :

### 2.1 Dimensionnement de la structure de base :

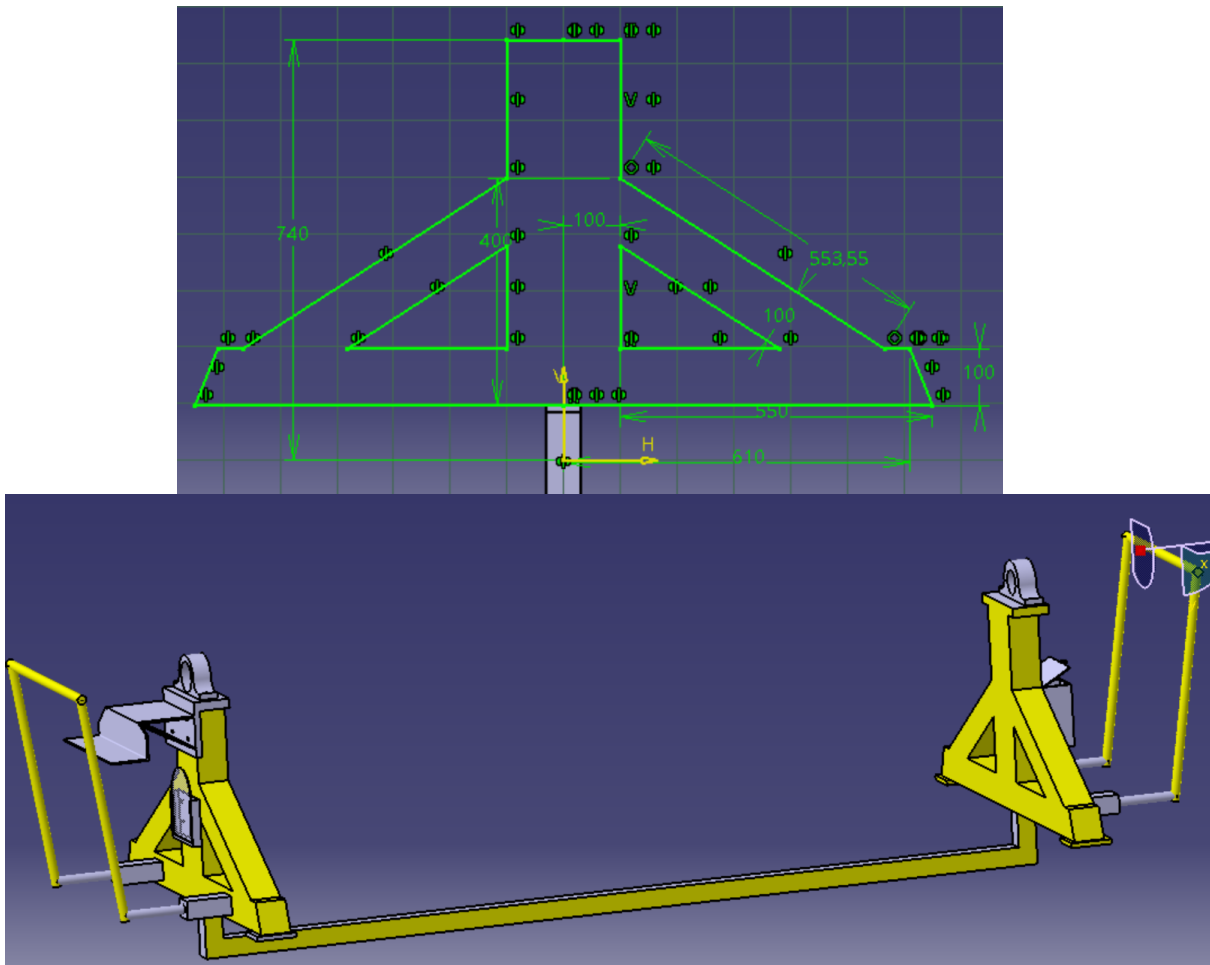
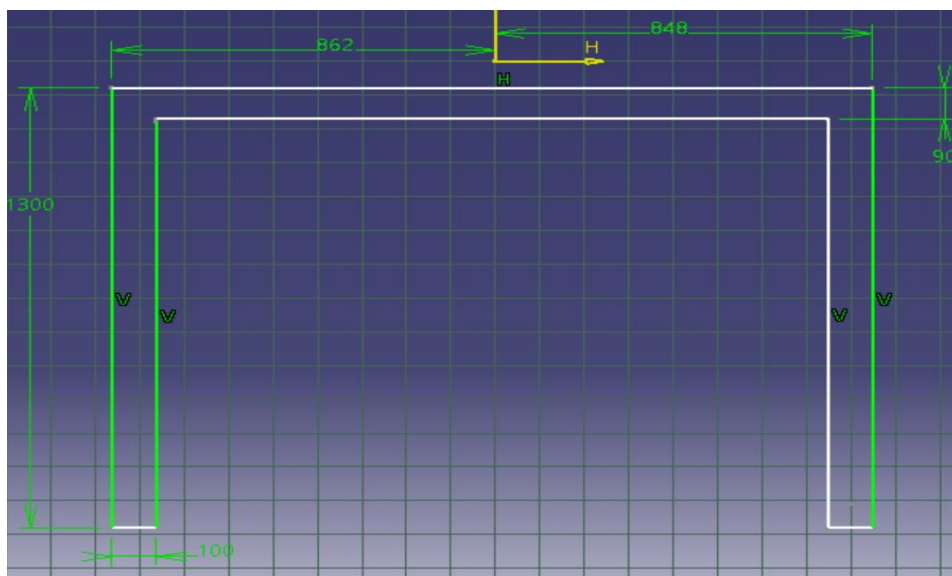


Figure 39: Forme 3D de la structure de base

### 2.2 Dimensionnement de cadre de support :



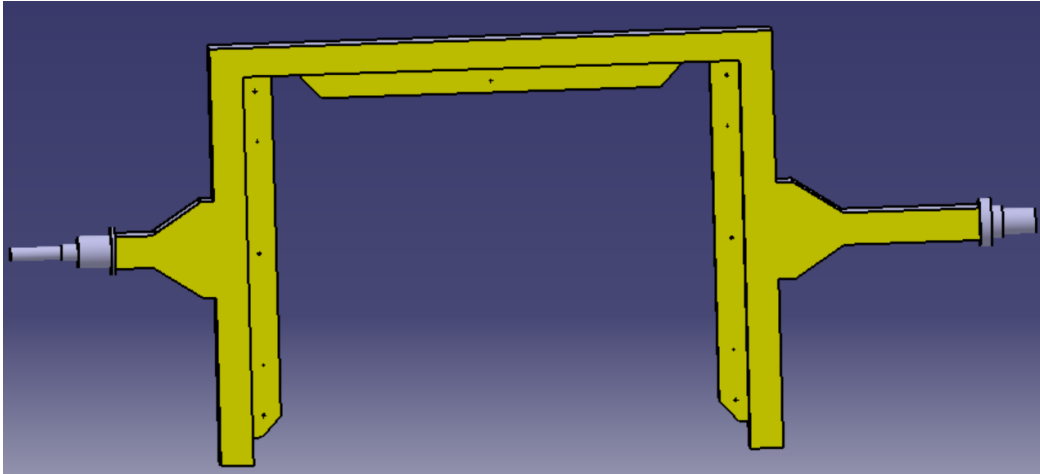


Figure 40: Forme 3D de cadre de support

2.3 Dimensionnement de dispositif de levage :

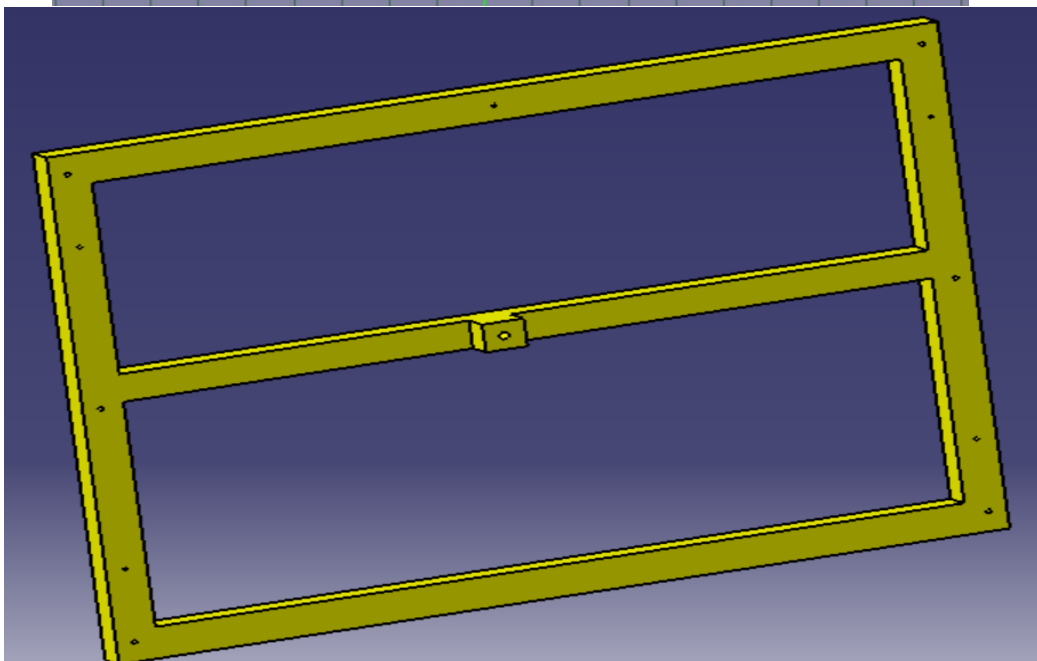
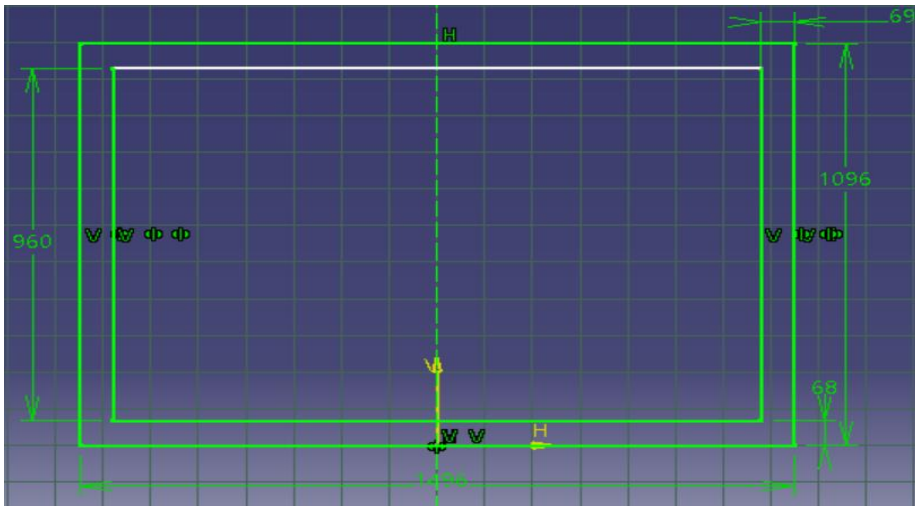
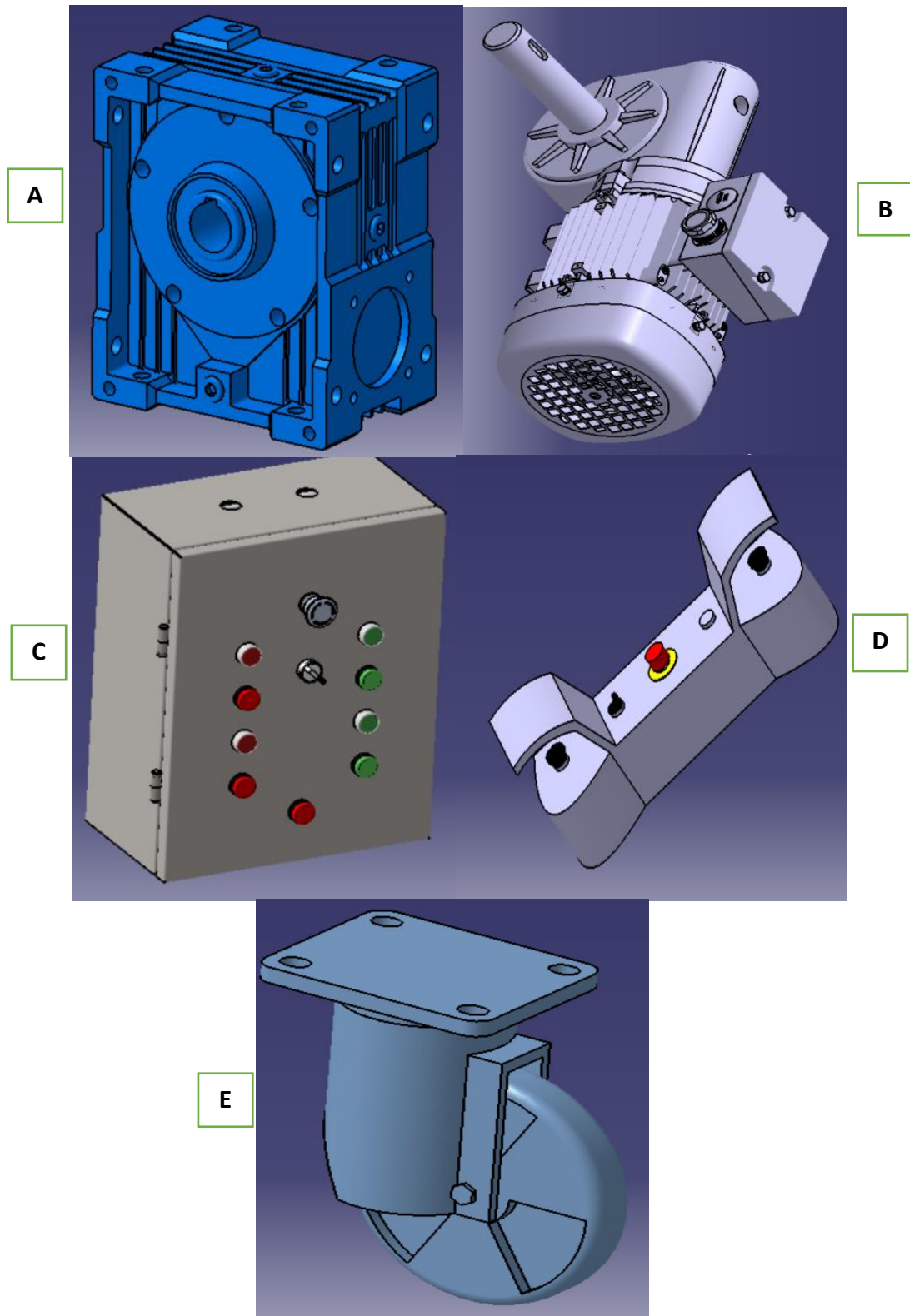


Figure 41: Forme 3D de dispositif de levage

## 2.4 Dispositifs mécaniques et électriques de fonctionnement :



**Figure 42: Réducteur(A), Moteur(B), Armoire de commande (C), Appareil de contrôle (D),  
Roulette(E)**

Voir les spécifications de ces dispositifs dans l'annexe 1, 2, 3 et 4.

Nous allons utiliser le motoréducteur qui est un appareil composé d'un moteur électrique triphasé et d'un réducteur, afin de réduire la vitesse de sortie grâce à un système de pignon, tout en augmentant le couple. L'usage de réducteur permet de réduire la vitesse de rotation des moteurs électriques qui sont généralement de 1500 tr/min, pour obtenir des vitesses finales allant jusqu'à 2 ou 1 tr/min suivants les modèles.

Alors, le moteur électrique va entraîner la rotation du cadre de support et la vitesse de cette rotation sera contrôlée par le réducteur en utilisant un appareil de commande à deux mains et une petite armoire électrique du système entier.

### 2.5 Assemblage des composants et intégration de l'armoire électrique :

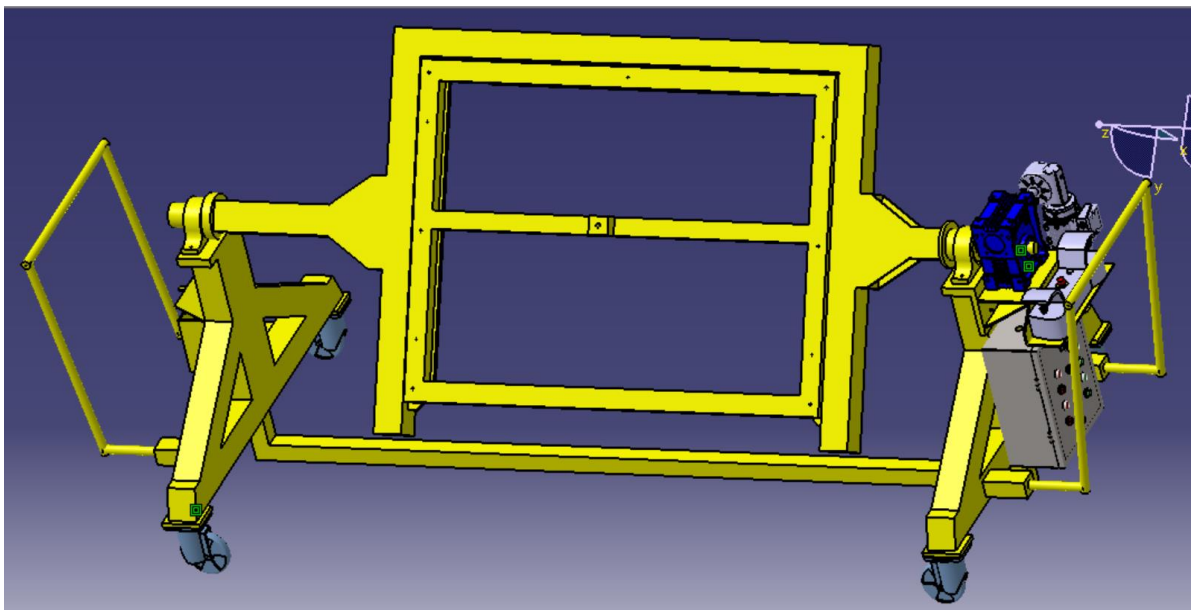


Figure 43: Support mobile d'intégration EL5-1

Pour la fixation de l'armoire électrique avec le support on va utiliser des rondelles plates avec leurs vis appropriés selon la norme ISO 7093 d'une part et des tôles en violet qui se trouvent aux extrémités de l'armoire électrique. Voir (l'annexe 5).

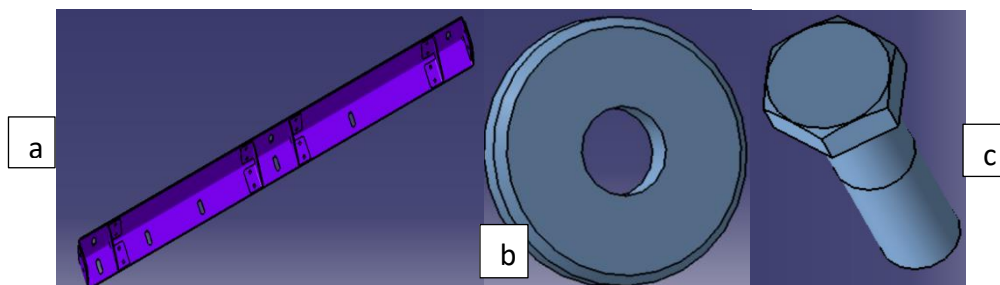
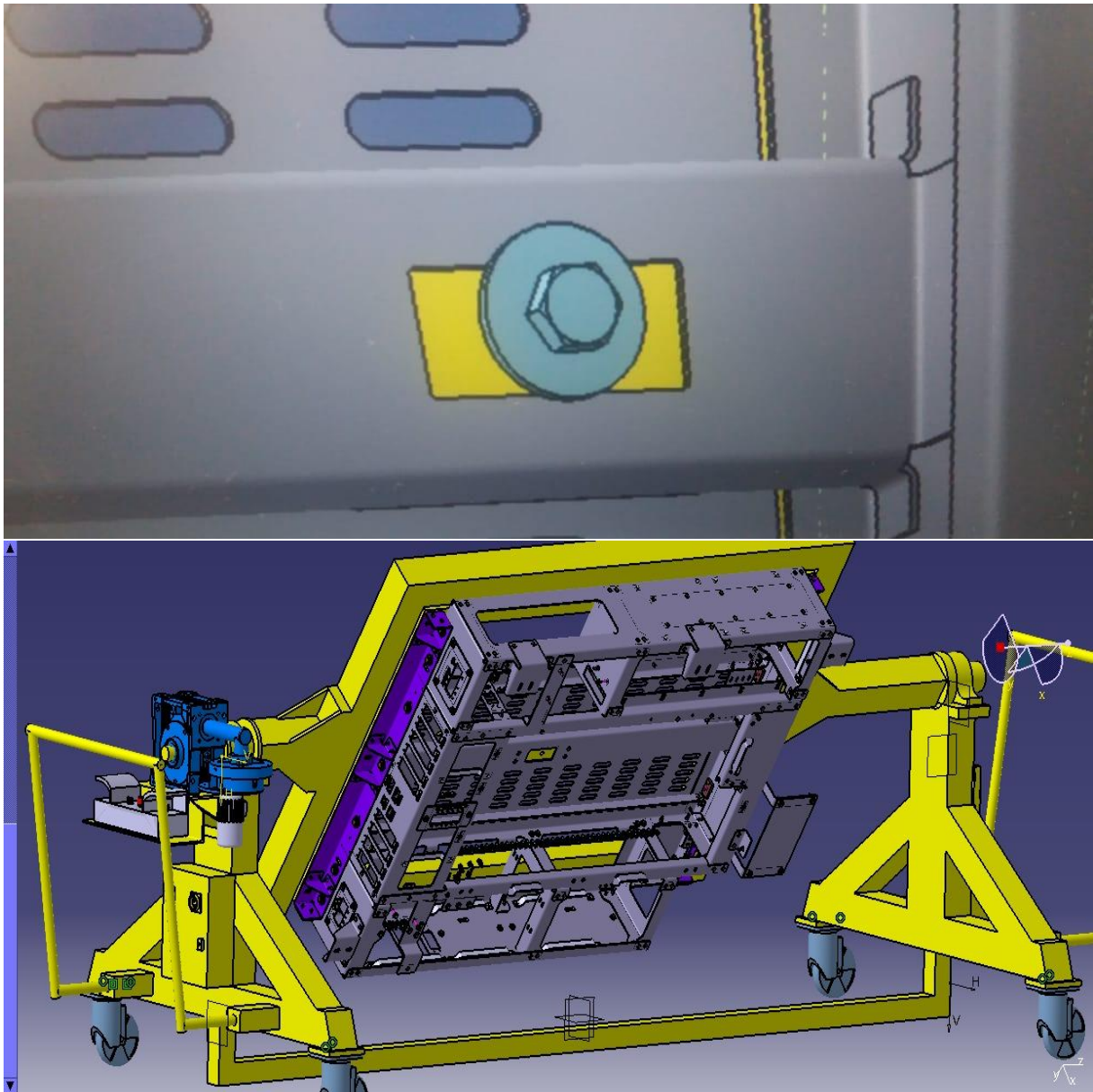


Figure 44: Tôle(a), Rondelle plate(b) et Vis(c)



**Figure 45: Intégration de l'armoire EL5-1.**

### **3. Conception des supports d'intégrations EL5-2 et EL5-3 :**

Les supports mobiles EL5-2 et EL5-3 ont les mêmes dimensions, il y a juste une petite différence entre eux dans le dispositif de levage qu'on va la montrer, tandis que la fixation des armoire EL5-2 et EL5-3 avec les supports reste la même ; toujours avec des rondelles plates et des vis.

### 3.1 Dimensionnement de la structure de base :

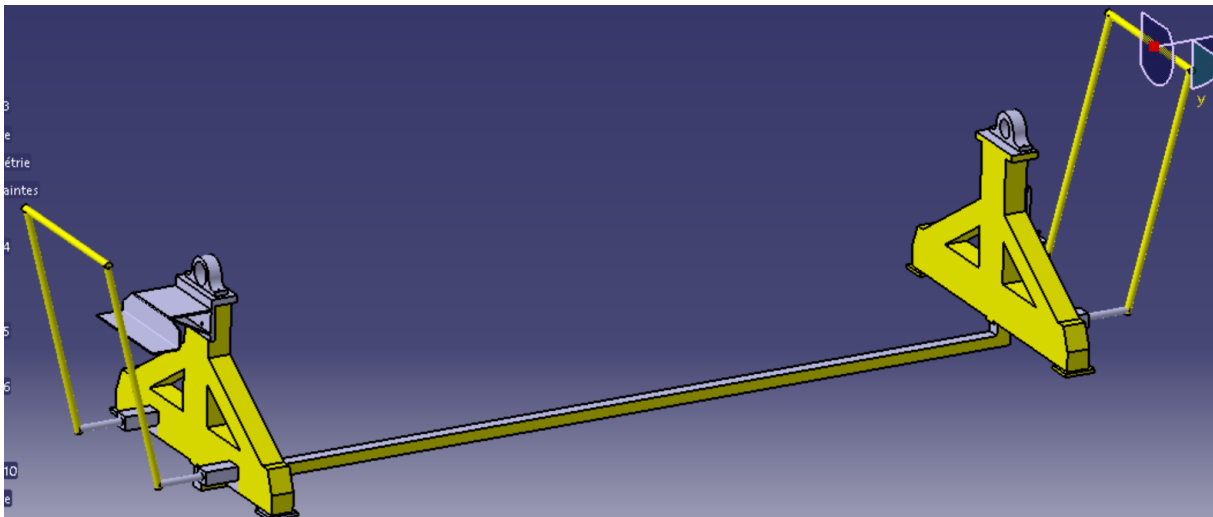
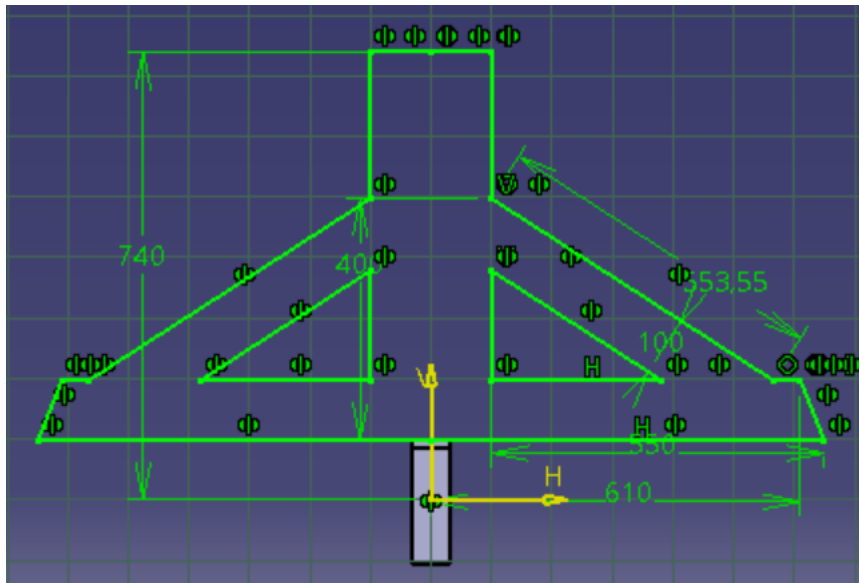
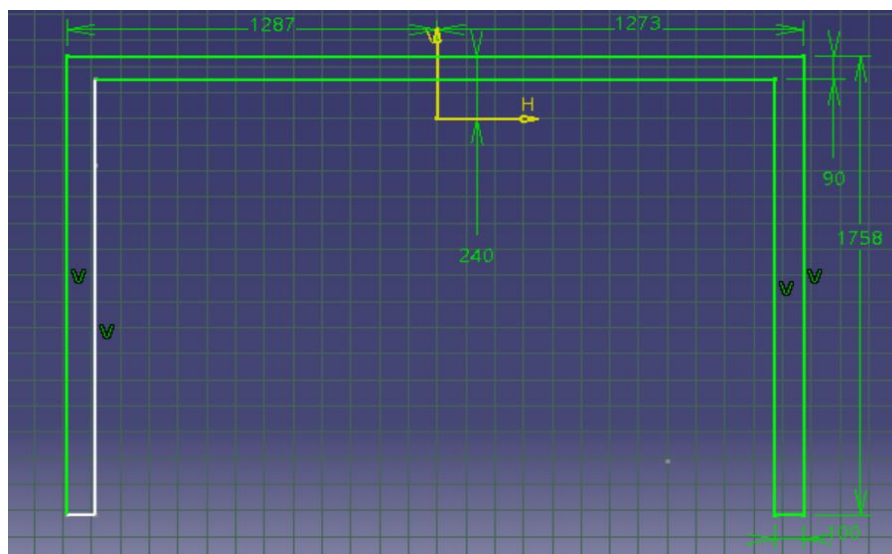


Figure 46: Structure de base de EL5-2 et EL5-3

### 3.2 Dimensionnement de cadre de support :



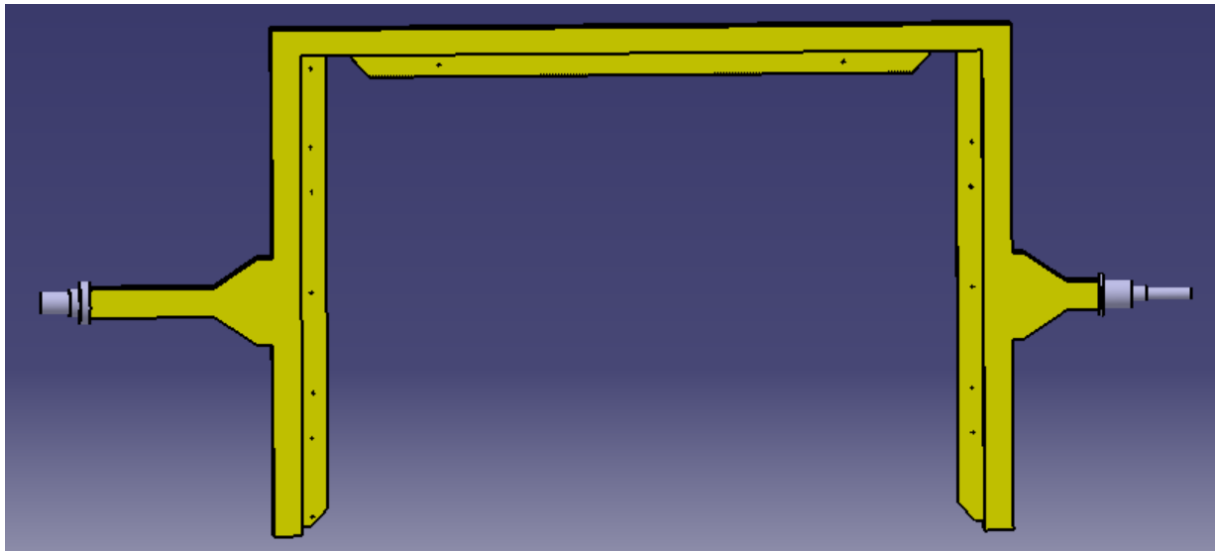
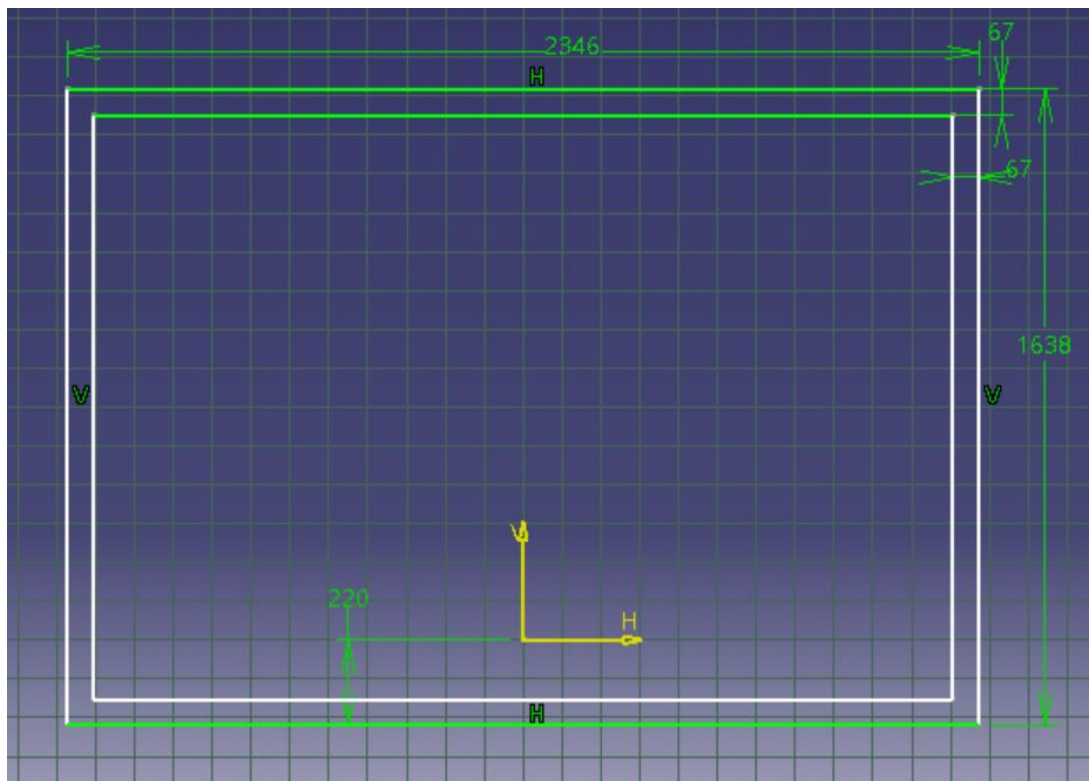


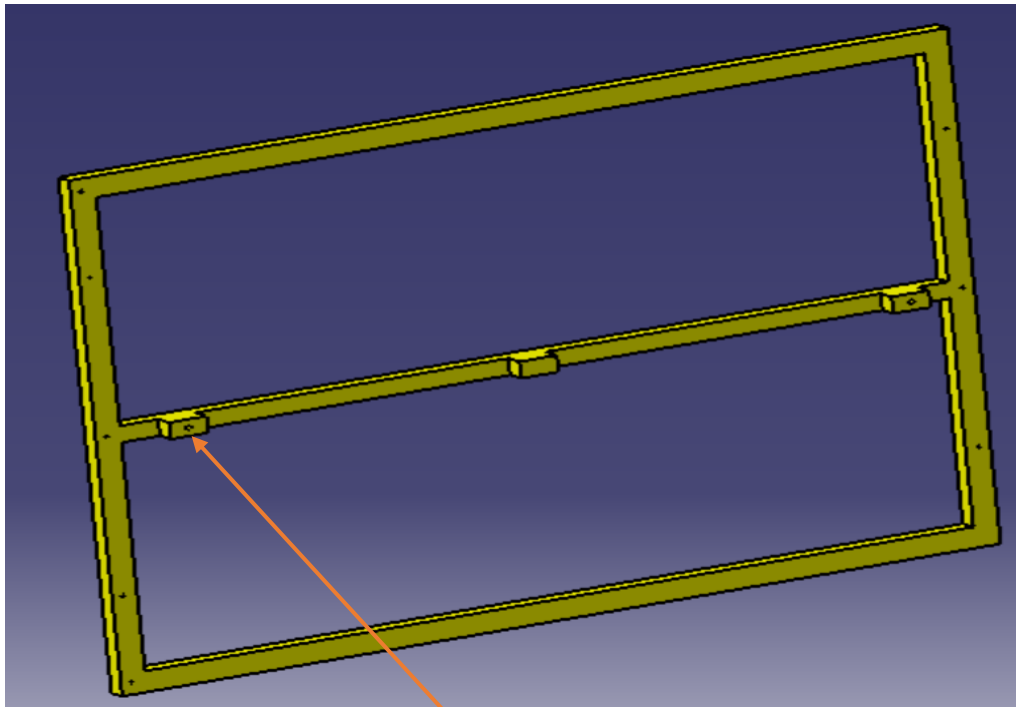
Figure 47: Cadre de support (EL5-2 et EL5-3)

### 3.3 Dimensionnement de dispositif de levage :

Les 2 supports EL5-2 et EL5-3 diffèrent dans le dispositif de levage exactement au niveau des zones de fixation où on effectue l'assemblage de l'armoire avec le support. Tels que le dispositif de levage de support EL5-2 se caractérise par 3 zones de fixation et l'autre dispositif a 4 zones de fixation.







Les zones de fixation

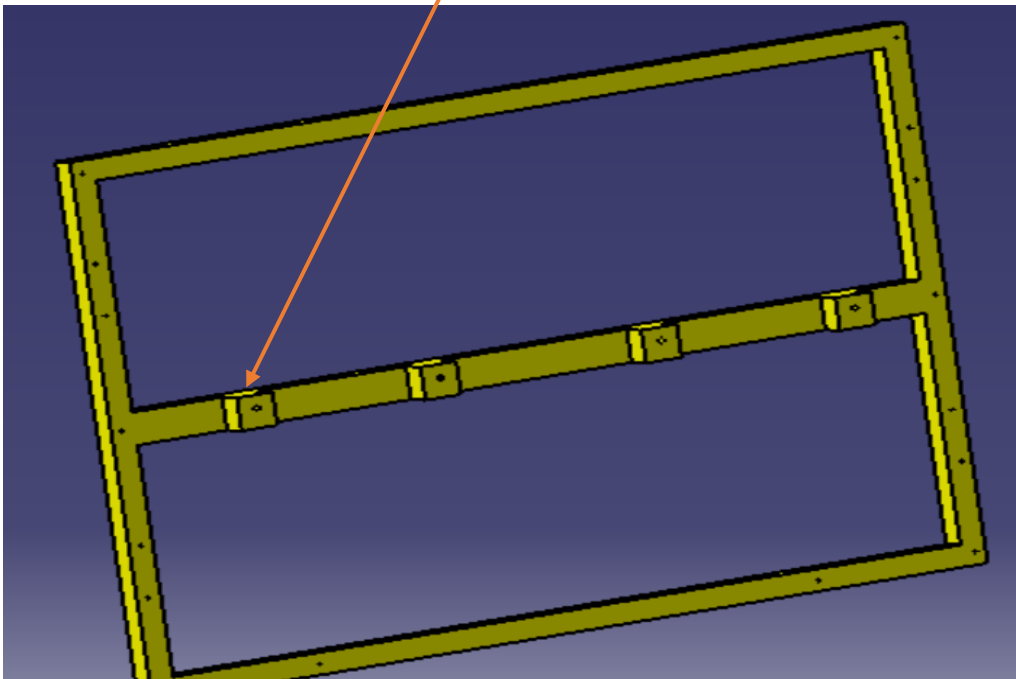


Figure 48: Dispositifs de levage de EL5-2 ET EL5-3

On garde les mêmes dispositifs mécaniques et électriques pour le fonctionnement des supports (réducteur+ moteur électrique+ armoire de commande).

### 3.4 Assemblage des composants et intégration des armoires électriques EL5-2/3 :

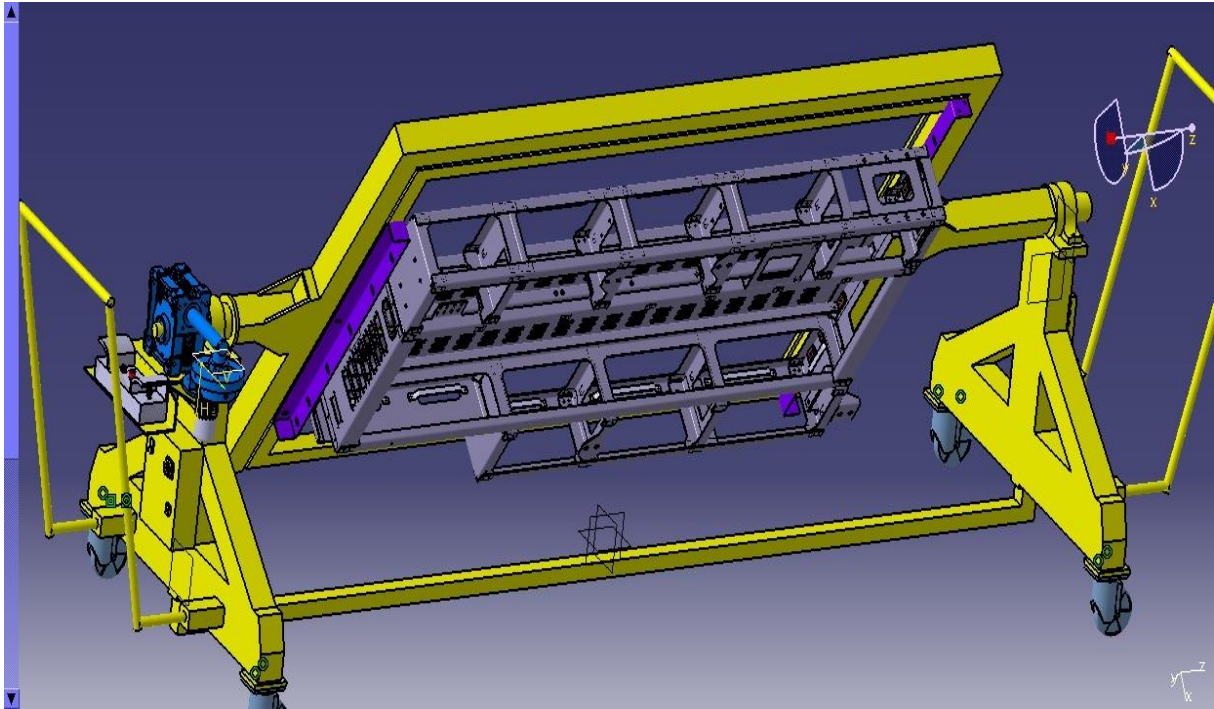


Figure 49: Support d'intégration EL5-2

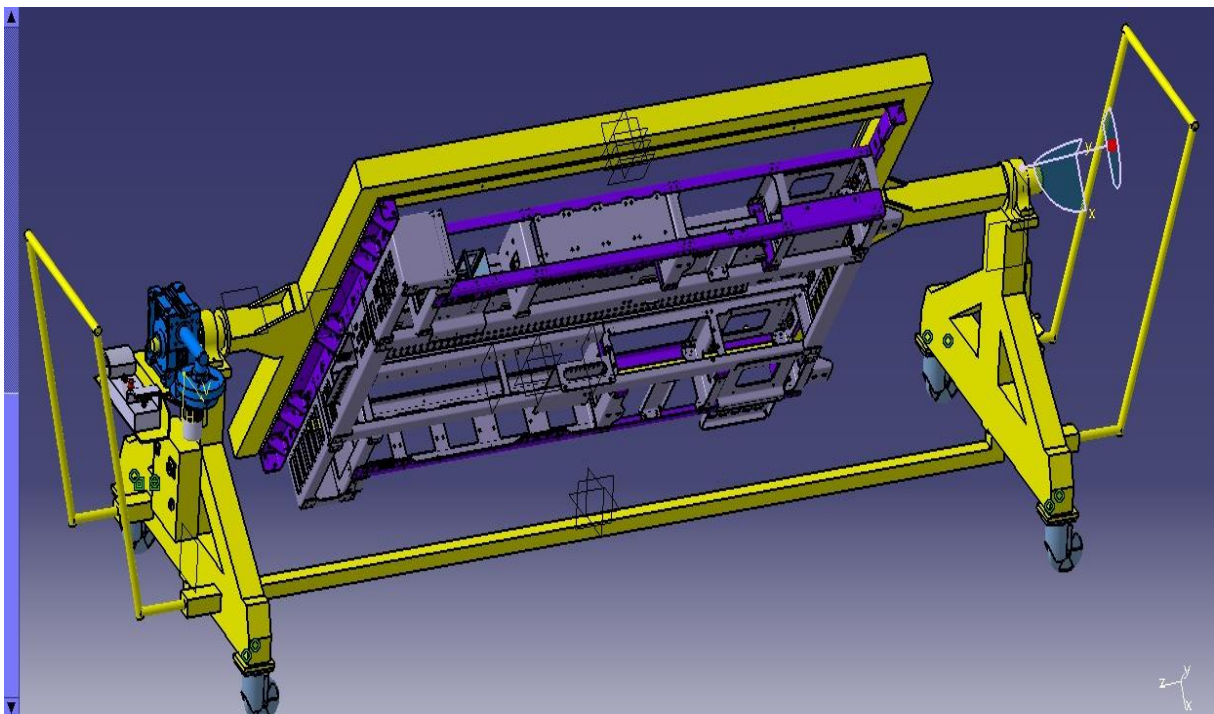


Figure 50: Support d'intégration EL5-3

#### 4. Réalisation des supports :

Après qu'on a conçu les supports selon les dimensions exigées par le cahier de charge et les améliorations qu'on a ajouté. On a pu réaliser avec succès ces supports en réalité, ainsi qu'on a testé l'automatisation du système de fonctionnement et tout ça marche bien.



Figure 51: Réalisation des supports en réalité

#### Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons pu effectuer avec succès la 2<sup>ème</sup> étape de la démarche PDCA qui est celle de développement et en conséquence nous avons réussi de générer la conception de trois supports mobiles d'intégration pour trois armoires électriques sur le logiciel Catia V5. Cependant, cette conception doit être validée par des simulations numériques sur le logiciel ANSYS. Ce sera l'objet du prochain chapitre qui est la 4<sup>ème</sup> étape de la démarche PDCA présentée dans la vérification et l'amélioration de la conception.

## CHAPITRE 4 : Vérification et amélioration de la conception

Dans ce dernier chapitre nous allons expliquer la 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> phase de la démarche à la fois qui sont :

### **I. Vérification de conception des supports mobiles avec ANSYS :**

Dans cette partie on va décrire, analyser et vérifier nos résultats de recherche et de dimensionnement effectués précédemment. On va simuler les supports sous l'effet de leur propre poids et celui d'armoires électriques fixées sur les supports.

### **II. Sécurité et Maintenance préventive : AMDEC**

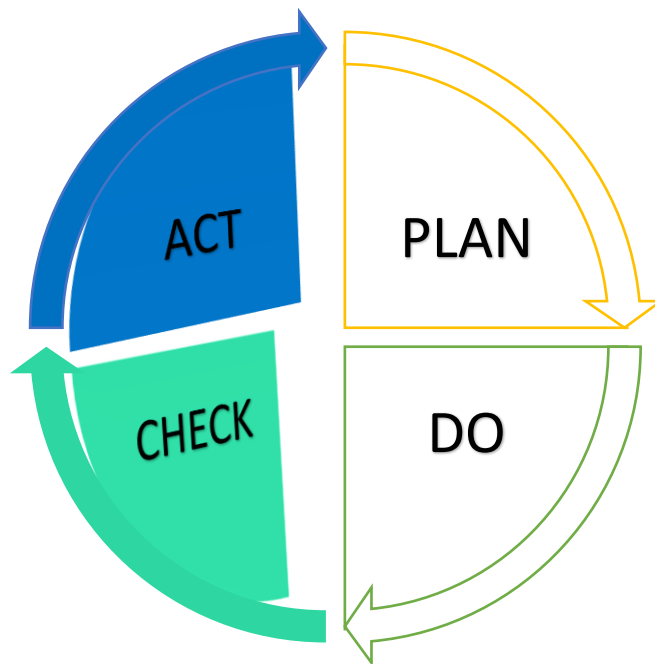
Cet axe vient pour présenter des précautions et des normes de sécurité à respecter et des activités d'entretien à effectuer pour assurer le bon fonctionnement du support.

## Introduction :

Tous les dimensionnements cités ci-dessus ont été fait et ils nous ont amené à réaliser la conception de trois supports mobiles d'intégration. Cependant, la conception ne peut pas être validée sans une analyse statique complète. Autrement on doit simuler les supports mobiles numériquement sur le logiciel ANSYS afin d'optimiser leurs structures et d'améliorer leurs qualités tout en gardant un cycle de vie très important.

### I. Vérification de conception des supports mobiles avec ANSYS :

Cette troisième étape est d'une grande importance dans la mesure où elle constitue la raison d'être la démarche PDCA. Elle permet d'analyser statiquement (contrainte, déformation, fatigue) la structure des supports mobiles selon la fiabilité du matériau choisi. Autrement, elle est là pour améliorer et valider la conception finale des supports.



#### 1. Analyse statique du EL5-1 :

##### 1.1 Chargement appliqué :

- Poids propre de la structure.

$P_s = 1342,6 \text{ Kg} = 13426 \text{ N}$  (information d'ANSYS)

- Poids de l'armoire électrique appliqué sur le support.

$P_a = 95 \text{ Kg} = 950 \text{ N}$

- Poids du bloc moteur réducteur.

$P_{MR} = 40 \text{ Kg} = 400 \text{ N}$

## 1.2 Caractéristiques du matériau utilisé :

Nous avons utilisé l'acier standard comme matériau de fabrication.

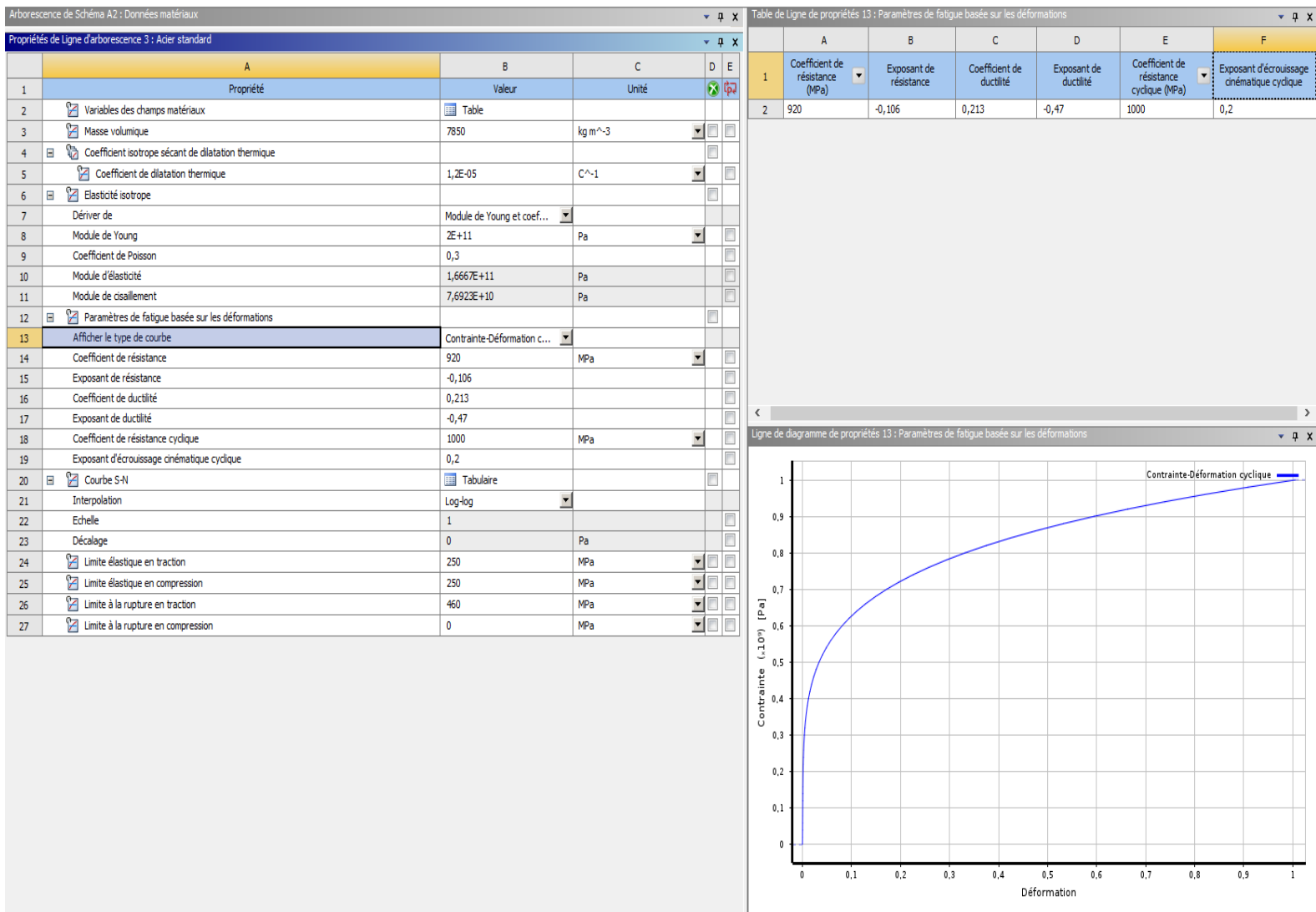


Figure 52: Caractéristiques de l'acier standard

## 1.3 Procédures d'analyse et résultats :

### ✓ Maillage :

Dimensionnement	
Taille d'éléments	25 mm
Utilise un dimensionnement adaptatif	Oui
Résolution	3
Simplification du maillage	Oui
Taille de simplification	Par défaut
Transition	Rapide
Centre d'angle de course	Moyen
Taille d'élément initiale	Assemblage
Diagonale de la boîte englobante	4374,5 mm
Aire de surface moyenne	9379,5 mm <sup>2</sup>

Statistiques	
Nœuds	400582
Éléments	249353
Nom de l'objet	Raffinement
Etat	Défini complètement
Champ d'application	
Méthode de champ d'application	Sélection de géométrie
Géométrie	14 Faces
Définition	
Désactivé	Non
Raffinement	3

Tableau 13: Propriétés de maillage

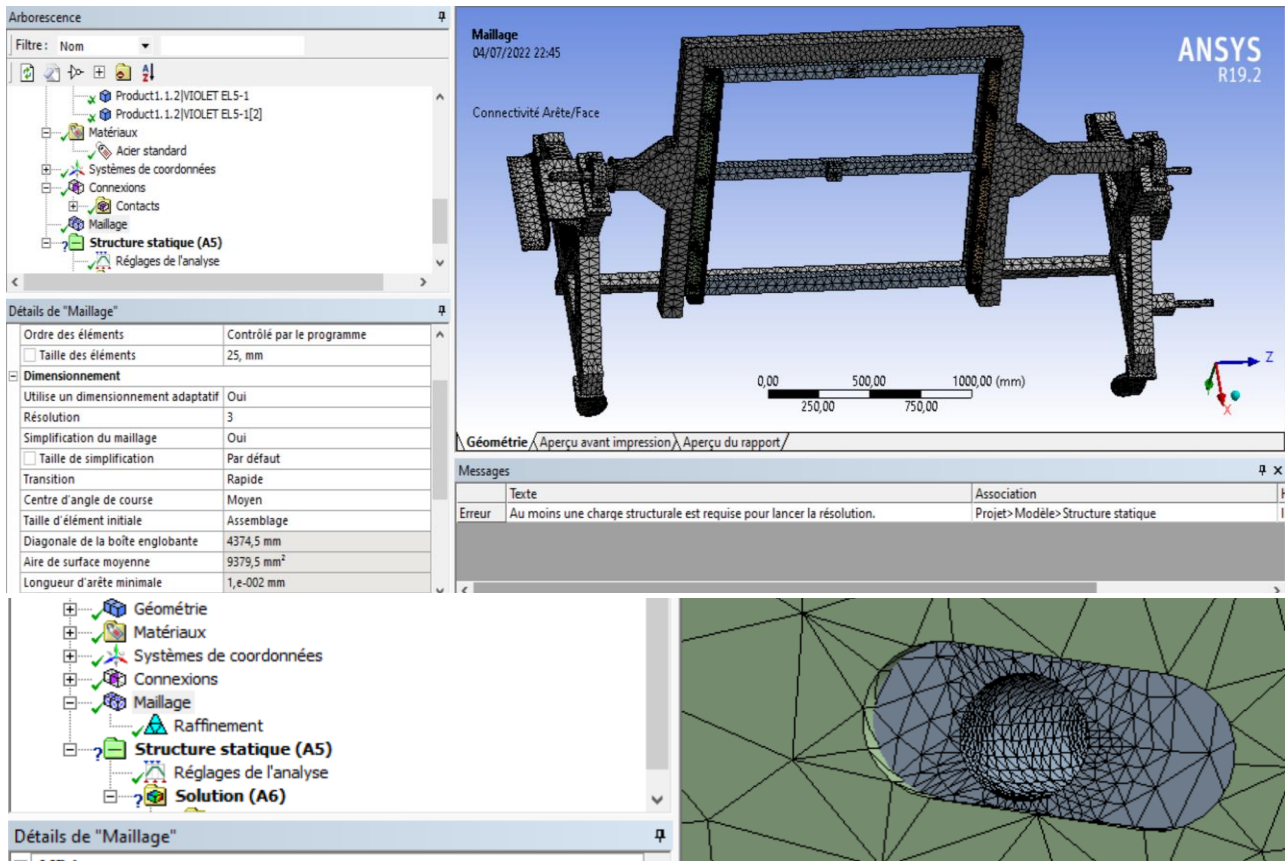


Figure 53: Maillage de support

✓ Charges et encastrement :

On fait l'insertion de la gravité terrestre, l'encastrement et les forces respectivement.

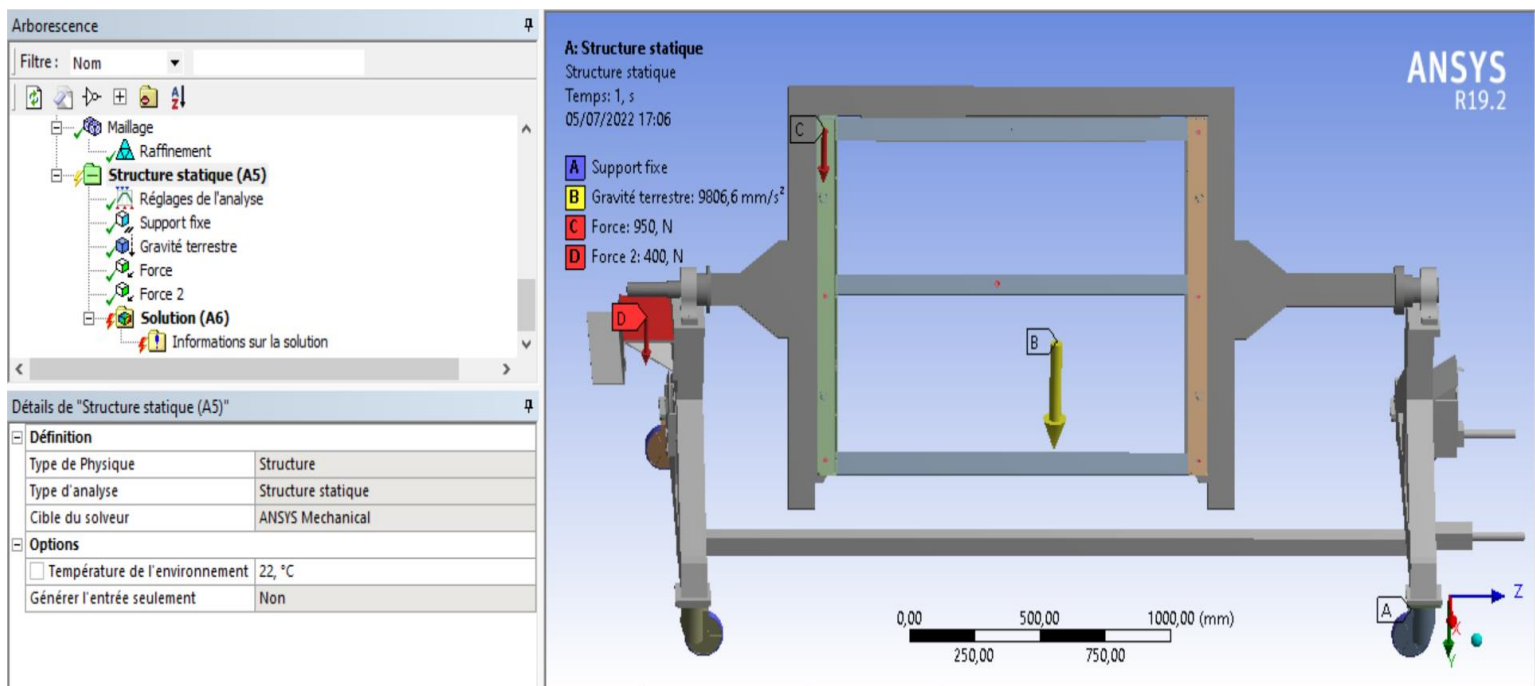
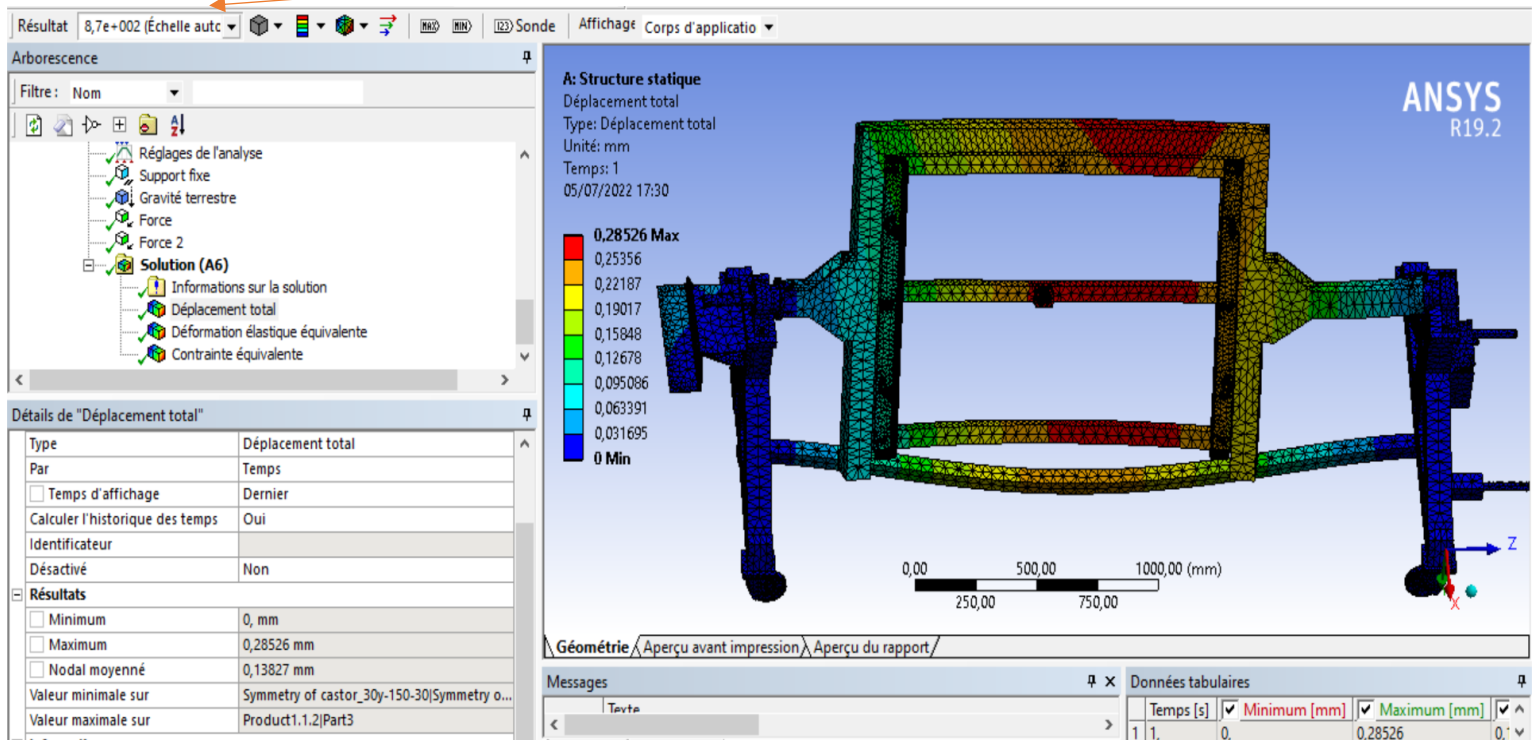


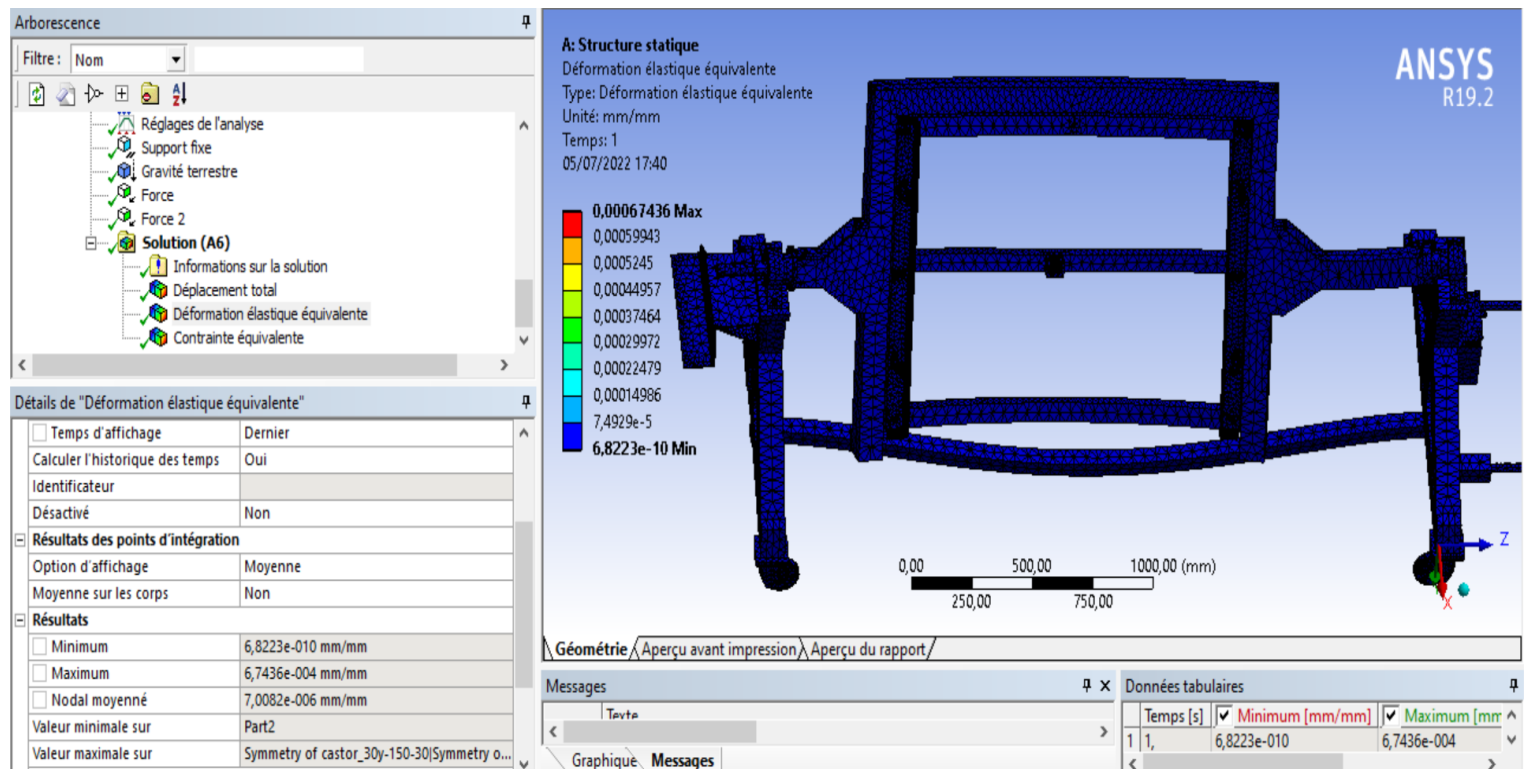
Figure 54: Chargement (EL5-1)

✓ **Extraction de résultats d'éléments finis :**

On fait l'extraction de résultats selon l'échelle automatique.



**Figure 55: Déplacement total (EL5-1)**



**Figure 56: Déformation élastique équivalente (EL5-1)**



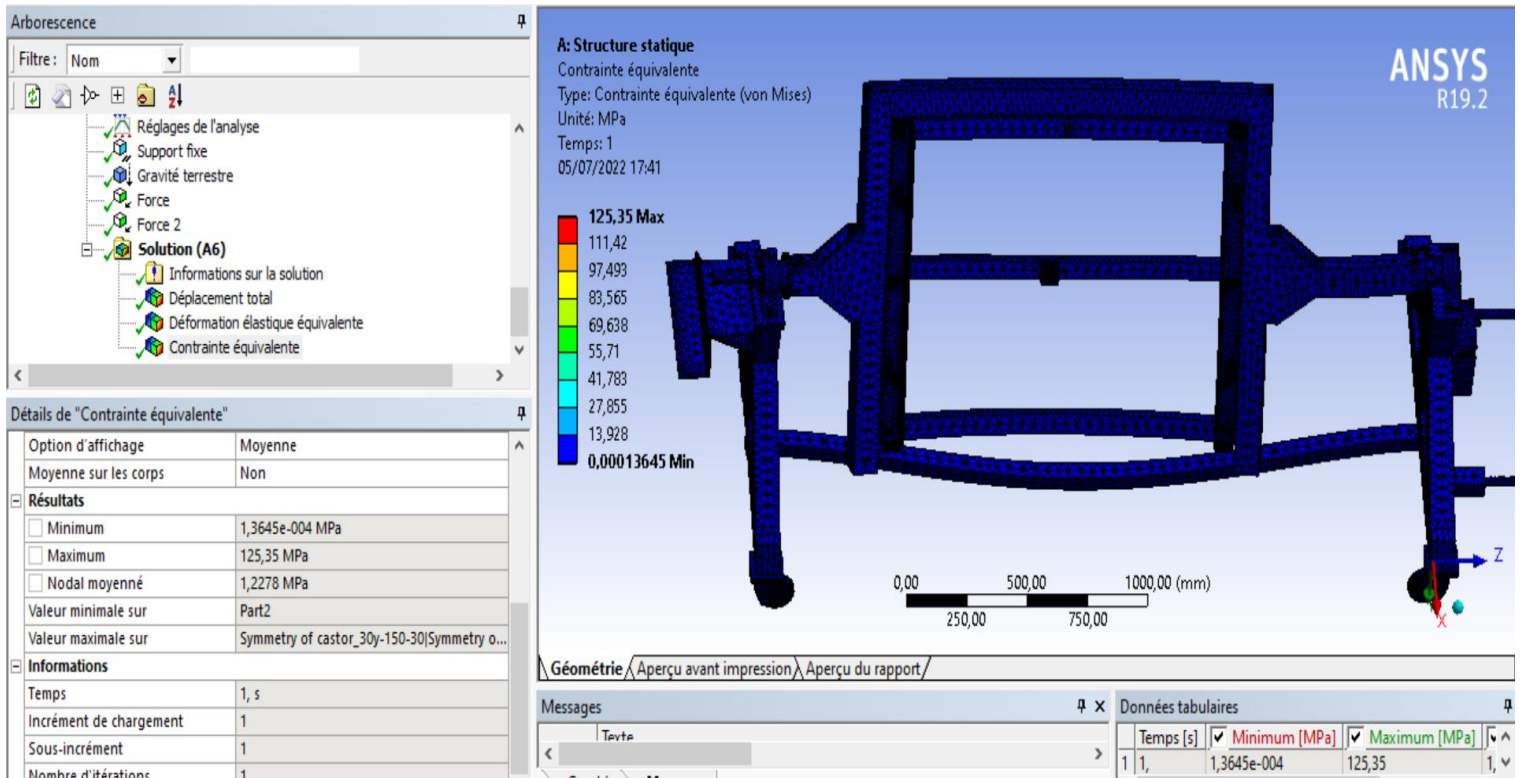


Figure 57: Contrainte équivalente de Von Mises (EL5-1)

Les résultats selon l'échelle réelle ne montrent pas de déformations.

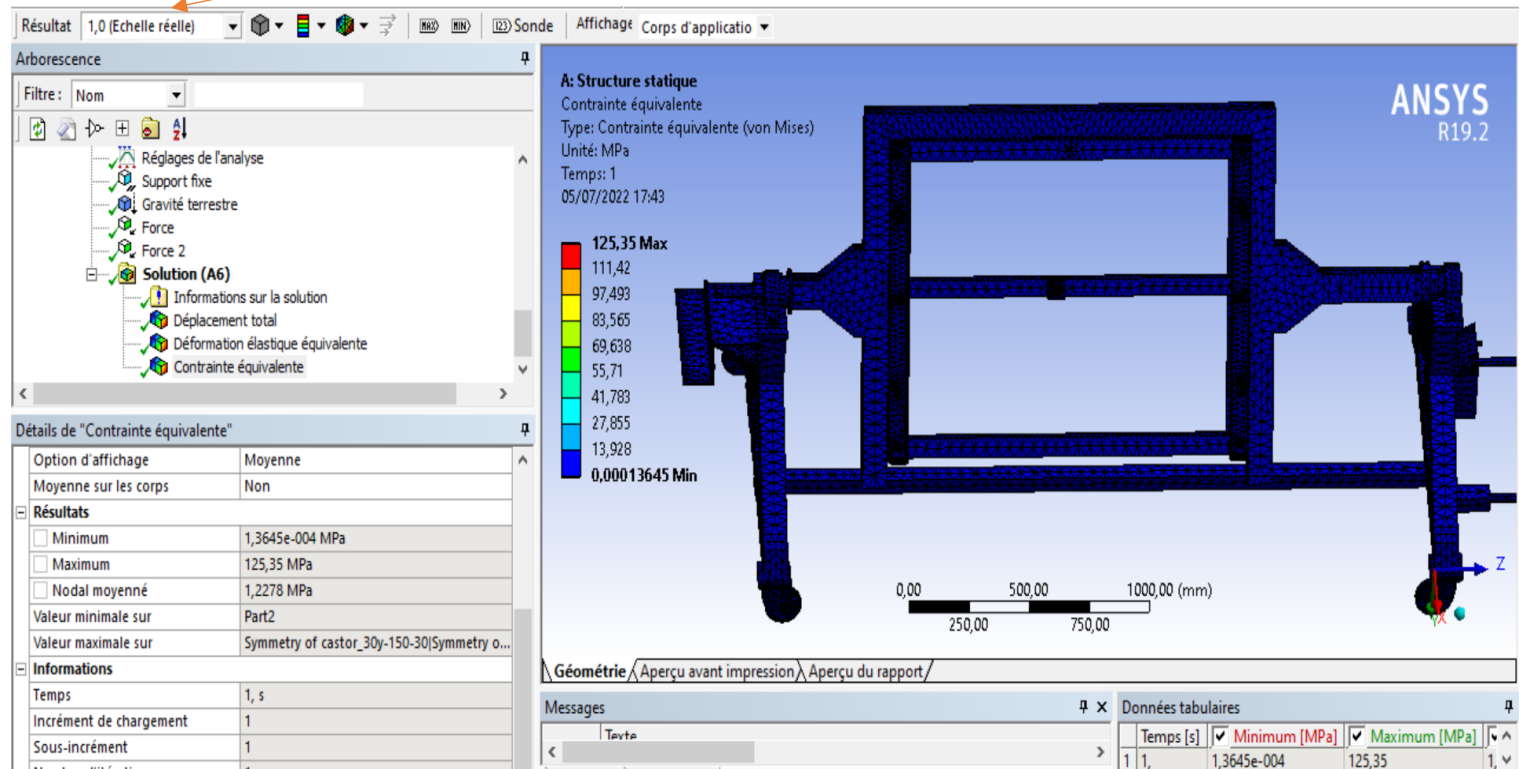


Figure 58: Contrainte de Von Mises (Echelle réelle)

## ✓ Fatigue :

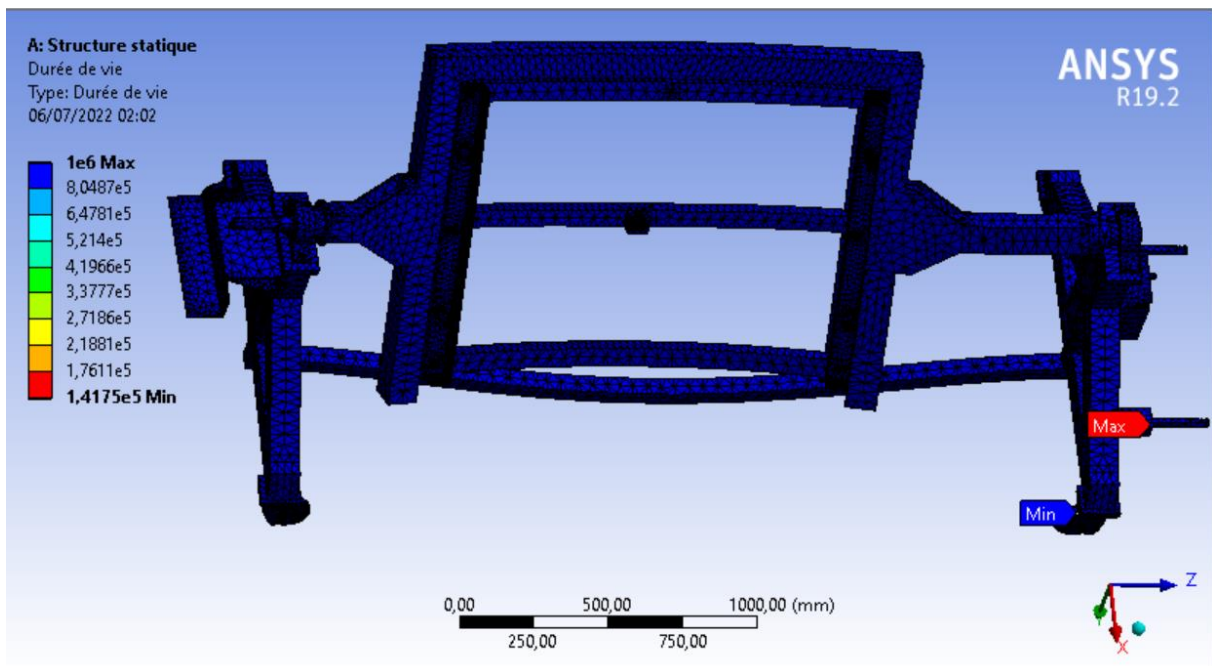


Figure 59: Durée de vie de support EL5-1

La durée de vie maximale du support vaut  $10^6$  cycles.

On voit que la contrainte maximale de Von Mises égale à 125,35 MPa.

La structure subit de charges connues et constantes et le comportement de matériau est testé et connu. Par conséquent nous avons choisi un coefficient de sécurité de 1.5 (voir référence). Nous devons donc comparer la contrainte équivalente maximale avec la contrainte admissible qui est égale la limite élastique du matériau choisi (250 MPa) divisée par (1.5) :

$$\sigma_{admissible} = \frac{R_e}{FS} \quad \sigma_{Von Mises} = 125,35 \text{ MPa}$$

Calcul :  $125,35 \text{ MPa} < 250/1.5 = 166 \text{ MPa} \rightarrow$  donc la résistance est vérifiée.

## 2. Analyse statique de EL5-2 :

### 2.1 Chargement appliqué :

- Poids propre de la structure.

$P_s = 1765,4 \text{ Kg} = 17654 \text{ N}$  (information d'ANSYS)

- Poids de l'armoire électrique appliqué sur le support.

$P_a = 185 \text{ Kg} = 1850 \text{ N}$

- Poids du bloc moteur réducteur.

$P_{MR} = 40 \text{ Kg} = 400 \text{ N}$

On garde le même matériau et le même maillage, ainsi que les mêmes procédures d'analyse et on obtient les résultats suivants :

## 2.2 Résultats :

D'abord on applique les charges.

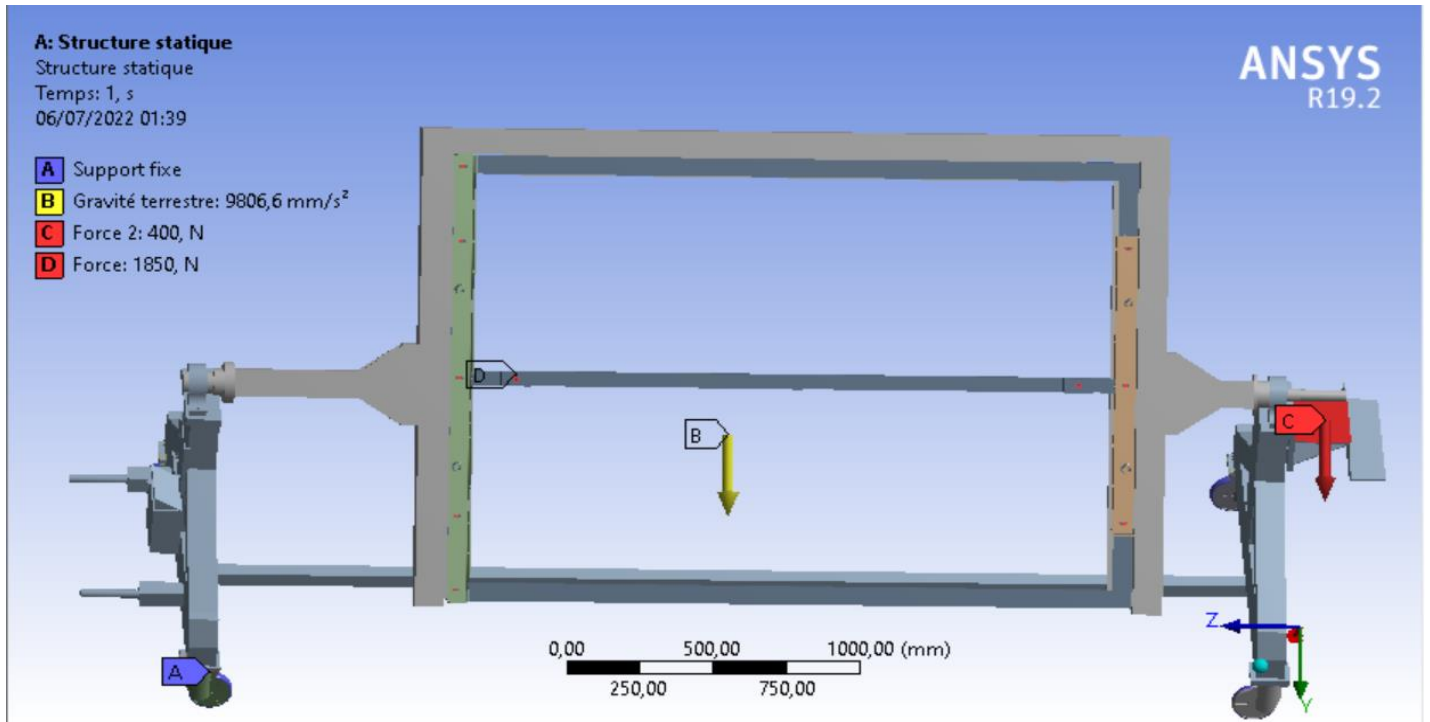


Figure 60: Application de charges (EL5-2)

On a les résultats suivants :

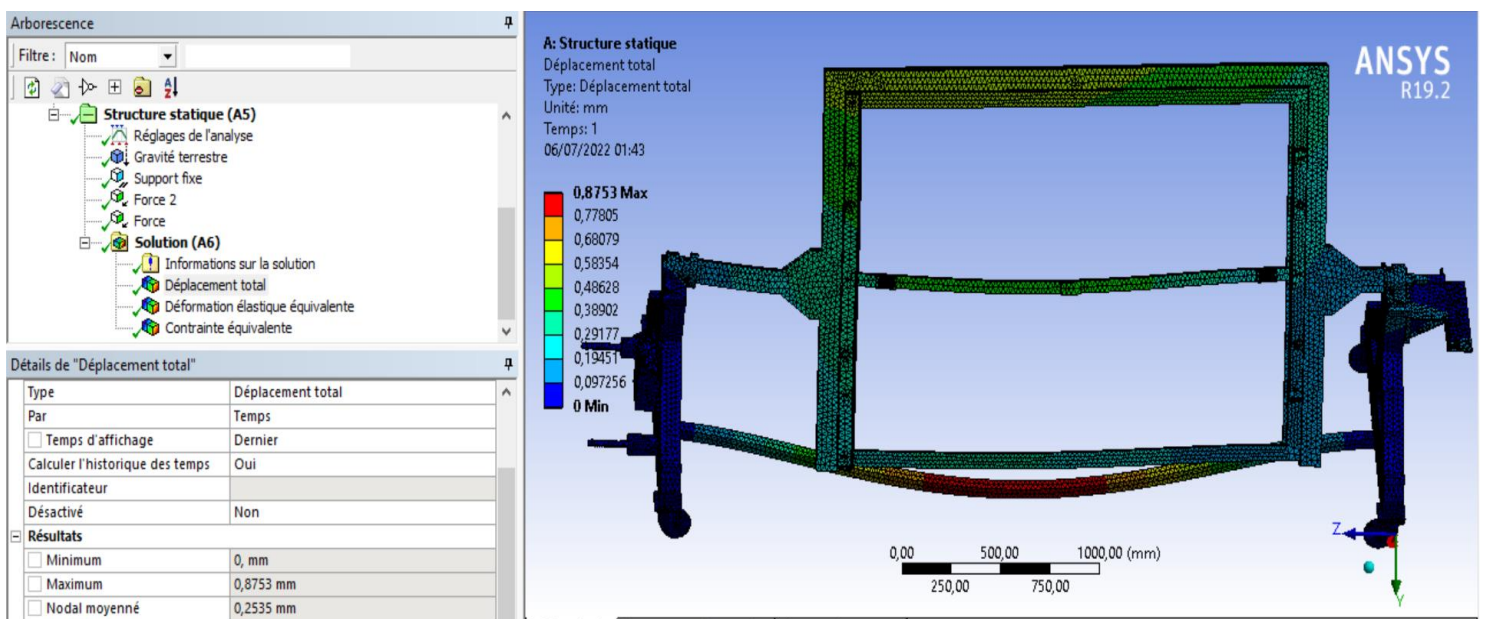


Figure 61: Déplacement total (EL5-2)

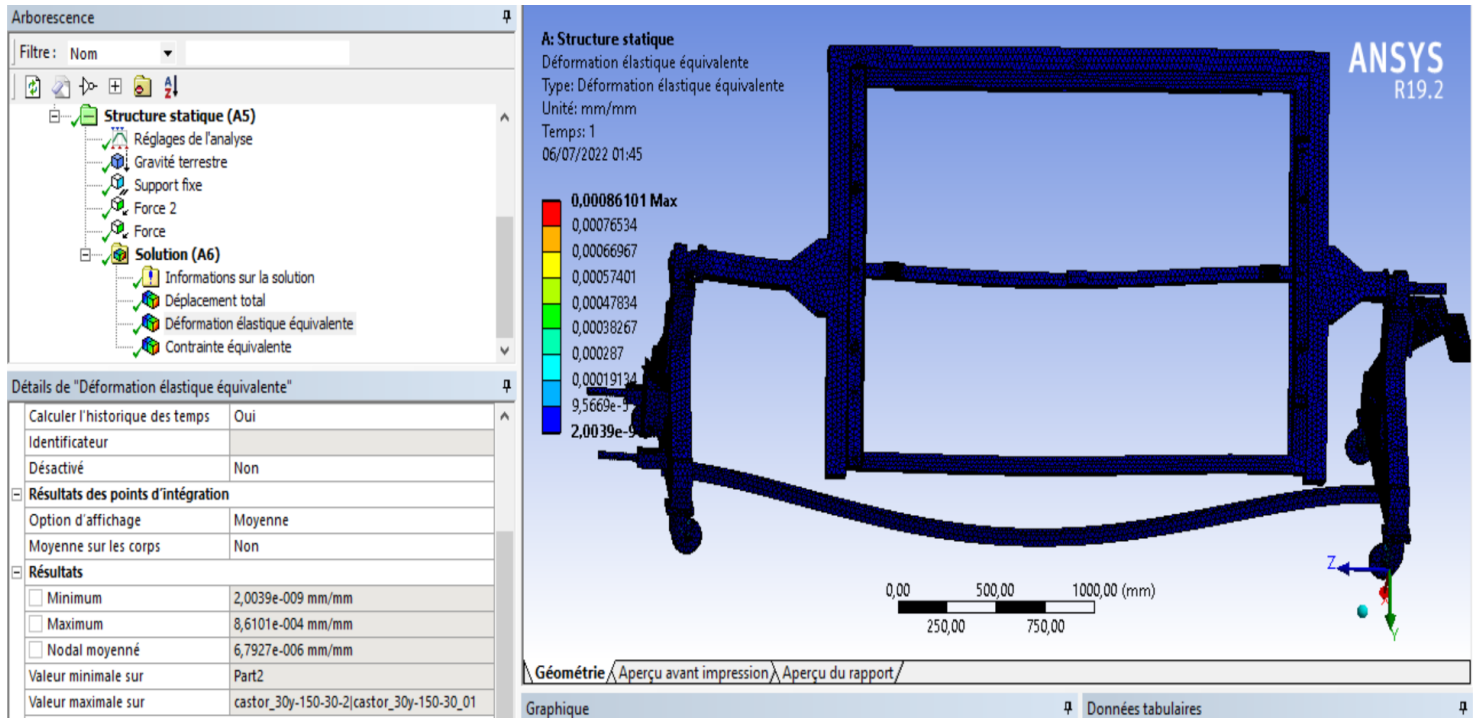


Figure 62: Déformation élastique équivalente (EL5-2)

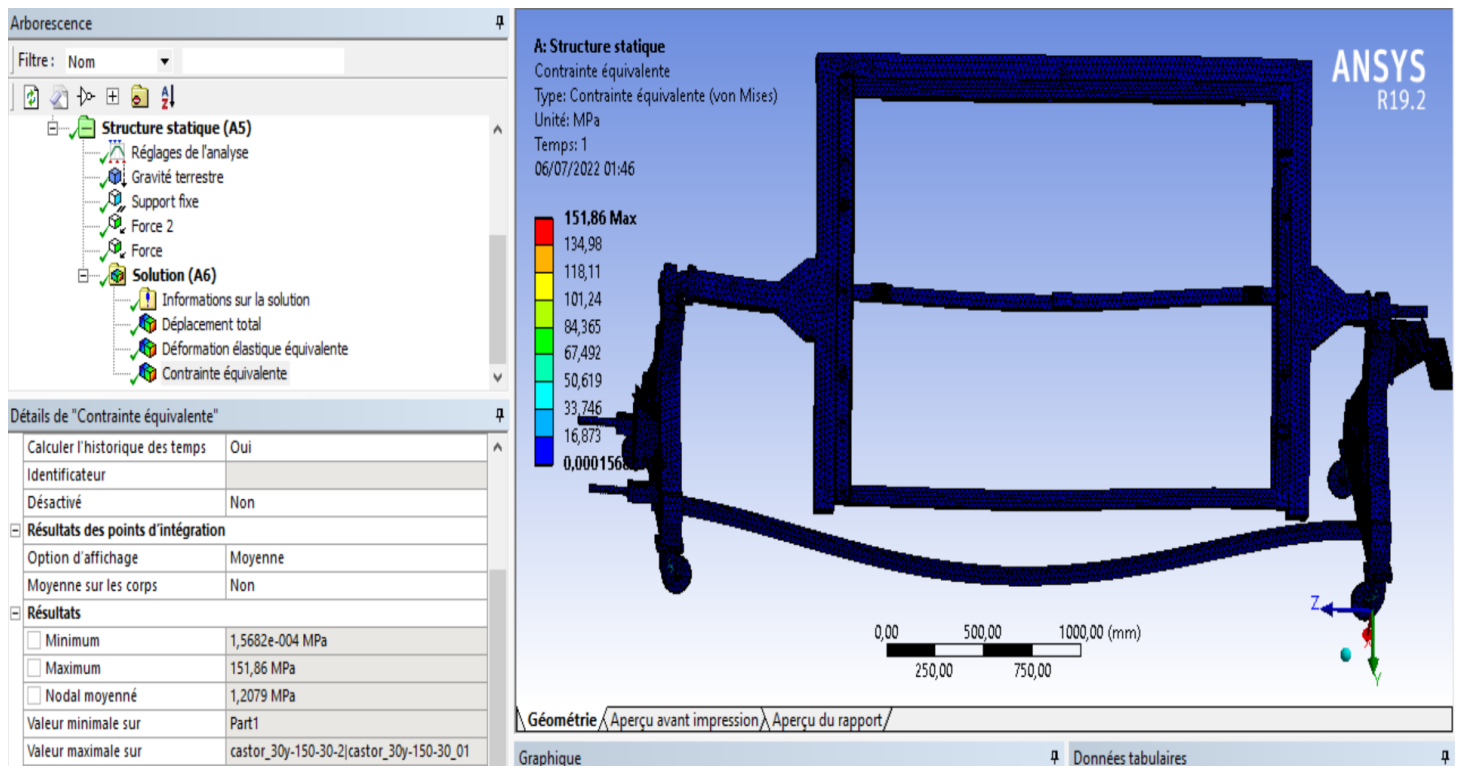
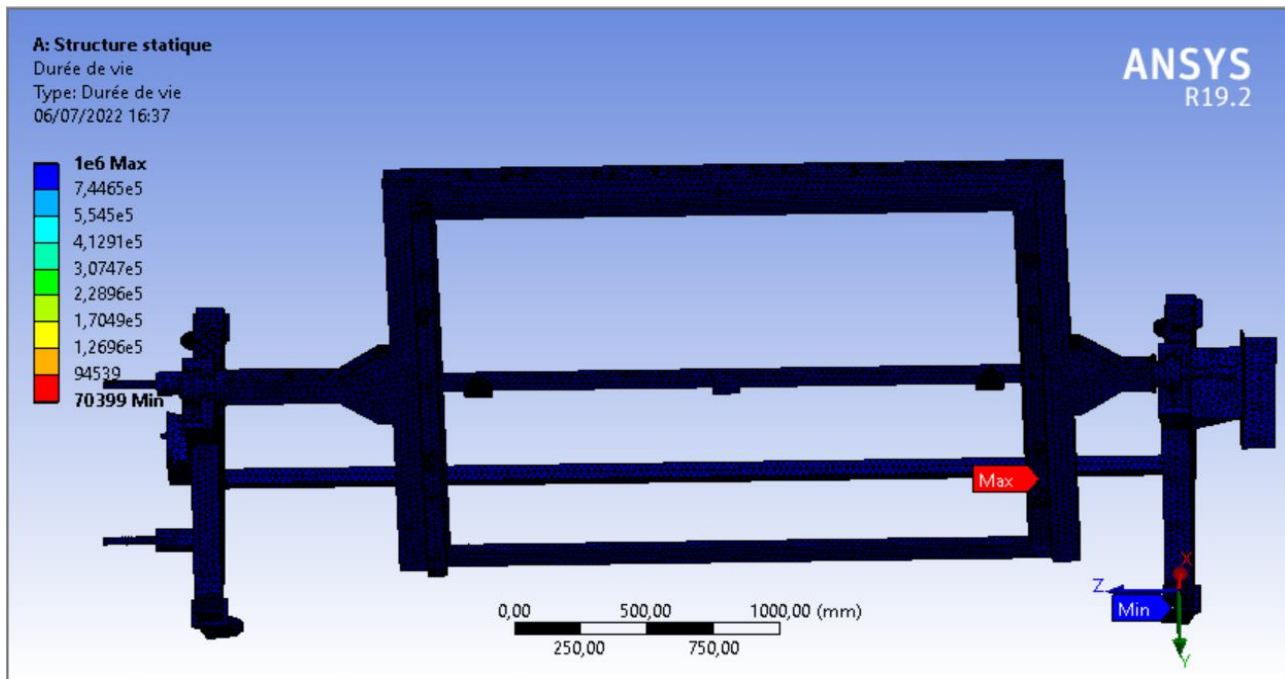


Figure 63 : Contrainte équivalente Von Mises (EL5-2)

✓ **Fatigue :**



**Figure 64: Durée de vie du support EL5-2**

La durée de vie de EL5-2 tend vers  $10^6$  cycles (maximum) et 70399 cycles (minimum).

✓ **Vérification de la résistance :**

On prend le même coefficient de sécurité choisi auparavant (1.5).

La contrainte maximale de von mises est 152 MPa et la limite élastique du matériau est 250 MPa, on fait notre calcul :

$$\sigma_{admissible} = \frac{R_e}{FS} \qquad \sigma_{Von Mises} = 151,86 \text{ MPa}$$

**152 MPa < 250/1.5= 166 MPa → donc la résistance est vérifiée.**

**3. Analyse statique du EL5-3 :**

**3.1 Chargement appliqué :**

- Poids propre de la structure.

$P_s = 1818,2 \text{ Kg} = 18182 \text{ N}$  (information d'ANSYS)

- Poids de l'armoire électrique appliqué sur le support.

$P_a = 185 \text{ Kg} = 1850 \text{ N}$

- Poids du bloc moteur réducteur.

$P_{MR} = 40 \text{ Kg} = 400 \text{ N}$

Encore une fois on garde le même matériau et les mêmes procédures d'analyse avec une petite modification concernant la taille d'éléments de maillage (Taille = 30 mm) et on obtient les résultats suivants.

### 3.2 Résultats :

#### ✓ Charges appliquées :

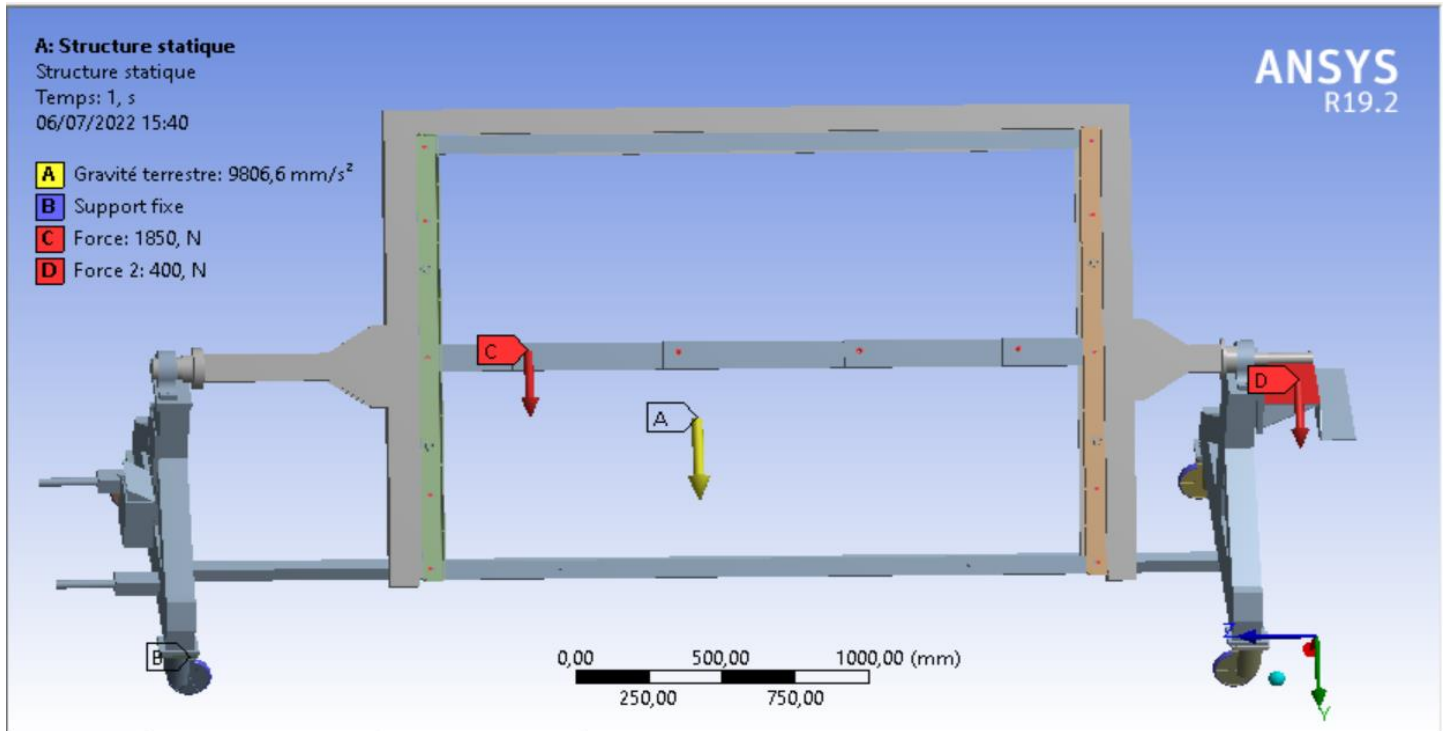


Figure 65: Application de charges (EL5-3)

#### ✓ Solution :

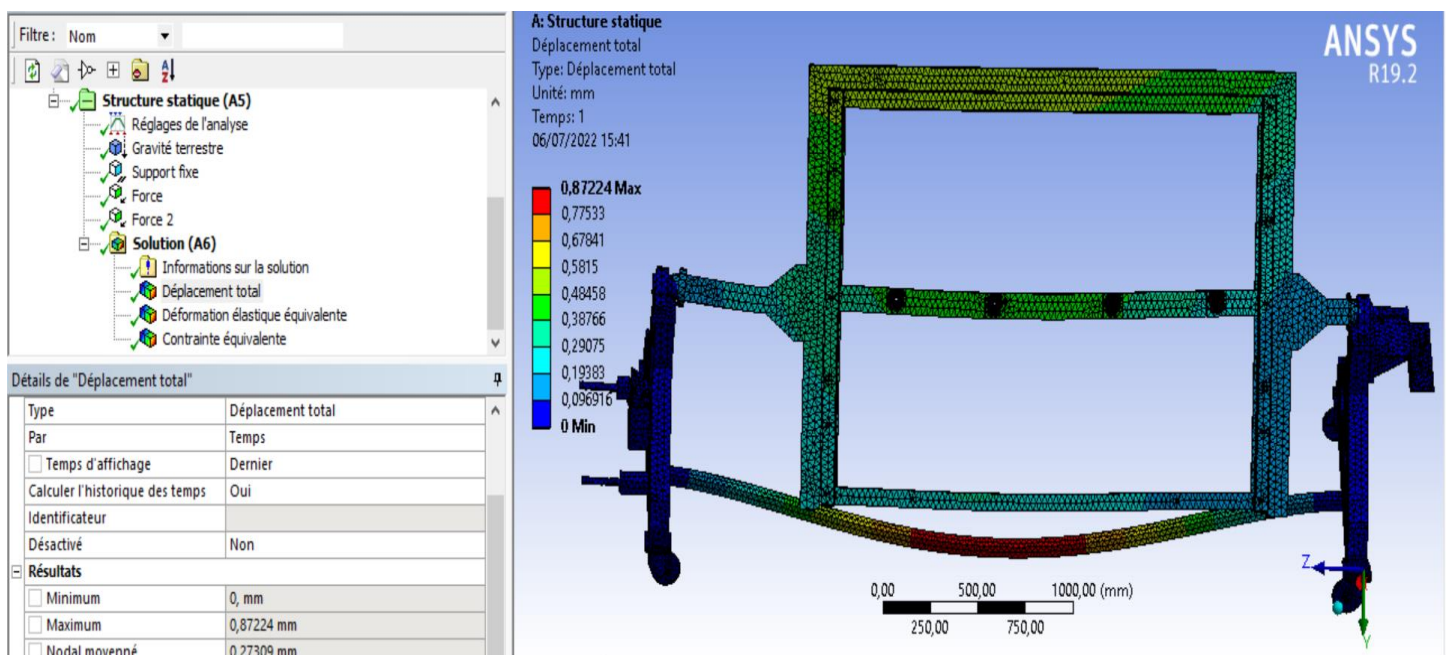


Figure 66: Déplacement total (EL5-3)

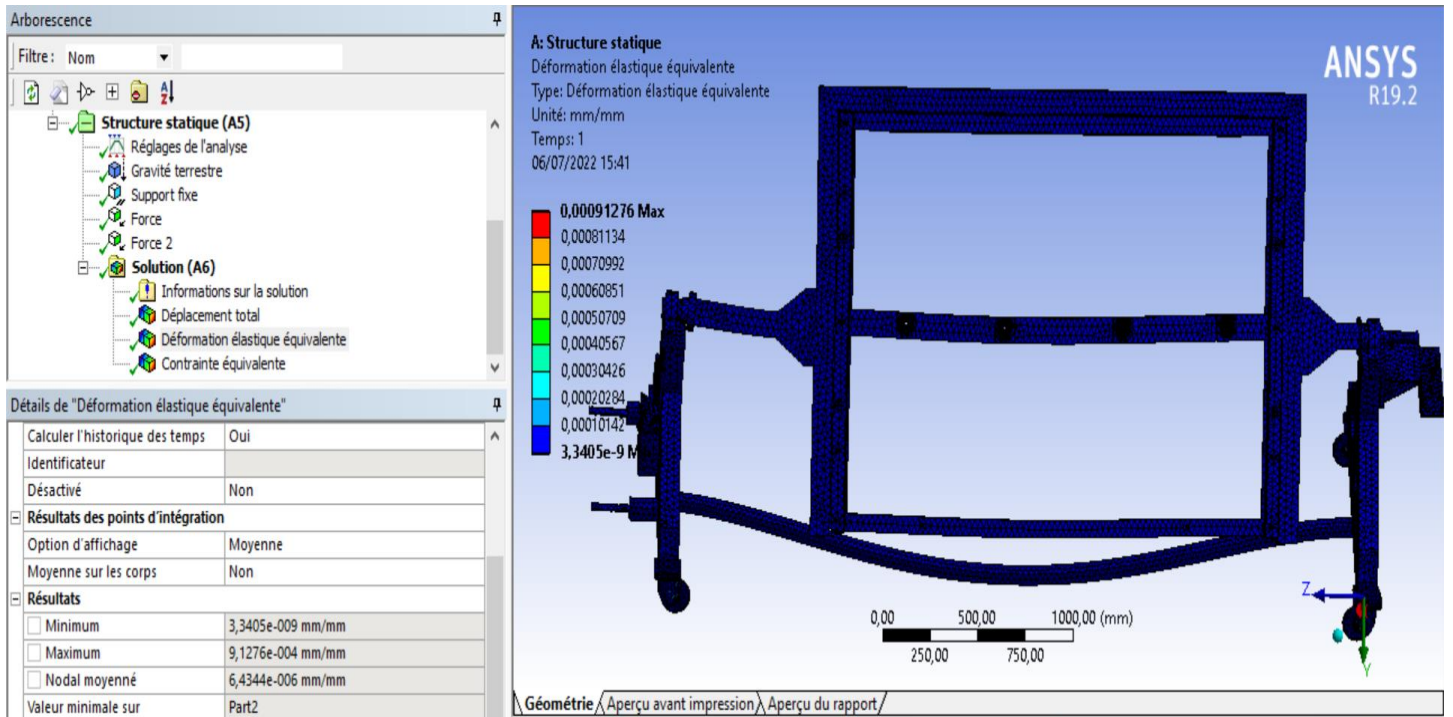


Figure 67: Déformation élastique équivalente (EL5-3)

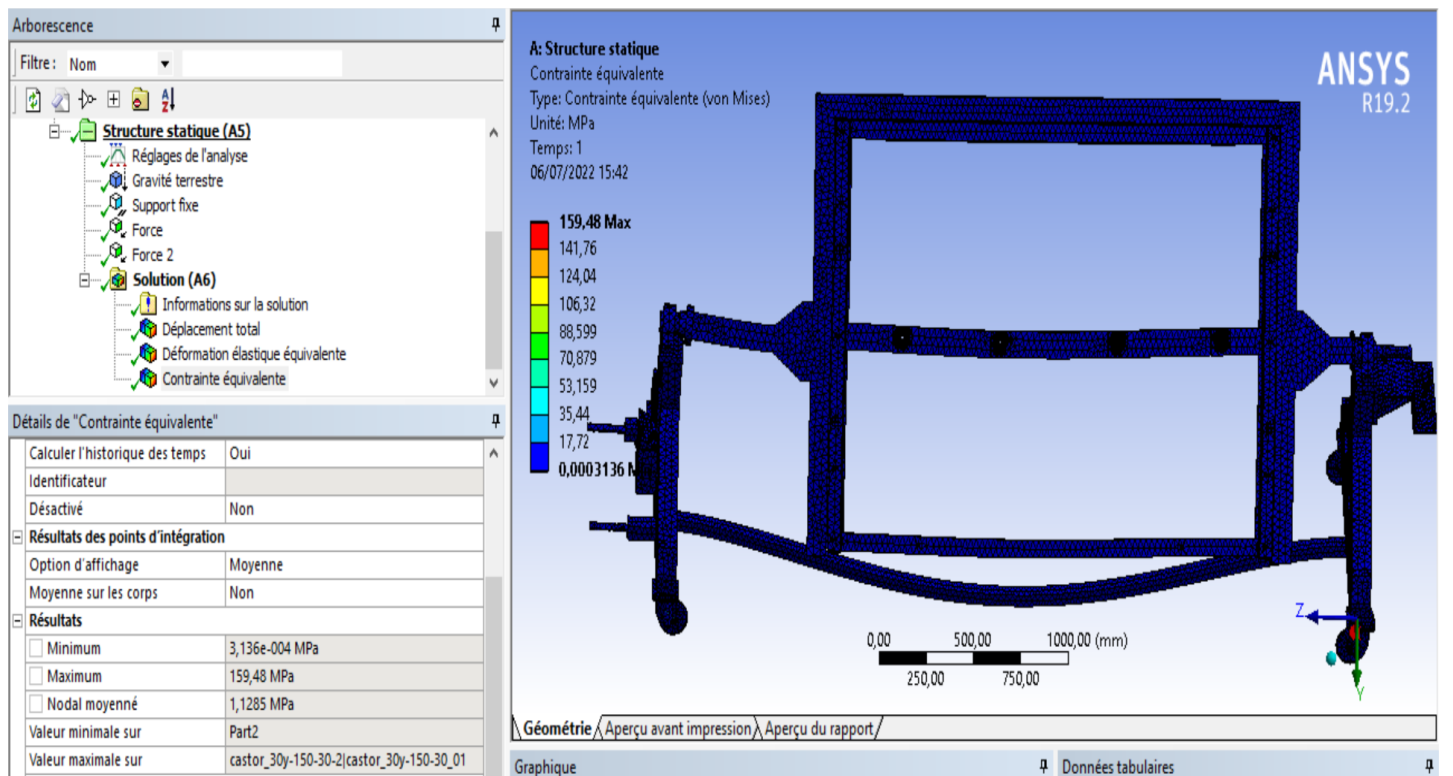


Figure 68: Contrainte équivalente de Von Mises (EL5-3)

## ✓ Fatigue :

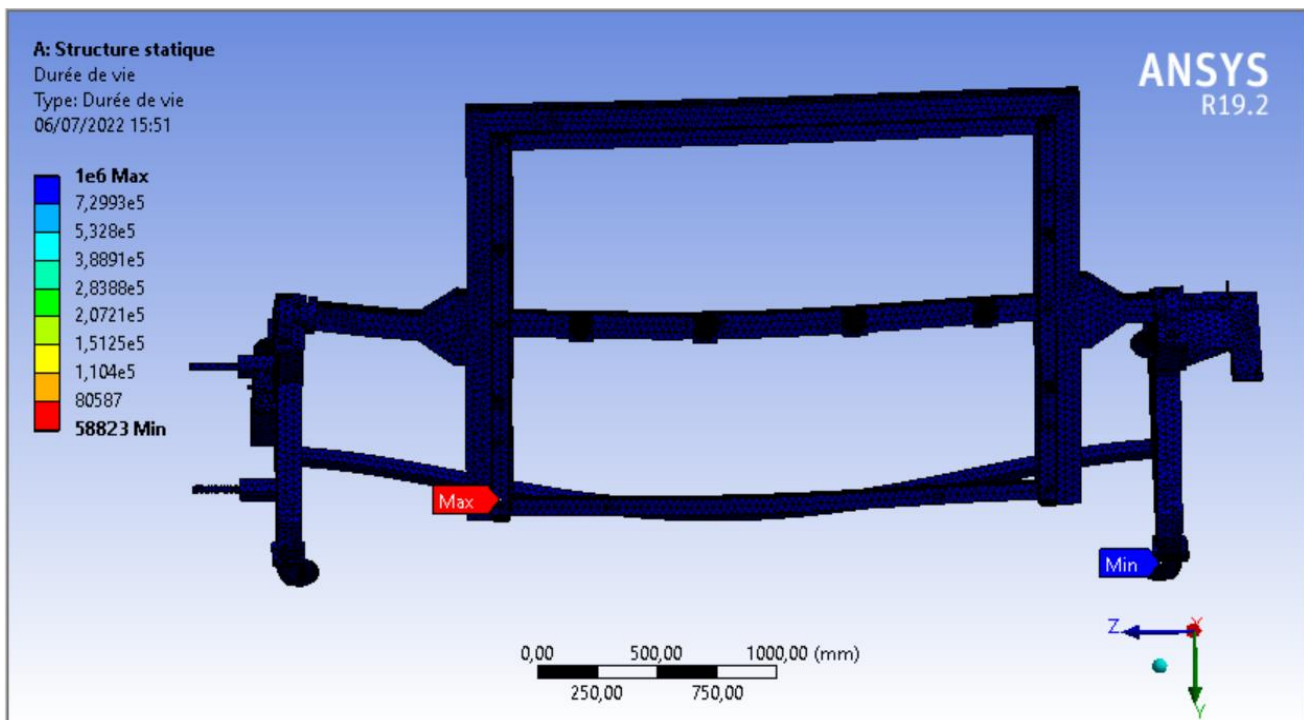


Figure 69 : Durée de vie de EL5-3

La durée de vie du support EL5-3 vaut  $10^6$  cycles le maximum et 58823 cycles le minimum.

## ✓ Vérification de la résistance :

On prend le même coefficient de sécurité choisi auparavant (1.5).

La contrainte maximale de von mises est 159,5 MPa et la limite élastique du matériau est 250 MPa, on fait notre calcul :

$$\sigma_{admissible} = \frac{R_e}{FS} \qquad \sigma_{Von Mises} = 159,5 \text{ MPa}$$

$$159,5 \text{ MPa} < 250/1.5 = 166 \text{ MPa} \rightarrow \text{donc la résistance est vérifiée.}$$

## Perspectives :

On conclut que la résistance de trois supports mobiles est vérifiée et validée puisque leur contrainte maximale de Von Mises ne dépasse pas la contrainte admissible, mais il reste quand même la phase de l'optimisation topologique des supports qui va permettre à son tour d'améliorer la conception en termes de poids et du coût.



## **II. Sécurité et maintenance préventive :**

### **1. Transport et installation :**

#### **1.1 Déplacement, levage et déchargement :**

Une attention maximale doit être portée lors du levage et du déversement avec les supports. Afin d'éviter ou d'endommager sa structure, notamment les roues. La même attention doit être portée lorsque l'appareil est soulevé ou déplacé.

#### **1.2 Installation :**

Les supports EL5 sont livrés et prêts à l'emploi. Les opérateurs doivent enlever tout matériel d'emballage et d'expédition éventuel utilisé pour le transport.

#### **1.3 Précautions de sécurité :**

En cas d'usure ou de détérioration d'une pièce des supports EL5-1, EL5-2 et EL5-3, celle-ci doit être conservée dans une zone dédiée afin d'éviter qu'elle ne soit pas utilisée, même involontairement, par le personnel.

Nous recommandons que les supports soient étiquetés avec un panneau indiquant "ÉQUIPEMENT EN MAINTENANCE NE PAS UTILISER". La zone de stockage temporaire doit être facilement accessible par le personnel de maintenance, tant pour l'inspection préliminaire que pour le retrait du support.

Le personnel de maintenance doit être correctement formé, en particulier en ce qui concerne les précautions de sécurité et les travaux de charpenterie. Le personnel de maintenance doit également posséder une connaissance adéquate du fonctionnement du support, afin d'effectuer correctement les opérations de maintenance et les tâches de réglage nécessaires sans oublier d'utiliser les équipements de sécurité appropriés : masque (en cas de soudure), gants, chaussures de sécurité, protections.

#### **1.4 Conditions environnementales de fonctionnement :**

- Illumination :

Les zones dans lesquelles les supports d'intégration seront en mouvement doivent être adéquatement éclairés (en particulier les couloirs et les zones de manœuvre).

Les obstacles doivent être clairement visibles et signalés de manière appropriée.

- Vibration : (si elle existe)

Les supports doivent être isolés des vibrations, afin d'assurer les meilleures conditions de travail pour les opérateurs et de protéger la structure des supports ils-mêmes.

Les vibrations en contact avec les roues doivent être particulièrement évitées.

## 2. Maintenance préventive :

### 2.1 AMDEC moyen de production (AMDEC machine) :

Assurer la disponibilité et la sécurité des moyens de production en améliorant la conception, l'exploitation ou la maintenance de celui-ci. AMDEC repose sur la criticité au travers :

- ✚ La fréquence d'apparition des défaillances.
- ✚ La gravité des conséquences.
- ✚ La probabilité de ne pas découvrir l'effet.

Critère	Définition
Fréquence	Fréquence (occurrence ou probabilité) d'apparition d'une défaillance due à une cause particulière.
Gravité	Gravité des effets de la défaillance sur le système ou l'utilisateur.
Probabilité de non-détection	Risque de ne pas détecter une défaillance avant qu'elle n'atteigne l'utilisateur du système.
Criticité	Déterminée à partir de ses niveaux de fréquence, gravité et probabilité de non-détection.
Seuil de criticité	Valeur limite (atteinte par la criticité ou par l'un des critères) à partir de laquelle la défaillance est jugée critique.

**Tableau 14: Définition des critères de défaillance.**

### 2.2 Principe des grilles de cotation :

Des grilles de cotation sont utilisées pour faire l'évaluation des critères de fréquence (F), gravité (G) et probabilité de non-détection (N).

La valeur de la criticité C est obtenue par le produit des 3 critères. →

$$C = F * N * G$$

L'évaluation concerne chaque association cause - défaillance – effet.

Cotation	Fréquence F	Gravité G	Probabilité de non-détection N
1	<b>Très faible</b> (Moins d'une défaillance par an)	<b>Mineure</b> (Arrêt de production inférieur à 2 minutes).	<b>Délectable à coup sûr</b>
2	<b>Faible</b> (Moins d'une défaillance par trimestre)	<b>Significative</b> (Arrêt de production de 2 à 20 minutes, au report possible d'intervention).	<b>Détection possible</b>
3	<b>Moyenne</b> (Moins d'une défaillance par semaine)	<b>Moyenne</b> (Arrêt de production de 20 à 60 minutes).	<b>Détection improbable</b>
4	<b>Forte</b> (Plusieurs défaillance par semaine)	<b>Majeure</b> (Arrêt de production de 1 à 2 heures).	<b>Indélectable</b>
5		<b>Catastrophique</b> (Arrêt de production supérieur à 2 heures).	

**Tableau 15: Evaluation des critères de fréquence, gravité et probabilité de non-détection.**

En se basant sur AMDEC, on analyse les différents problèmes qui peuvent surgir à cause de plusieurs modes de défaillances. Après l'évaluation de tous les problèmes possibles selon leur criticité, on a trouvé des **défaillances critiques** comme les présente le tableau ci-dessous.

Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de défaillance
Bloc moteur réducteur	Produire le mouvement de rotation	-Pas de rotation -Rotation inversée	-Pas d'alimentation -Absence de commande -Moteur HS. -Erreur de câblage.	-Blocage du support. -Rotation dans la direction non désirée. -Dégradation du système de mise sous tension.
Poignée et roues	Guider le support en translation	-Déraillement du support -Arrêt instable	-Usure des roues. -Poignée mal positionnée sur le support. -Problème de freinage.	-Translation n'est pas sous contrôle. -Probabilité de collision avec un autre corps.
Armoire de commande & appareil de contrôle.	Permettre la commande manuelle avec les boutons poussoirs.	Perturbation des composants électriques.	Présence de la poussière.	Perturbation du fonctionnement.

**Tableau 16: Analyse des modes de défaillance de leurs effets et de leur criticité.**

Pour éviter ce genre de problèmes, il y a des fonctionnalités à vérifier et des tâches d'entretien à effectuer comme on va voir dans les tableaux suivants.

### 2.3 Entretien programmé :

Les activités suivantes sont recommandées pour assurer le bon fonctionnement des supports.

Description	Fréquence
Vérifier le fonctionnement du frein et la capacité de rotation.	Trimestriel
Vérifier la fonctionnalité des engrenages et des roulements	Trimestriel
Vérifier l'arrêt d'urgence	Trimestriel
Vérifier le groupe motoréducteur	Trimestriel

**Tableau 17: Fonctionnalités à vérifier**

Les fréquences indiquées ci-dessus sont des recommandations générales et peuvent varier en fonction de la fréquence d'utilisation du support.

Intervention	Périodicité
Nettoyage générale	Une fois par semaine
Contrôle structurel	Mensuel
Contrôle de soudure	Tous les six mois
Graissage des parties coulissantes	Avant chaque utilisation
Vérification de support (Test de charge)	Annuel

**Tableau 18: Entretien à effectuer**

### Conclusion :

Ce dernier chapitre était là pour vérifier la conformité de la conception des supports en étudiant la fiabilité et la résistance du matériau choisi avec les résultats de simulation numérique effectués sur ANSYS y compris la déformation, la contrainte (von mises) et la fatigue sans oublier d'améliorer et optimiser ces derniers. En outre, ce chapitre a montré aussi l'analyse des modes de défaillance (AMDEC), les précautions de sécurité et les actions de la maintenance préventive pour les supports mobiles d'intégration.

## CONCLUSION GENERALE :

Mon projet effectué au sein de l'entreprise ALSTOM Fès avait pour objectif d'étudier et concevoir des supports mobiles d'intégration pour les armoires électriques, en appliquant la démarche PDCA dans le processus du projet afin de structurer les missions de ce dernier ainsi que d'arriver au résultat souhaité à la fin.

En premier lieu, j'ai exécuté un diagnostic interne de l'état actuel de l'entreprise et son processus de production. Ensuite, pour développer la problématique et atteindre les objectifs de ce projet, j'ai utilisé pas mal d'outils qui m'ont permis de détecter les causes racines du problème et de mettre en évidence les actions d'amélioration comme : QQQQCP, FAST, ISHIKAWA, pieuvre...

Après, j'ai réalisé la conception de trois supports mobiles sur Catia V5 en tenant compte des emplacements des dispositifs mécaniques et électriques sur les supports sans oublier les zones où on va fixer l'armoire électrique avec le support et tout cela selon les dimensions et la forme de chaque armoire.

Ensuite, j'ai analysé statiquement la conception des supports sur ANSYS pour vérifier et optimiser les résultats liés aux déformations et aux contraintes de von mises ainsi que la fatigue d'une part, et d'assurer une bonne fiabilité et résistance du matériau choisi. En outre, on n'a pas oublié de montrer les précautions de sécurité et les entretiens à effectuer pour les supports mobiles d'intégration.

Finalement, une fois que j'ai validé la conception finale des supports mobiles à travers une analyse statique qui a déjà été fait, on a commencé à fabriquer ces supports en réalité selon leur dimensionnement. Effectivement, après quelques semaines des travaux on a pu réaliser les trois supports avec des nouveaux ajouts (un petit coffre pour les boulons et une zone en verre utilisée pour les documents) ainsi que des tôles de fixation comme il faut. Le bloc moteur-réducteur a été installé correctement et on a testé son fonctionnement avec succès puisque la rotation des supports a été bien manipulé avec une vitesse de sortie de 2.3 tr/min qui reste une vitesse prudente et une mesure de sécurité à adopter pour la rotation des grandes machines.

## *Liste des figures :*

Figure 1: Empreinte global d'Alstom dans le monde entier. ....	5
Figure 2 : Filiales d'Alstom .....	6
Figure 3: Certifications d'Alstom Maroc.....	7
Figure 4: Certificats of Alstom Fès .....	7
Figure 5: Présence du groupe d'Alstom au Maroc .....	8
Figure 6: Nouveau site d'Alstom Fès.....	10
Figure 7: Organigramme Alstom-FES .....	11
Figure 8: Evolution Effectif Alstom FES.....	11
Figure 9: Organigramme de département production .....	13
Figure 10: Faisceau électrique.....	15
Figure 11: Armoire électrique .....	15
Figure 12: Processus de fabrication .....	16
Figure 13: Dossier de fabrication, étiquettes et manchons.....	17
Figure 14: Table de coupe câbles et la machine KOMAX KAPP .....	17
Figure 15: Préparation des paquets .....	18
Figure 16: Lay-out "gabarit" de planche .....	18
Figure 17: Presse-étoupes .....	19
Figure 18: Bague de couleur.....	19
Figure 19: Opération de sertissage des câbles.....	19
Figure 20: Opération de dégainage des câbles .....	19
Figure 21: Chauffage des gaines et manchons.....	20
Figure 22: Drapeaux .....	20
Figure 23: Intégration des armoires.....	21
Figure 24: Zone Test électrique.....	21
Figure 25: Emballage et expédition.....	22
Figure 26: Calendrier de déroulement du projet. ....	27
Figure 27: Diagramme bête à corne du projet.....	34
Figure 28: Diagramme pieuvre.....	34
Figure 29: Diagramme FAST .....	36
Figure 30: Diagramme SADT.....	37
Figure 31: Diagramme d'ISHIKAWA de notre projet.....	38
Figure 32: Armoire électrique EL5-1 .....	42
Figure 33: Armoire électrique EL5-2 .....	43
Figure 34: Armoire électrique EL5-3 .....	44
Figure 35: Support d'intégration EL3 .....	46
Figure 36: Partie de réducteur et système de freinage .....	46
Figure 37: Dessin technique de réducteur .....	47
Figure 38: Vue éclatée de réducteur .....	47
Figure 39: Forme 3D de la structure de base .....	49

Figure 40: Forme 3D de cadre de support.....	50
Figure 41: Forme 3D de dispositif de levage.....	50
Figure 42: Réducteur(A), Moteur(B), Armoire de commande (C), Appareil de contrôle (D), Roulette(E) .....	51
Figure 43: Support mobile d'intégration EL5-1 .....	52
Figure 44: Tôle(a), Rondelle plate(b) et Vis(c).....	52
Figure 45: Intégration de l'armoire EL5-1.....	53
Figure 46: Structure de base de EL5-2 et EL5-3.....	54
Figure 47: Cadre de support (EL5-2 et EL5-3).....	55
Figure 48: Dispositifs de levage de EL5-2 ET EL5-3.....	56
Figure 49: Support d'intégration EL5-2 .....	57
Figure 50: Support d'intégration EL5-3 .....	57
Figure 51: Réalisation des supports en réalité.....	58
Figure 52: Caractéristiques de l'acier standard.....	61
Figure 53: Maillage de support .....	62
Figure 54: Chargement (EL5-1).....	62
Figure 55: Déplacement total (EL5-1) .....	63
Figure 56: Déformation élastique équivalente (EL5-1) .....	63
Figure 57: Contrainte équivalente de Von Mises (EL5-1).....	64
Figure 58: Contrainte de Von Mises (Echelle réelle).....	64
Figure 59: Durée de vie de support EL5-1 .....	65
Figure 60: Application de charges (EL5-2).....	66
Figure 61: Déplacement total (EL5-2) .....	66
Figure 62: Déformation élastique équivalente (EL5-2) .....	67
Figure 63 : Contrainte équivalente Von Mises (EL5-2).....	67
Figure 64: Durée de vie du support EL5-2.....	68
Figure 65: Application de charges (EL5-3).....	69
Figure 66: Déplacement total (EL5-3) .....	69
Figure 67: Déformation élastique équivalente (EL5-3) .....	70
Figure 68: Contrainte équivalente de Von Mises (EL5-3).....	70
Figure 69 : Durée de vie de EL5-3 .....	71

## ***Liste des tableaux :***

Tableau 1 : Historique d'Alstom.....	4
Tableau 2: Historique de CABLIANCE Maroc .....	9
Tableau 3: Fiche signalétique d'Alstom Fès.....	10
Tableau 4: Equipe de projet .....	25
Tableau 5: Charte du projet.....	26
Tableau 6: Classification des démarches de résolution de problèmes (Pillet, M. et al., 2013)	28
Tableau 7: Evaluation de l'idée sélectionnée.....	32
Tableau 8: Outil QQQQCP .....	33
Tableau 9: Fonctions principales et secondaires de projet. ....	35
Tableau 10: Caractéristiques de l'armoire EL5-1 .....	43
Tableau 11: Caractéristiques de l'armoire EL5-2 .....	44
Tableau 12: Caractéristiques de l'armoire EL5-3 .....	45
Tableau 13: Propriétés de maillage .....	61
Tableau 14: Définition des critères de défaillance. ....	73
Tableau 15: Evaluation des critères de fréquence, gravité et probabilité de non-détection. ....	74
Tableau 16: Analyse des modes de défaillance de leurs effets et de leur criticité. ....	74
Tableau 17: Fonctionnalités à vérifier.....	75
Tableau 18: Entretien à effectuer .....	75



## Bibliographie & Webographie :

ALSTOM Fès- « Support de formation à propos du processus de l'entreprise »

ALSTOM Fès- « présentation du projet LNVG »

Pillet, M., Maire, J.L., Pralus, M., Boissière, J., 2013. Structuration des démarches de progrès. Presented at the 10ème Congrès International de Génie Industriel, La Rochelle (France).

J.-L. Fanchon, Coefficient de sécurité,

ALSTOM Fès- « manuel de maintenance »

<https://www.alstom.com/fr/groupe/un-nouveau-leader-mondial-de-la-mobilite-intelligente-et-durable>.

<https://www.lefigaro.fr/societes/2010/12/10/04015-20101210ARTFIG00690-alstom-decroche-le-tgv-au-maroc.php>

[La roue de Deming : la démarche d'amélioration continue | Envol \(envol-entreprise.fr\)](#)

<http://www.assufrance.com/coefficient-de-securite.php>

## Annexes :

### Annexe 1 : Réducteur

Réducteur roue et vis sans fin 063, i :400, 3.5 tr/min, IEC80 B14 Ø120, 0.75 KW 4P

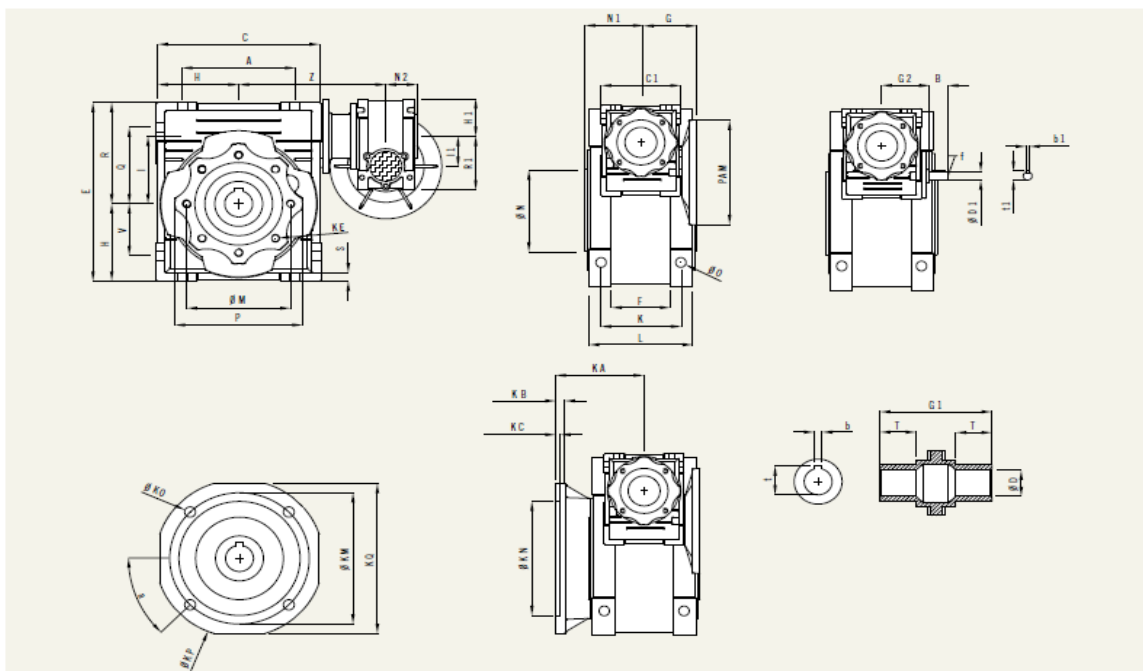
#### *Caractéristiques techniques :*

Type de réducteur	MSF 063/130
Rapport de réduction (i)	600
Vitesse de sortie réducteur n2 (tr/min)	2.3 tr/min
Couple de sortie réducteur (Nm)	1631 Nm
Puissance moteur préconisée (kw)	0.75 KW / 0.75 CV
Vitesse moteur n1 (tr/min)	1400 tr/min, 4 pôles
Ø arbre d'entrée réducteur (mm)	19 mm
Ø arbre creux sortie réducteur (mm)	25 mm
Facteur de service (f.s)	1
Bride IEC	B14
Ø bride IEC (mm)	120mm
Poids	28,7 Kg



#### *Dimensions :*

##### MSF/MSF



Tamaño Size	A	B	C	C1	D (H8)	D1 (j6)	E	F	G	G1	G2	H	H1	I	I1	L	M	N (h8)	N1	N2	O	P	Q	R
030 / 040	70	20	100	80	18	9	121.5	43	55	78	51	50	40	40	30	71	75	60	36.5	29	6.5	87	55	71.5
030 / 050	80	20	120	80	25	9	144	49	55	92	51	60	40	50	30	85	85	70	43.5	29	8.5	100	64	84
030 / 063	100	20	144	80	25	9	174	67	55	112	51	72	40	63	30	103	95	80	53	29	8.5	110	80	102
040 / 075	120	23	172	100	28	11	205	72	70	120	60	86	50	75	40	112	115	95	57	36.5	11	140	93	119
040 / 090	140	23	208	100	35	11	238	74	70	140	60	103	50	90	40	130	130	110	67	36.5	13	160	102	135
050 / 110	170	30	252.5	120	42	14	295	-	80	155	74	127.5	60	110	50	144	165	130	74	43.5	14	200	125	167.5
063 / 130	200	40	292.5	144	45	19	335	-	95	170	90	147.5	72	130	63	155	215	180	81	53	16	250	140	187.5

Tamaño Size	R1	S	T	V	Z	K	KA	KB	KC	KE	a	KM	KN (H8)	KO	KP	KQ	b	b1	f	t	t1	kg
030 / 040	57	6.5	26	35	120	60	67	7	4	M6 x 8 (4)	45°	87	60	9	110	95	6	3	-	20.8	10.2	3.9
030 / 050	57	7	30	40	130	70	90	9	5	M8 x 10 (4)	45°	90	70	11	125	110	8	3	-	28.3	10.2	5.0
030 / 063	57	8	36	50	145	85	82	10	6	M8 x 14 (8)	45°	150	115	11	180	142	8	3	-	28.3	10.2	7.8
040 / 075	71.5	10	40	60	165	90	111	13	6	M8 x 14 (8)	45°	165	130	14	200	170	8	4	-	31.3	12.5	12.0
040 / 090	71.5	11	45	70	182	100	111	13	6	M10 x 18 (8)	45°	175	152	14	210	200	10	4	-	38.3	12.5	16.0
050 / 110	84	14	50	85	225	115	131	15	6	M10 x 18 (8)	45°	230	170	14	280	260	12	5	M6	45.3	16.0	39.2
063 / 130	102	15	60	100	245	120	140	15	6	M12 x 21 (8)	45°	255	180	16	320	290	14	6	M6	48.8	21.5	55.0

[Réducteur roue et vis MSF 063, i:400, 2.3 tr/min, B14 Ø120, 0.75 KW 4P \(em-distribution.fr\)](#)

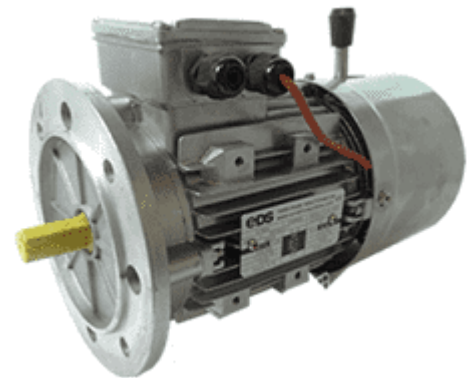
## **Annexe 2 : Moteur électrique**

Moteur triphasé avec frein B5, 0.75 KW, 1400 tr/min, HA 80, 230/400V

### ***Description :***

Moteur électrique triphasé avec frein et déblocage manuel en aluminium. Conçu pour tout type d'application, et mécaniquement robuste.

Idéal pour la sécurité, le frein à manque de tension est un standard en termes de solution pour la protection des personnes.

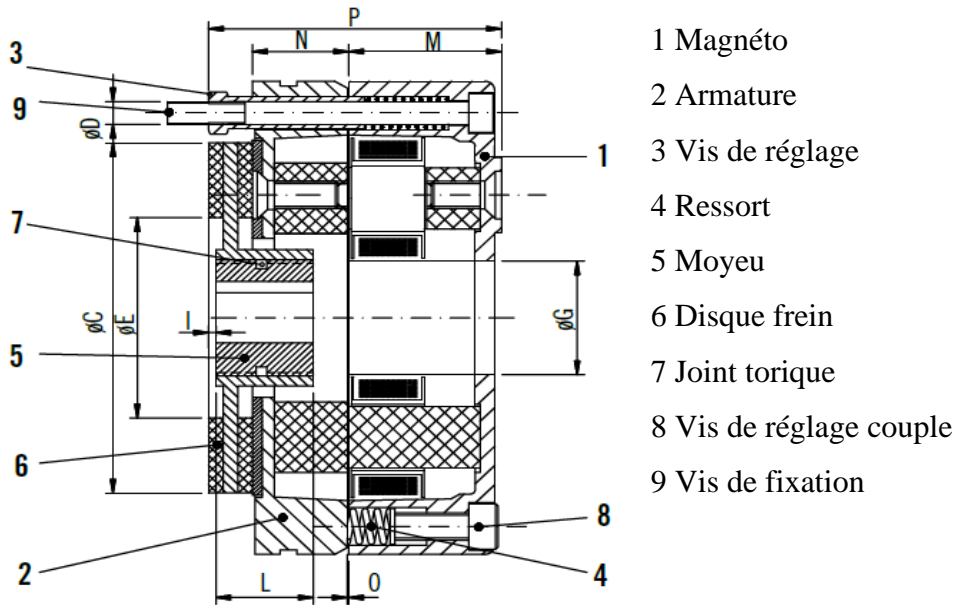


Puissance	0.75 KW / 1 CV
Vitesse	1400 tr/min, 4 pôles
Tension d'alimentation	230/400V
Fréquence	50 Hz
Hauteur d'axe	80 mm
Diamètre d'arbre	Ø19x40mm
Finition	Aluminium
Forme de construction	B5
Fixation	En bout du moteur avec 4 trous lisses
Isolation	Classe F
Indice de protection	IP55
Poids	11.4 kg
Type de frein	C.C (Courant Continu)
Couple Frein	16 Nm

Moteur kw	N2 rpm	I	M2 Nm	fs	Type
0,75KW 4P N1=1400	4.7	300	871	1.3	MSF050/110
	3.5	400	1126	0.9	
	2.8	500	1358	1.1	MSF063/130
	2.3	600	1631	1	
	1.9	750	2005	0.9	
1.6	900	2283	0.8		

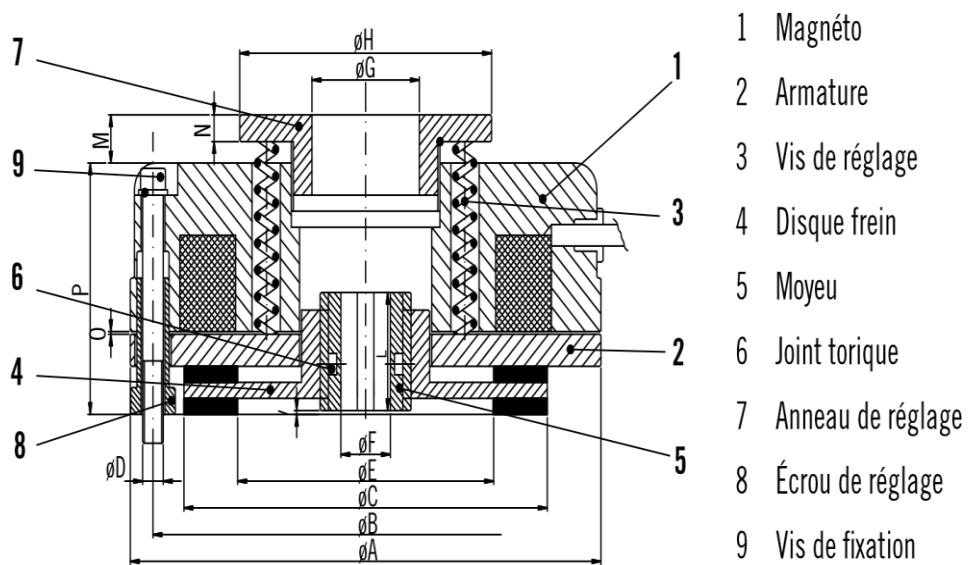
## Série MSEFA

Système de freinage CA  
(Connexion triphasé 230/400 ! V 50 ! Hz)



## Série MSEFC

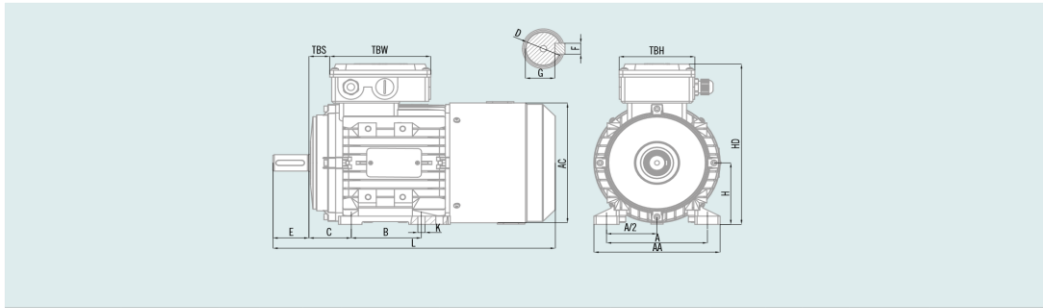
Système de freinage CC  
(Connexion avec pont redresseur : entrée 230 V CA monophasé sortie 110 V CC)



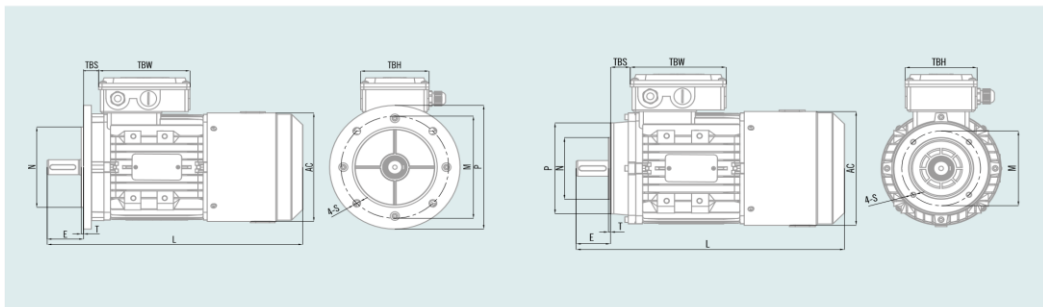
## Frein CC / Frein CA

Moteurs aluminium série IE1-MSEF.  
Moteurs asynchrones  
AVEC FREIN ÉLECTROMAGNÉTIQUE

Formes de construction  
B3 - B5- B5R - B14 - B14G.



IM B3 / IM 1001													BOUT D'ARBRE Tolérance j6							
HA	A	AA	AC	B	C	H	HD	K	KK	L	TBS	TBW	TBH	D	E	F	G	SS	XX	ZZ
63	100	120	130	80	40	63	178	7x10	1-M16x1,5	275	19	120	94	11	23	4	8,5	M4	10	14
71	112	132	147	90	45	71	190	7x10	1-M20x1,5	320	25	120	94	14	30	5	11,0	M5	12	17
80	125	160	163	100	50	80	220	10x13	1-M20x1,5	355	26	140	105	19	40	6	15,5	M6	16	21
90S	140	175	183	100	56	90	235	10x13	1-M20x1,5	365	30	140	105	24	50	8	20,0	M8	19	25
90L1	140	175	183	125	56	90	235	10x13	1-M20x1,5	395	30	140	105	24	50	8	20,0	M8	19	25
90L2	140	175	183	125	56	90	235	10x13	1-M20x1,5	395	30	140	105	24	50	8	20,0	M8	19	25
100*	160	198	205	140	63	100	258	12x15	2-M20x1,5	462	28	140	105	28	60	8	24,0	M10	22	30
112	190	220	229	140	70	112	286	12x15	2-M25x1,5	475	36	160	115	28	60	8	24,0	M10	22	30
132S	216	252	265	140	89	132	330	12x15	2-M25x1,5	535	43	160	115	38	80	10	33,0	M12	28	37
132M	216	252	265	178	89	132	330	12x15	2-M25x1,5	574	43	160	115	38	80	10	33,0	M12	28	37
132L	216	252	265	178	89	132	330	12x15	2-M25x1,5	574	43	160	115	38	80	10	33,0	M12	28	37
160M	254	290	325	210	108	160	388	15x19	2-M32x1,5	725	64	145	145	42	110	12	37,0	M16	36	45
160L	254	290	325	254	108	160	388	15x19	2-M32x1,5	725	64	145	145	42	110	12	37,0	M16	36	45



HA	IM B5 / IM 3001 4 trous à 45°					IM B5R 4 trous à 45°					IM B14 / IM 3601 4 trous à 45°					IM B14G / IM 3601 G 4 trous à 45°				
	M	N	P	S	T	M	N	P	S	T	M	N	P	S	T	M	N	P	S	T
63	115	95	140	10	3,0	NON DISPONIBLE					75	60	90	M5	2,5	100	80	120	M6	2,5
71	130	110	160	10	3,5	115	95	140	10	3,0	85	70	105	M6	2,5	115	95	140	M8	3,0
80	165	130	200	12	3,5	130	110	160	10	3,5	100	80	120	M6	3,0	130	110	160	M8	3,5
90	165	130	200	12	3,5	130	110	160	10	3,5	115	95	140	M8	3,0	130	110	160	M8	3,5
100	215	180	250	15	4,0	165	130	200	12	3,5	130	110	160	M8	3,5	165	130	200	M10	3,5
112	215	180	250	15	4,0	165	130	200	12	3,5	130	110	160	M8	3,5	165	130	200	M10	3,5
132	265	230	300	15	4,0	215	180	250	15	4,0	165	130	200	M10	4,0	215	180	250	M12	4,0
160	300	250	350	19	5,0	NON DISPONIBLE					215	180	250	M12	4,0	NON DISPONIBLE				



Les dimensions varient selon la série du moteur. Veuillez nous contacter pour plus de renseignements. Dimensions série MSE.

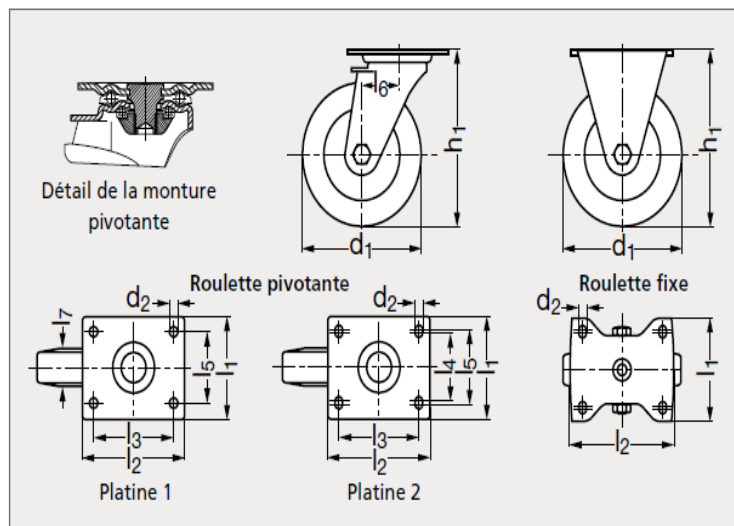
### Annexe 3 : Roulette pivotante

Composants, éléments normalisés - EMILE MAURIN COMPOSANTS (emile-maurin.fr)

Pieds et roulettes - Roues et roulettes - Roulettes forte charge

## Roulette forte charge pivotante ou fixe, à platine

38-55



#### MATIÈRE

- Roue à bandage polyuréthane Extrathane® brun, moulé (Modèle 38-54).
- Monture en tôle d'acier emboutie de forte épaisseur.
- Roulement à billes.
- Pour les montures pivotantes, fourche et platine renforcées, double chemin de billes renforcé par des coupelles.
- Frein avant assurant l'immobilisation du système de pivotement et de la roue (voir les caractéristiques techniques des freins sur notre site internet).

PIVOTANTE													FIXE		
Sans frein	Avec frein avant	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	h <sub>1</sub>	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	l <sub>3</sub>	l <sub>4</sub>	l <sub>5</sub>	l <sub>6</sub>	l <sub>7</sub>	Charge (kg)	Platine	Sans frein	
38-551-100	38-552-100	100	9	140	85	100	80		60	45	40	350	1	38-557-100	
38-551-125	38-552-125	125	9	165	85	100	80		60	45	40	450	1	38-557-125	
38-551-126	38-552-126	125	11	170	110	140	105	75	80	55	50	550	2	38-557-126	
38-551-150	38-552-150	150	11	197	110	140	105	75	80	65	50	700	2	38-557-150	
38-551-160	38-552-160	160	11	202	110	140	105	75	80	65	50	750	2	38-557-160	
38-551-175	38-552-175	175	11	220	110	140	105	75	80	67	50	800	2	38-557-175	
38-551-200	38-552-200	200	11	245	110	140	105	75	80	67	50	900	2	38-557-200	
38-551-250	38-552-250	250	11	295	110	140	105	75	80	82	60	900	2	38-557-250	

Exemple  
de commande

Référence

38-551-100

composants.emile-maurin.fr

**EMILE MAURIN**  
ELEMENTS STANDARD MECANIQUE

SÉRIE 38

1045

**Annexe 4 : Console de commande à deux mains**

**SIEMENS**



TWO-HAND OPERATION CONSOLE FOR CONTROL DEVICES, 22MM, ROUND, ENCLOSURE MATERIAL METAL, ENCLOSURE TOP PART GRAY, 3 COMMAND POINTS, STANDARD EQUIPMENT: 2 MUSHROOM PUSHBUTTONS BLACK, 40MM, 1NO+1NC, SCREW CONN., 1 EMERGENCY STOP RED, 40MM, 2NC, SCREW CONNECTION, METAL ACTUATOR!!! Phased-out product!!! SIRIUS ACT 3SU1 is successor Preferred successor type is >>3SU1853-3NB00-1AA1<<

Enclosure	
<b>Design of the housing</b>	Two-hand operation console
<b>Shape of the enclosure front</b>	rectangular
<b>Material of the enclosure</b>	metal
<b>Number of command points</b>	3
<b>Product component</b>	
- Protective collar	Yes
<b>Color</b>	
-of top part of the enclosure	grey
<b>Delivery state</b>	
- as a kit	No
- pre-wired on strip terminal	No
<b>Mounting type of the enclosure</b>	Horizontal

<b>Actuator</b>	
<b>Design of the operating mechanism</b>	Emergency stop mushroom pushbutton / Mushroom pushbutton
<b>Product feature</b>	
- lockout	No
<b>Product extension optional Light source</b>	No
<b>Color</b>	
- of the actuating element	A = black / B = red / C = black
<b>Material of the actuating element</b>	metal
<b>Type of unlocking device</b>	A = none / B = rotate to unlock / C = none

<b>Front ring</b>	
<b>Product component front ring</b>	Yes
<b>Material of the front ring</b>	metal
<b>Color of the front ring</b>	silver

<b>Holder</b>	
<b>Material of the holder</b>	Metal

<b>Contact block/ lampholder</b>	
<b>Number of lampholders</b>	0
<b>Number of switching elements</b>	6



General technical data	
<b>Product function</b>	
• positive opening	Yes
• EMERGENCY OFF function	Yes
• EMERGENCY STOP function	Yes
<b>Product component</b>	
• Light source	No
• Stand/pedestal	No
<b>Type of voltage</b>	
• of the operating voltage	AC/DC
<b>Protection class IP</b>	IP65
<b>Vibration resistance</b>	
• acc. to IEC 60068-2-6	20 ... 200 Hz: 5g
<b>Reference identifier acc. to DIN 40719 extended according to IEC 204-2 acc. to IEC 750</b>	S
<b>Operating voltage</b>	
• at AC	
— at 50 Hz rated value	400 V
— at 60 Hz rated value	5 ... 300 V
• at DC	
— rated value	5 ... 230 V

## Annexe 5 : Rondelle et vis approprié

[https://fixation.emile-maurin.fr/fr/maurin-fixation/fixation-industrie/grp\\_d\\_f1/for\\_d\\_f1/cla\\_d1\\_f1/](https://fixation.emile-maurin.fr/fr/maurin-fixation/fixation-industrie/grp_d_f1/for_d_f1/cla_d1_f1/)

**EMILE MAURIN** FIXATION

**D 70 Rondelles**

### RONDELLE PLATE LARGE GRADE A

Modèle 70271

ISO 7093  
ACIER 200HV ZN

**RÉFÉRENCES MEMENTO TECHNIQUE**  
- Tableau comparatif des rondelles selon normes NFE, DIN et ISO  
- Les rondelles d'appui et rondelles-frein

PLAIN WASHER LARGE TYPE ISO 7093 200HV ZINC PLATED

ARANDELA PLANA ANCHA ISO 7093 ACERO 200 HV ZINCADO BLANCO

ROSETTA PIATTA LARGA ISO 7093 200 HV ZINCATO BIANCO

VIS A TÊTE HEXAGONALE ENTIEREMENT FILETÉE Modèle 20210 Page A 08

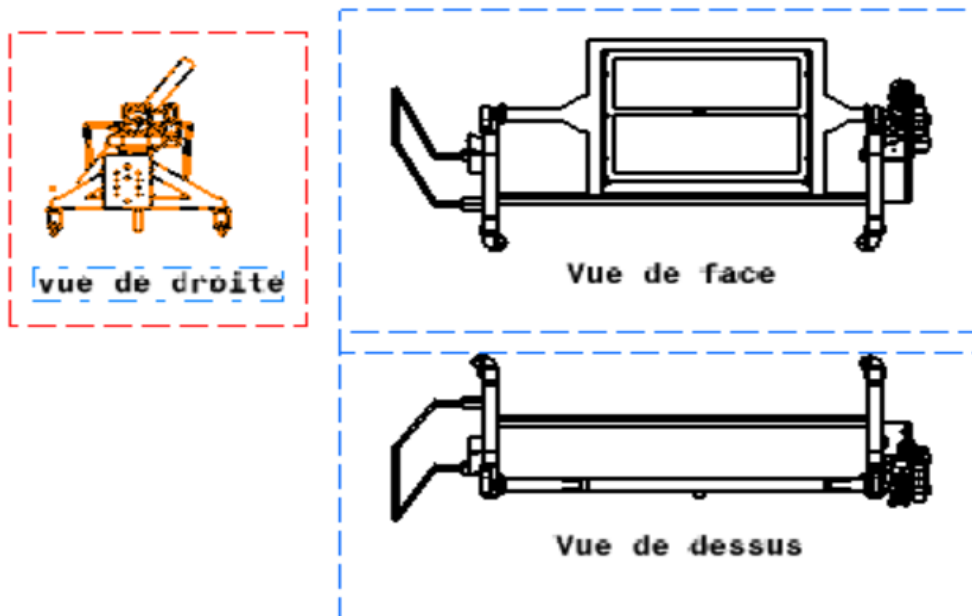
VIS A TÊTE HEXAGONALE PARTIELLEMENT FILETÉE Modèle 20010 Page A 18

ECROU HEXAGONAL HU ISO 4032 ACIER CLASSE B Modèle 22010 Page C 02

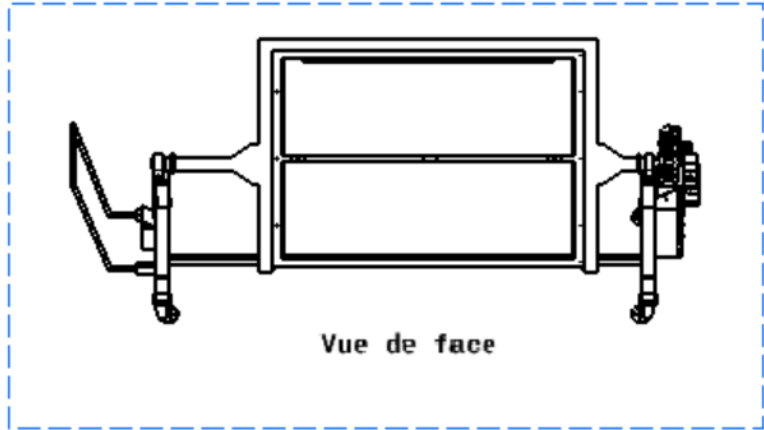
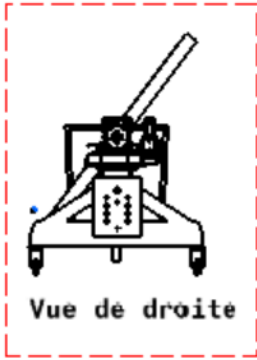
d nominal	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	24	36
d <sub>1</sub> (mm)	3,2	4,3	5,3	6,4	8,4	10,5	13	15	17	19	21	25	39
d <sub>2</sub> (mm)	9	12	15	18	24	30	37	44	50	56	60	72	110
s (mm)	0,8	1	1	1,6	2	2,5	3	3	3	4	4	5	8

Référence	d (mm)	Référence	d (mm)	Référence	d (mm)	Référence	d (mm)	Référence	d (mm)
702713	3	702716	6	7027112	12	7027118	18	7027136	36
702714	4	702718	8	7027114	14	7027120	20		
702715	5	7027110	10	7027116	16	7027124	24		

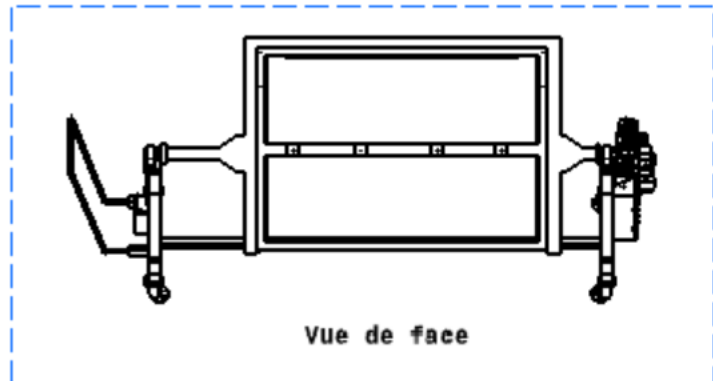
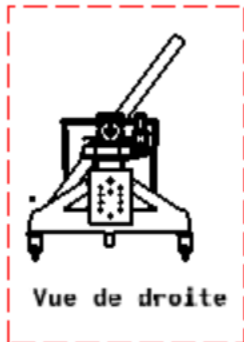
## Annexe 6 : Plans des dessins des supports EL5



EL5-1



EL5-2



EL5-3