

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES



Faculté de Technologie
Département Génie Mécanique

Mémoire de Master

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER** en :

Filière : Génie Mécanique.

Spécialité : Construction Mécanique.

THEME

ETUDE DE COMPORTEMENT D'UN SUPPORT BOITIER
DE DIRECTION ASSISTE D'UN CAMOIN M120

Présenté par :

BOUCHAREB BESSAM

SAIDOUN WALID

Promoteur : Mr.

B. HACHEMANE

Promotion 2020- 2021

REMERCEMENTS

Nous remercions D.F.E.U qui nous a donné la force et la patience pour terminer ce travail.

Nous exprimons nos sincères remerciement :

À nos parents pour leur contribution pour chaque travail que nous avons effectué.

À nos promoteur H.A.C.H.M.E.N et l'encadreur N.A.P.T.D.J.O.U.D.I pour leur aide.

À l'ensemble des enseignants du département de Génie Mécanique et spécialement ceux de la classe CONSTRUCTION MÉCANIQUE.

Sans oublier ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail et ceux qui ont fait l'honneur de juger ce mémoire.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

A ma très chère MAMAN

Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte.

A mon très cher PAPA

Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

A mes adorables frères

WISSAM, IBTISSAM, HOUSSAM, ABIR, YASMINE mes adorables frères pour leur soutien moral.

A mon ami

BEN Naceur yahya et Oussama Mezlioui pour son aide durant mes études.

A tous ceux que j'aime

A tous ceux qui m'aiment

Sans vous rien n'aurait été possible, merci pour votre soutien

Nous remercions ALLAH qui nous a aidés et donnés la patience et le courage durant ces longues années d'études.

BOUHAREB BESSAM

Dédicace :

Ce travail est spécialement dédié à :

*A la mémoire de mon père que Dieu accueille
dans son vaste paradis.*

*A la mémoire de ma chère maman qui a
consenti beaucoup de sacrifices, que Dieu lui
fasse miséricorde.*

*A mon frère et sa famé, ma sœur et Omar
bounaghab et toute ma famille.*

A tous mes amis proches et lointains.

*Je souhaite que ce travail serve d'exemple pour
tous les étudiants.*

WALID SAIDOUN

Résumé

La réalisation du projet de fin d'études au niveau de la société nationale **SNVI**, notamment dans le bureau d'études, l'entretien des véhicules et les services a été pour nous d'une grande importance, à la fois pratique et théorique, et cela nous a permis d'élargir notre activité, dans le domaine de la conception.

Les objectifs de l'étude pour déterminer les forces appliquées sur le support de boîtier de direction du véhicule **M120** qui provoquent un cisaillement, et ce véhicule est équipé d'un boîtier de direction hydraulique. En raison de l'impact sur le support, il est très probable que le cisaillement se produit.

Dans cette étude, nous utilisons un logiciel **SolidWorks** pour concevoir une nouvelle jambe de force moulé et un logiciel **CosmosWors** pour appliquer des simulations à l'étalement afin d'obtenir de bons résultats et obtenir une résistance élevée pour réduire la possibilité de cisaillement.

ملخص

كان تحقيق مشروع نهاية الدراسات على مستوى شركة الوطنية **SNVI** ، ولا سيما في مكتب التصميم، وصيانة المركبات والخدمات بالنسبة لنا ذات أهمية كبيرة، على المستويين العملي والنظري، وهذا ما سمح لنا بتوسيع نطاق أعمالنا، في مجال التصميم.

تهدف الدراسة إلى تحديد القوى المطبقة على دعم صندوق التوجيه للمركبة **M120** التي تسبب القص، وهذه المركبة مزودة بصندوق توجيه هيدروليكي، هذه الدعامة لها عيوب لأنها سهلة الكسر وذات مقاومة منخفضة، فهي تتكون من أنبوبين دائريين مع لوحين، جامع وصفيحتين متصلتين بواسطة أنبوبين. نظرا لوجود مؤثرة على الدعم فمن المحمل جدا حدوث قص.

في هذه الدراسة، نستخدم برنامج **SolidWorks** لتصميم دعامة مصبوبة جديدة وبرنامج **CosmosWors** للتطبيق المحاكاة على الدعم من أجل تحقيق نتائج جيدة والحصول على مقاومة عالية لتقليل احتمالية القص.

Abstract

The achievement of the end of studies project at the level of national **SNVI** company, particularly in the design office, vehicle maintenance and services for us are of great importance, on the theoretical and practical levels, and this has allowed us to expand our business scope, in the field of design.

The study aims to determine the forces applied to the support Steering Fund vehicle **M120** that cause shear, This vehicle is equipped with hydraulic steering box, This stent has drawbacks because it is easy to break and low resistance, it consists of two tubes Dairan with paintings, collector plates connected by two tubes. Due to the presence of influential support it is very loaded happening cut.

In this study, we use **SolidWorks** program to design a new cast and a program for the application of simulation **CosmosWorks** pillar of support in order to achieve good results and get high resistance to reduce the likelihood of shear.

Sommaire

Résumés.....	i
Sommaire.....	iii
Liste des figures.....	vii
Liste des tableaux	x
Introduction Générale.....	1
Chapiter I: Présentation de la société SNVI	
I.1. Introduction.....	2
I.2. La société nationale des véhicules industriels	2
I.2.1. Historique de la SNVI.....	2
I.2.2. Le groupe SNVI.....	3
I.2.3. Les services de la SNVI.....	9
I.2.4. Les produits de la SNVI.....	12
I.3. Conclusion	15
Chapiter II: Présentation de la société SNVI	
II.1. Introduction.....	16
II.2. Les étapes de la conception en mécanique	17
II.2.1. Analyse des besoins.....	17
II.2.2. Élaboration du concept	17
II.2.3. Conception préliminaire	18

II.2.4. Conception détaillée	18
II.2.5. Synthèse.....	19
II.3. Eléments mécaniques de la direction	19
II.3.1. Volant	19
II.3.2. Colonne de direction.....	19
II.3.3. Support de fixation de la colonne de direction.....	19
II.3.4. Transmission.....	19
II.3.5. Boitier (boite) de direction	20
II.3.6. Support boitier de direction	20
II.3.7. Levier pendant	20
II.3.8. Bielle de direction	21
II.3.9. Levier de direction	21
II.3.10. Châssis	21
II.4. Les différents types de direction assistées.....	21
II.4.1. Direction assistée hydraulique.....	21
II.4.2. Direction assistée électrohydraulique	22
II.4.3. Direction assistée électrique	23
II.5. La conception en mécano-soudé	24
II.5.1. Le support de boitier en mécano-soudé.....	24
II.5.2. Problématique.....	26
II.6. Description de la nouvelle conception du support boitier	26
II.7. Dimensionnement du nouveau support boitier.....	28

II.8. Définition de SolidWorks	29
II.9 L'obtention de pièces brutes par moulage.....	30
II.10. Processus de moulage	31
II.11. Conception du moule.....	33
II.11.1 Empreinte.....	33
II.11.2 Choix d'un sens de moulage	33
II.12. Choix de matériau	34
II.12.1 La fonte graphite sphéroïdal.....	34
II.12.2 Les caractéristiques mécaniques de la fonte FGS-600.....	35
II.12.3. Les avantages et les inconvénients des pièces moulées en FGS-600	35
II.13. Comparaison entre une pièce mécano-soudée et une autre moulée	36
II.14. CONCLUSION	37

Chapiter III: Présentation de la société SNVI

III.1. Introduction	38
III.2. Méthode des éléments finis	38
III.2.1. Principe de la méthode des éléments finis	38
III.2.2.L'émaillage.....	40
III.3. Détermination du chargement sur le support boitier.....	42
III.3.1. La première force f_1	43
III.3.2. La seconde force f_2	44

III.4. Simulation du comportement du support boîtier	45
III.4.1. Présentation de logiciel CosmosWorks	45
III.4.2. Dessin de la pièce "Support boîtier"	46
III.4.3. Introduction des caractéristiques mécaniques du matériau EN-GJS-600-3.....	47
III.5. Maillage:.....	47
III.6. Conditions aux limites	49
III.7. Chargement	49
III.8. Analyse et interprétation des résultats de la simulation	51
III.8.1. Champ de contraintes de Von-Mises	51
III.8.2. Champ de déformation	52
III.8.3. Champ de déplacement	52
III.9. CONCLUSION	53

Chapiter IV: Présentation de la société SNVI

IV. 1. Introduction	54
IV. 2. Définition des tolérances en mécanique.....	54
IV.2.1. Les tolérances dimensionnelles	54
IV.2.2. Les tolérances géométriques	55
IV.2.3. Etat de surface (rugosité).....	55
IV.3. Critère de choix des tolérances	56
IV.3.1. Choix des tolérances dimensionnelles	56
IV.3.2. Choix des tolérances géométriques	59

IV.3.3. Choix des rugosités (état de surface)	60
IV.4. Conclusion.....	61
Conclusion générale	62
Références bibliographiques	63
Annexes	64

LISTES DES FIGURES

Chapitre I : Présentation de la société SNVI.

Figure I.1 : Organigramme de la Société national des vehicules industriels en 2021.

Figure I.2 : Véhicule avant et après rénovation.

Figure I.3 : Aménagements personnalisés pour les produits de la gamme SNVI.

Figure I.4 : Le camion C 260 (6x4).

Figure I.5 : le camion M 120 (4x4).

Figure I.6 : le camion TB 350 (6x4).

Figure I.7 : Autobus urbain 70 L6 de 70passagers.

Figure I.8 : Citernes (eau ou hydrocarbure).

Figure I.9 : Remorques plateaux .

Chapitre II :

Figure II.1 : Les étapes de la conception.

Figure II.2 : Schématisation du système de commandement de la direction assistée.

Figure II.3 : schéma de direction assistée hydraulique.

Figure II.4 : schéma Direction assistée électrohydraulique.

Figure II.5 : schéma de Direction assistée électrique.

Figure II.6 : support boitier de direction en mécano-soudé.

Figure II.7 : Fixation support boitier sur le châssis.

Figure II.8 : Assemblage boitier de direction sur support.

Figure II.9 : Dessin du support boitier.

Figure II.10 : Dessin du support boitier.

Figure II.11 : Image de SolidWorks.

Figure II.12 : Organigramme récapitulatif des techniques de moulage.

Chapitre III :

Figure III.1 : maillage d'un domaine en éléments finis.

Figure III.2 : (u_i, v_i, w_i) : sont les déplacements nodaux, $i=1\dots n$.

Figure III.3 : Types des éléments de maillage.

Figure III.4 : Géométrie monobloc

Figure III.5 : Géométrie Multi-bloc

Figure III.6 : Maillage non-structure

Figure III.7 : la pression appliquée dans le diamètre de l'arbre de la vis

Figure III.8 : la pression appliquée à la surface extérieure de la rondelle

Figure III.9 : Dessin du support boitier

Figure III.10 : Introduction des Propriétés mécaniques de la fonte EN-GJS-600-3.

Figure III.11 : Maillage volumique du support boitier.

Figure III.12 : Présentation des conditions d'appui support sur le châssis.

Figure III.13 : Représentation de la force repartie f_1 .

Figure III.14 : La force repartie f_2 appliquée sur la surface de contact support-rondelle.

Figure III.15 : Champ de contrainte équivalente de Von-Mises.

Figure III.16 : Champ de déformations équivalentes du support.

Figure III.17 : Champ de déplacement résultant dans le support boitier.

Chapitre IV :

Figure IV.1 : Exemple de tolérance dimensionnelle.

Figure IV.2 : Exemple d'une tolérance géométrique.

Figure IV.3 : Exemple d'une tolérance de rugosité.

Figure IV.4 : Dimensions tolérances de la partie avant du support.

Figure IV.5 : Dimensions tolérances de la partie avant du support (1).

Figure IV.6: Dimensions tolérances de la partie avant du support (2).

Figure IV.7 : Dimensions tolérances de la partie avant du support (3).

Figure IV.8 : Dimensions tolérances de la partie avant du support (4).

Figure IV.9 : Dimensions tolérances de la partie avant du support (5).

Figure IV.10 : Les conditions géométriques entre surfaces du support boitier.

Figure IV.11 : Les conditions état de surface (rugosité).

LISTE DE TABLEAU

Chapitre II :

Tableau II.1 : Tableau comparatif entre le mécano-soudage et le moulage.

Chapitre III :

Tableau III.2 : Principales caractéristiques mécaniques de la fonte FGS-600.

INTRODUCTION
GENERALE

Introduction générale

Depuis l'émergence de l'industrie, le développement et l'amélioration de la quantité et l'amélioration des prix de revient ont été les premières préoccupations du producteur.

Sur les portes des années 70's, notre pays possède une Société Nationale des Véhicules Industriels (SNVI) située à 30 km à l'est d'Alger. Sa mission est de produire et développer des véhicules industriels tels que: remorques, semi-publics, camions légers et lourds, remorques et semi-remorques...

Parmi les produits de SNVI se trouve le camion (M120), le véhicule de construction, composé d'un ensemble de pièces mécaniques, entre autres, le boîtier de direction ZF (ZF8095) avec assistance intégrée hydraulique Présenté par la société allemande ZF. Le maintien du dit boîtier de direction nécessite un support lui-même fixé sur le châssis du camion M120.

Etant donné que l'existant support est une pièce mécano-soudée présentant certains inconvénients en plus d'un prix de revient élevé, nous sommes intéressés à concevoir un support telle que sa fabrication se fera pour moulage et usinage des surfaces fonctionnelles.

La conception de ce support de boîtier de direction sera le thème de notre projet de fin d'étude. Par conséquent, notre travail est organisé comme suit :

- Une introduction générale ;
- Chapitre I : Présentation de la société SNVI ;
- Chapitre II : Conception de support ;
- Chapitre III : Vérification a la résistance du support ;
- Chapitre IV : Tolérancements;
- Une conclusion générale .

Chapitre I

Présentation de la société SNVI.

I.1. Introduction

Il est toujours utile de présenter la société et de connaître son historique pour mieux comprendre sa politique de gestion, ses choix stratégiques et économiques afin de mieux situer le contexte, l'environnement de notre recherche et ainsi comprendre la pertinence de notre projet.

Dans ce premier chapitre nous présentons en premier la société nationale des véhicules industriels (SNVI), la structure générale et les principales gammes de production.

I.2. La société nationale des véhicules industriels

I.2.1. Historique de la SNVI

a) Berliet-Algérie

En juin 1957 Berliet entreprend la construction d'une usine de poids lourd de type CKD. En octobre 1958, eu lieu la sortie du premier véhicule Berliet (entièrement monté en Algérie). Dès lors, la production de Berliet-Algérie a connu une progression régulière. En juin 1964 le gouvernement algérien par l'intermédiaire de la Caisse algérienne du Développement prend une participation de 40% dans la société (Berliet – Algérie).

b) SONACOME

La SONACOME est créée en 1967 par ordonnance N° 67-150. Elle a été chargée par le gouvernement algérien de promouvoir et de développer le secteur des industries mécaniques et d'exercer le monopole d'importation des produits mécaniques en Algérie.

Au titre de cette mission, elle a lancé au cours du premier quadriennal 1970 – 1973 un programme d'investissement pour l'édification de 07 complexes industriels.

La politique adoptée par la SONACOME pour la mise en place de cet appareil de production est fondée sur les options suivantes :

- Création de complexes industriels liés aux produits à fabriquer
- Promotion de l'industrie par l'utilisation et le développement de toutes les techniques de transformation des métaux (fonderie / forge /emboutissage/ usinage /etc.) formation intensive des hommes (outilleurs / régleurs / techniciens /agents de maitrise).

c) La SNVI

Le décret présidentiel 81/348 portant restructuration des entreprises donne naissance à la SNVI en décembre 1981.

- **De 1981 à 1994** : La SNVI (Société Nationale de Véhicules Industriels) devient une Entreprise Publique Sociale (EPS). La SNVI est née à l'issue de la restructuration de la SONACOME, et le décret de sa création (N°81-342 du 12/12/1981) lui consacra un statut d'entreprise socialiste à caractère économique régi par les principes directifs de la gestion socialiste des entreprises (G.S.E).
- **De 1995 à 2011** : En mai 1995, la société a changé son statut juridique pour devenir une entreprise publique économique régie par le droit commun. La SNVI est érigée en Société Par Action (SPA) et devient un groupe industriel.
- **De 2011 à janvier 2015** : Au mois d'Octobre 2011, la SNVI a changé de statut juridique pour devenir un groupe industriel composé d'une Société Mère et de quatre filiales.
- **Depuis février 2015 à ce jour** : par suite de la réorganisation du secteur public marchand, l'EPE Ferro Vial et toutes ses participations a été rattachée au groupe SNVI comme 5e filiale.

I.2.2. Le groupe SNVI

Il est constitué d'une société mère et de cinq filiales.

A. La société mère

La société mère est composée de :

- Direction centrale ;
- Direction centrale commerciale et son réseau ;
- Division Rénovation Véhicules Industriels (DRVI).

Les missions principales de la société Mère SNVI sont orientées essentiellement vers :

- L'exercice du contrôle des filiales et la gestion du portefeuille de participation dans les JV (joint-venture) suivantes :
- ✓ ZF Algérie : (SNVI 20%/ ZF Allemagne 80%) ;

- ✓ SAPPL-MB : Société Algérienne pour la Production de Poids Lourds de marque « Mercedes- Benz » située à Rouïba-Alger (SNVI 34% / EPIC EDIV (MDN) 17% / AABAR (Emirates Arabes Unis) 49% avec DAIMLER (partenaire technologique))
- ✓ SAFAV-MB : Société Algérienne pour la Fabrication de Véhicules de marque « Mercedes-Benz » sise à Tiaret (SNVI 17% / EPIC EDIV (MDN) 34% / AABAR (Emirates Arabes Unis) 49% avec DAIMLER (partenaire technologique)) ;
- ✓ RAP : Renault Algérie Production (SNVI 34% /FNI (Fonds National D'Investissement) 17% / Renault 49%) ;
- ✓ CITAL : Société d'assemblage et de maintenance de rames de tramways (FERROVIAL 41% / EMA (Entreprise de métro d'Alger) 10% / ALSTOM France 43% / ALSTOM Algérie 6%).
- L'élaboration et la mise en œuvre de la politique financière ;
- La définition de la politique de rémunération et du développement de la Ressource Humaine du Groupe ;
- Continuer également à assurer le business actuel en rapport avec :
 - La commercialisation des véhicules industriels neufs ;
 - La rénovation des véhicules industriels à Sidi-Moussa ;
 - Les activités du Transport, Dédouanement et Transit ;
 - La formation spécialisée avec son centre implanté sur site de Rouïba.

La SNVI dispose sur le site de Rouïba des structures suivantes :

- Un Centre de Formation et de Perfectionnement pour toutes les spécialités et filières nécessaires aux technologies et techniques appliquées ;
- Une Unité de Dédouanement, Transport et Transit.

B. Filiale Fonderie de Rouïba (FOR)

Située à 10 min de l'aéroport Houari Boumediene d'Alger et à 30 min du port, la filiale Fonderies de Rouïba a été mise en exploitation le 1er janvier 1983 ; sa principale mission est la fabrication de bruts de fonderie en fonte ainsi que des pièces en aluminium selon les nuances suivantes :

- Fonte grise sphéroïdale GS ;
- Fonte lamellaire GL ;

- Aluminium.

Capacité de production installée est de 9000 tonnes par an de fonte grise et de 300 tonnes par an d'aluminium. La fonderie de Rouïba produit des bruts principalement pour le secteur mécanique et pour d'autres secteurs tels l'hydraulique, les matériels agricoles et les travaux publics.

C. Filiale véhicules industriels Rouïba (VIR)

Créé en juillet 1970, le Complexe des Véhicules industriels de Rouïba, érigé en Filiale le 1er janvier 2011, faisant partie du groupe industriel SNVI est l'unique fabricant de véhicules industriel en Algérie, le complexe produit des camions de 6,6 à 26 tonnes de poids total en charge, des tracteurs routiers, des autocars et des autobus mettant en œuvre des technologies et des techniques d'élaboration telles que, l'estampage à chaud (forge), l'emboutissage, l'usinage, le taillage d'engrenage, la rectification et les traitements thermiques. Capacité de production installée : 4 500 véhicules/an.

La filiale des Véhicules industriels de Rouïba est composée de cinq centres de production :

- **Le centre forge** : produisant des bruts de forge ;
- **Le centre d'usinage mécanique** : produisant des ponts, des essieux, des systèmes de direction et d'autres pièces de liaison ;
- **Le centre de tôlerie et d'emboutissage** : produit des longerons, des cadres châssis de cabines et d'autres pièces de liaison ;
- **Le centre de montage camions** : possédant deux lignes d'assemblage ;
- **Le centre de montage d'autocars et d'autobus** : assemblage de cars et de bus et fabrication de pièces en polyester et sellerie. Ce centre dispose de deux unités :
 - L'unité polyester pour fabrication de pièces en composites (fibre de verre /polyester) ;
 - Une Unité Étude et Recherche (UER).

L'UER a pour mission de :

- Développer la gamme actuelle produite par le complexe véhicules industriels ;
- Améliorer la qualité et la fiabilité de ce produit ;
- Réduire les coûts de la participation ;

- Mener des actions pour diversifier leurs sources d’approvisionnement ;
- L’acquisition et la maîtrise de nouvelles technologies.

Les domaines d’activité de cette unité concernent :

- ✓ Les châssis ;
- ✓ La chaîne cinématique ;
- ✓ La cabine ;
- ✓ Les équipements ;
- ✓ Les carrosseries autobus et autocars.

Afin de concrétiser ces objectifs, l’UER mène les opérations suivantes :

- Calculs des systèmes.
- Étude de conception des nouveaux produits.
- Homologation et dérogations.
- Fabrication et essais de prototypes.
- Mise en place des nouveaux produits par traitement de nomenclature.
- Standardisation et normalisation.
- Élaboration et exécution du plan produit.

D. Filiale de Carrosseries Industrielles de Rouïba (CIR)

La Filiale Carrosseries Industrielles de Rouïba, fabrique des équipements industriels portés et tractés tels que les plateaux, bennes, citernes à eau, citernes hydrocarbures, semi-remorques ainsi que les équipements spéciaux d’assainissement, voirie et de lutte contre les incendies.

Ses principaux ateliers sont :

- Atelier de débitage ;
- Atelier de mécanique ;
- Atelier d’assemblage ;
- Atelier de montage ;
- Atelier de peinture.

E. Filiale de Carrosseries Industrielles de Tiaret (CIT)

La Filiale Carrosserie Industrielle de Tiaret, située dans la commune de Ain Bouchekif-Tiaret et à 3Km de l'aéroport de Tiaret, spécialisée dans la conception et la fabrication de carrosseries industrielles portés et tractés dans les gammes suivantes : Plateaux, Bennes, Citernes à eau, Citernes hydrocarbures, cocottes à ciment, Portes engins, Fourgons frigorifiques/standards et véhicules spéciaux.

La Filiale Carrosserie Industrielle de Tiaret est certifiée ISO 9001 versions 2008 depuis l'année 2007. Ses activités sont orientées vers la production de carrosseries industrielles, utilisant les techniques et procédés de chaudronnerie :

- Bennes entrepreneurs, carrières et céréalières ;
- Citernes hydrocarbures et a eau ;
- Cocottes à ciment ;
- Portes engins ;
- Fourgons frigorifiques et standards ;
- Remorques ;
- Véhicules spéciaux destinés à des applications spécifiques tels que :
 - ✓ Plateaux et porte-conteneurs ;
 - ✓ Clin mobile pour collecte de sang ;
 - ✓ Sous-station mobile pour transformation de l'énergie électrique ;
 - ✓ Fourgons ateliers ;
 - ✓ Porte-pipes ;
 - ✓ Porte palettes porte bouteille gaz.

La filiale maîtrise également le carrossage des véhicules moteurs (châssis cabines) dans les gammes suivantes :

- Plateaux standards porte palettes pour bouteilles à gaz ;
- Bennes entrepreneurs, carrières, céréalières et à ordures ménagères ;
- Citernes à eau et hydrocarbures ;
- Fourgons standards et frigorifiques.

Les installations industrielles de cette filiale sont réparties comme suit :

- Atelier débitage ;
- Atelier Soudage ;
- Atelier Usinage ;
- Atelier Peinture ;
- Atelier Contrôle et jaugeage ;
- Atelier Menuiserie ;
- Atelier Adaptation Prototypes.

Sa capacité annuelle est de 9 000 produits répartis comme suit :

- ✓ Plateaux 3 500 unités ;
- ✓ Bennes 4 150 unités ;
- ✓ Citernes 500 unités ;
- ✓ Portes Engins 200 unités ;
- ✓ Fourgons 650 unités.

F. Filiale de construction de matériels et Équipements Ferroviaires Annaba (FERROVIAL)

L'Entreprise Publique Economique de Constructions de Matériels et Équipements Ferroviaires «FERROVIAL » a été créée en 1983 à la suite de la restructuration de la Société mère SN-METAL. Elle a été transformée en S.P.A. (Société par actions) en 1989 au capital social de 2.254.100.000 DA.

Le Siège de FERROVIAL est situé sur l'axe routier Annaba - El-Hadjar à 10 kms du Complexe Sidérurgique. Il est distant de 05 Kms du port d'Annaba et il est desservi par une voie ferrée passant à proximité.

L'entreprise est constituée de deux entités opérationnelles installées sur le même site que le siège de la Direction Générale. L'entreprise a pour objectifs : les études, la recherche et le développement, la production et la commercialisation de :

- Matériels et équipements ferroviaires : wagnage de tous types, locomotives de manœuvre, appareils de voie, voiture voyageuse et métro ;
- Matériels de travaux publics : bétonnière, centrale à béton, brouette ;
- Container maritime ;
- Produits de diversification et de sous-traitance (mécanique, métallique) ;

- Produits forgés.

Les activités de cette filiale sont axées sur :

a) **Production et commercialisation**

- Camions de 6,6 à 26 tonnes de poids total en charge ;
- Autocars et autobus de 25 à 100 passagers ;
- Equipements de carrosserie, remorques, semi-remorques et porte-engins de 3 à 75 tonnes de poids total en charge.

b) **Technologies et techniques de mises en œuvre**

- Fonderie fonte et aluminium ;
- Estampage à chaud ;
- Emboutissage et formage ;
- Usinages de précision ;
- Production de pièces en polyester ;
- Travaux de chaudronnerie et de soudage ;
- Prestations d'appui :
 - Centre d'études et d'adaptation ;
 - Centre informatique ;
 - Centre de formation ;
 - Laboratoires de chimie, de métallurgie et Métrologie ;
 - Unité spécialisée en transit / dédouanement et transport.

I.2.3. Les services de la SNVI

La SNVI est chargée dans le cadre du plan national de développement économique et social, de la recherche, développement, production, exportation, distribution et la maintenance des véhicules industriels (assurer et promouvoir les activités d'après-vente assister les gros utilisateurs de ses produits).

- **Pièces de rechange et accessoires**

Les pièces d'origine et les accessoires sont disponibles pour chaque type de véhicule, sur le territoire national. Une disponibilité des pièces de rechange dans toutes les unités SNVI grâce à ses services de livraison.

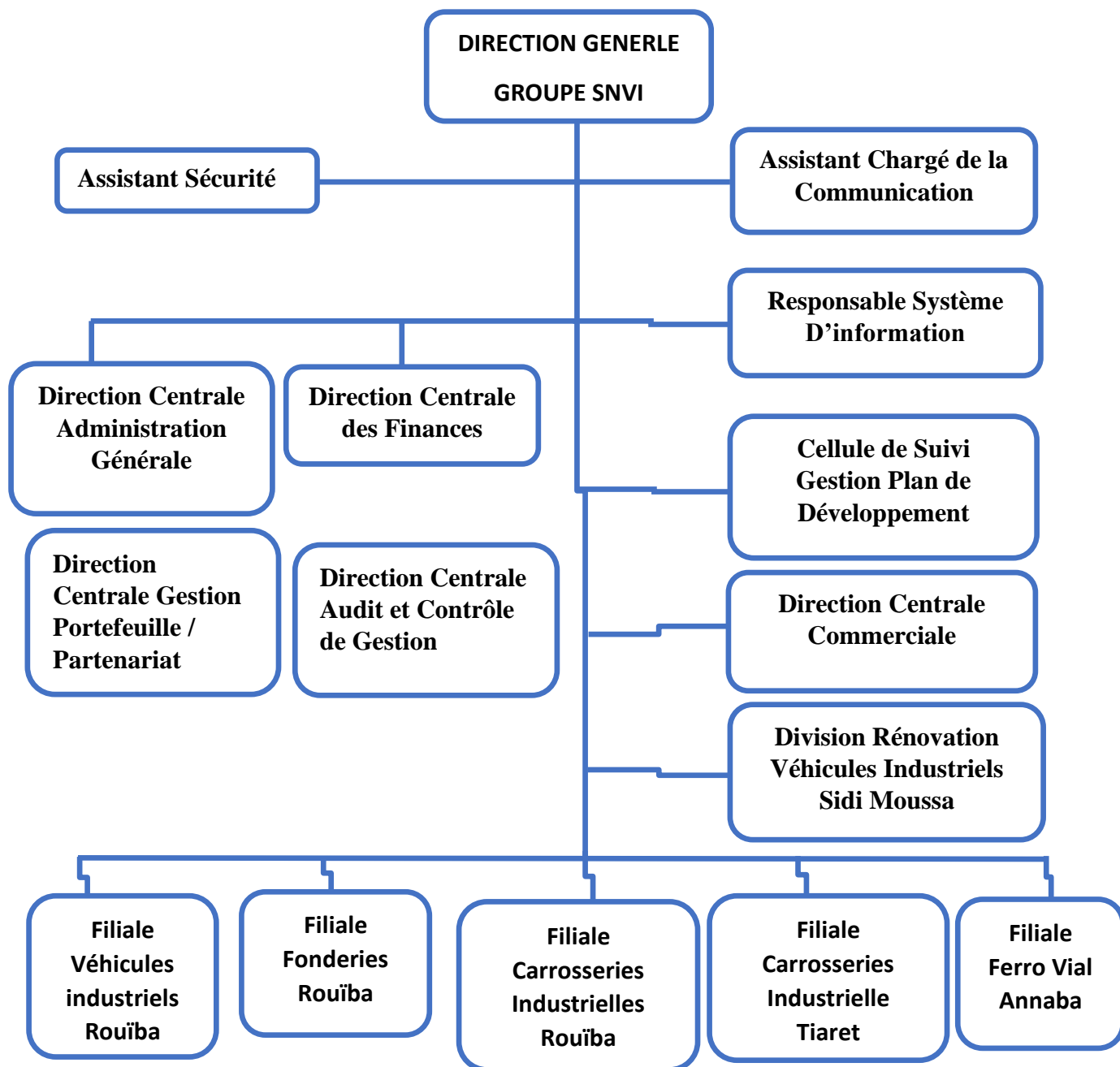


Figure I.1 : Organigramme de la Société nationale des véhicules industriels en 2021. [1]

➤ Service après-vente

En complément à son propre réseau de service après-vente, S.N.V.I a agréé plus de 60 agents assurant:

- La garantie et SAV des véhicules vendus ;
- La garantie des véhicules vendus.
- Maintenance de toute la gamme SNVI.
- Vente des pièces de rechange d'origine.
- Rénovation d'organes. La société SNVI offre à ses clients des prestations permettant la remise à niveau technique de ses produits, voire une régénération en leur redonnant une nouvelle vie. Cette prestation qu'est la rénovation permet de remettre les véhicules à des niveaux de fonctionnement et de performance qui n'ont rien à envier à ceux des produits neufs.



Figure I.2: *Véhicule avant et après rénovation.* [1]

➤ Service aménagements

Additivement aux services cités précédemment, SNVI dispose de bien d'autres capacités et maîtrises et propose à ses clients ainsi qu'à un vaste public, une panoplie de services, tels que les aménagements personnalisés, sur des produits de gamme SNVI et autres...



Figure I.3: *Aménagements personnalisés pour les produits de la gamme SNVI.* [1]

I.2.4. Les produits de la SNVI

La société nationale des véhicules industriels a réalisé un chiffre d'affaires de plus de 20 milliards de dinars en 2011, contre un chiffre d'affaires de 15,8 milliards de dinars en 2010.

Les gammes des produits de la SNVI se résument à :

a. Les camions porteurs

- K 66 (4x2) : 6,6 t de PTAC (poids total avec cabine) ;
- K 120 (4x2) : 12 t de PTAC ;
- C 260 (4x2) chantier 19 t de PTAC ;
- C 260 (6x4), chantier 26 t de PTAC ;
- B 260 (4x2) routier de 19 t de PTAC ;
- B 305 (6x4), de 30 t de PTAC.



Figure I.4: *Le camion C 260 (6x4) .[1]*

b. Les camions tous terrains

- M 120 (4x4) : 10 t de PTAC/route et 8 t
En tous terrains ;
- M 230 (6x6) : 19 t de PTAC/route et 16 t
En tous terrains.



Figure I.5 : *le camion M 120 (4x4). [1]*

c. Les tracteurs routiers

- TB 350 (4x2) de 38t ;
- TB 350 (6x4) de 70tonnes.



Figure I.6 : *le camion TB 350 (6x4) . [1]*

d. Les véhicules de transport de personnes

- Minicar 25 L4 de 25 places ;
- Minicar interurbain 38 L6 de 38 places ;
- Autobus urbain 70 L6 de 70 passagers ;
- Autobus urbain 100 V8 de 100 passagers ;
- Autocar interurbain SAFIR de 49 places.



Figure I.7 : *Autobus urbain 70 L6 de 70 passagers. [1]*

e. Les carrosseries industrielles

- **Portées :**
- Plateaux à ridelles ;

- Bennes transporteurs ;
- Entrepreneurs et d'encrochement ;
- Cellules isothermes ;
- Citernes (eau ou hydrocarbure).



Figure I.8 : *Citernes (eau ou hydrocarbure) . [1]*

▪ **Tractées**

- Remorques plateaux et citernes ;
- Semi-remorques (plateaux, bennes, citernes, fourgons, porte-conteneurs, cocotte ciment, ... etc.) ;
- Porte-engins de 32 à 75 t de PTAC.



Figure I.9 : *Remorques plateaux . [1]*

I.3. Conclusion

SNVI reste l'une des entreprises nationales les plus importantes de l'industrie automobile en Algérie, nous avons fait connaissance avec ses principaux départements et différentes activités industrielles.

Ensuite nous avons présenté plusieurs exemples des différents camions que l'entreprise fabrique, parmi lesquels le camion M120.

Le camion M120 fait partie des véhicules dotés d'un système de direction assistée. Ce système de direction assistée sera présenté dans le suivant chapitre.

Chapitre II

Conception du support boite de
direction.

II.1. Introduction

La conception est la phase créative d'un projet d'ingénierie. Le but premier de la conception est de permettre de créer un système ou un processus répondant à un besoin en tenant compte des contraintes. Le système doit être suffisamment défini pour pouvoir être installé, fabriqué, construit et être fonctionnel, et pour répondre aux besoins du client. [2]

La conception peut être divisée en cinq étapes séquentielles (figure II.1). En premier lieu, l'analyse des besoins permet d'établir la ou les problématiques et les contraintes. Puis, l'ingénieur est en mesure d'imaginer un premier concept lui permettant de proposer une conception préliminaire, basée sur des calculs plus sophistiqués tenant compte d'un éventail plus large de paramètres.

Par la suite, l'ingénieur augmente la précision des détails pour produire la conception détaillée qui mène à la finalité de son travail, notamment la fabrication, la construction, la réalisation ou l'opération. La finalité de la conception est généralement illustrée par un plan dont certains éléments sont détaillés et spécifiés dans un devis.

L'ingénieur doit aussi documenter de façon exhaustive chacune des étapes de conception afin d'en permettre l'entière compréhension par un tiers, à des fins de révision ou de modifications ultérieures, par exemple. Tout élément (données brutes, calculs, notes, comptes rendus de réunion, fichiers informatiques, etc.) doit être inscrit dans un dossier structuré, de façon à en faciliter la consultation [3].

Selon la complexité de l'ouvrage, plusieurs plans, dessins et devis peuvent s'avérer nécessaires. Ils peuvent être divisés par éléments physiques, par domaines, par étapes du processus de conception ou même, dans le cas d'un processus, par séquences temporelles. D'autres documents d'ingénierie peuvent être produits, par exemple des schémas d'écoulement, des diagrammes logiques de contrôle, etc.

Chaque étape de conception est décrite de façon générale pour couvrir les différentes activités reliées à l'ingénierie. La conception ne se limite pas aux ouvrages d'infrastructures majeurs, mais touche aussi tous les domaines de l'ingénierie : cartes électroniques, procédés pharmaceutiques, génie logiciel, équipements électromécaniques en industrie lourde, etc.

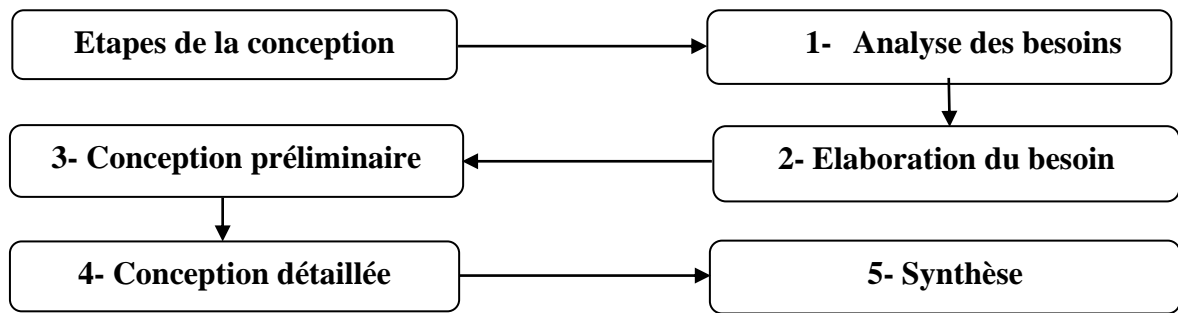


Figure II.1 : Les étapes de la conception.

II.2. Les étapes de la conception en mécanique

II.2.1. Analyse des besoins

La première étape de la conception consiste à analyser la situation pour tenir compte des contraintes, des risques et de tout autre élément pertinent et assurer un ouvrage ou un processus répondant aux besoins du client. À cette étape, l'ingénieur doit accomplir les principales actions suivantes [4] :

- Connaître le contexte ;
- Déterminer les besoins et les contraintes ;
- Déterminer les paramètres de conception ;
- Préparer le cahier des charges.

II.2.2. Élaboration du concept

L'ingénieur doit élaborer plusieurs concepts pour parvenir à une solution optimale répondant aux besoins du client. Parmi les tâches accomplies par l'ingénieur, cette étape est sans doute celle qui sollicite le plus sa créativité.

Les séances de remue-méninges (*brainstorming*) favorisent le processus en mettant en commun la créativité de plusieurs personnes. Il est parfois indiqué d'inviter à ces séances des personnes ayant peu de connaissances dans le domaine d'activité couvert par le mandat afin d'amener une nouvelle vision ou une approche différente. Par sa connaissance approfondie du domaine, le client apporte souvent une contribution importante.

Les objectifs des mandats de conception qu'ont à atteindre les ingénieurs sont si nombreux et de nature si différente qu'il est impossible de décrire ici les façons d'y parvenir. Les efforts fournis par l'ingénieur à cette étape conduisent à la solution optimale avant même de

commencer les calculs ou autres tâches plus complexes demandant temps et énergie. Le client se trouve ainsi à être mieux servi, à moindre coût [5]. A Cette étape, l'ingénieur doit exécuter les principales actions suivantes :

- La revue technologique et des règles de l'art;
- L'élaboration des concepts;
- L'établissement des démarches préparatoires.

II.2.3. Conception préliminaire

Une fois le concept défini et choisi, l'ingénieur procède à l'étape de la conception préliminaire, aussi appelée ingénierie préliminaire, au cours de laquelle les paramètres de conception sont optimisés en fonction des objectifs et des besoins du client. Dans des cas complexes, l'ingénierie préliminaire est divisée en étapes à précision progressive.

Il est impératif de documenter non seulement les calculs et les résultats eux-mêmes, mais aussi d'explicitier le cheminement logique de la conception. À cette étape, l'ingénieur doit prendre soin d'exécuter les principales actions suivantes [6] :

- La base de la conception;
- Les calculs;
- Les plans;
- La coordination interdisciplinaire;
- La revue de conception;
- Le rapport d'ingénierie préliminaire.

II.2.4. Conception détaillée

Une fois la conception préliminaire acceptée par le client, l'ingénieur procède à la conception détaillée ou ingénierie détaillée : pendant cette étape, il détermine les spécifications de chaque élément de l'équipement ou du processus.

L'ingénierie détaillée est divisée par équipements ou par étapes de procédé. Il est impératif non seulement de documenter les spécifications mêmes, mais aussi d'en expliciter les calculs ou les raisons. A cette étape, l'ingénieur doit exécuter les principales actions suivantes [7]:

- La base de la conception;
- Les calculs détaillés;

- Les plans et les devis;
- La revue de conception;
- Le rapport final d'ingénierie.

II.2.5. Synthèse

L'objectif ultime d'une conception étant sa concrétisation éventuelle, l'ingénieur doit fournir au client les éléments et les outils lui permettant d'entamer les démarches de réalisation de l'ouvrage ou du projet. Cela comprend les éléments suivants [8] :

- Une estimation des coûts de réalisation;
- La préparation pour la réalisation;
- La documentation finale.

II.3. Eléments mécaniques de la direction [9]

II.3.1. Volant

Le volant, en ébonite ou matière plastique moulée sur une armature métallique, est généralement placé dans la partie gauche de la cabine. Il est manœuvré par le conducteur.

II.3.2. Colonne de direction

Elle contient un arbre qui transmet le mouvement de rotation du volant vers boîtier de direction.

II.3.3. Support de fixation de la colonne de direction

Cette pièce permet la fixation de la colonne de direction sur l'ossature avant du véhicule. Aussi elle permet une bonne position de conduite pour le chauffeur.

II.3.4. Transmission

Interposée entre la colonne de direction et le boîtier de direction, elle a pour but de transmettre à ce dernier un mouvement de rotation à sa sortie.

II.3.5. Boitier (boite) de direction

Fixé à la plaque support, il permet de transformer le mouvement de rotation autour de l'axe de la colonne, en un mouvement de rotation dont l'axe est perpendiculaire à celui de la colonne. On réalise cette transformation de mouvement par un système vis-écrou.

Le boitier de direction incorporé sur le véhicule M120 (boitier de direction assistée ZF 8095) a pour rôle de minimiser la force de frottement entre les roues avant et le sol, qui se propage lors de la manœuvre du conducteur sur le volant, qui rend en conséquence le braquage plus facile.

Les avantages de la boîte direction :

- a. Confort de conduite ;
- b. Simplicité de réparation peu d'éléments électrique sont également présents sur ce système ;
- c. Les réparations sont égales en simples et les risques de fuites hydraulique minimales ;
- d. La construction d'une partie de la tringlerie facile ;
- e. Aucun problème technique n'a surgi sur les véhicules ;
- f. Véhicule facile à manier sur routes.

II.3.6. Support boitier de direction

La fixation du boitier de direction sur le châssis du véhicule se fait moyennant une pièce mécanique appelée « support boîtier de direction ». De même, ce dernier doit être assemblé rigidement sur le châssis.

II.3.7. Levier pendant

Le levier pendant est l'un des deux éléments (avec la bielle de direction) qui transforme le mouvement de rotation de l'arbre de sortie du boitier de direction en un mouvement de rotation de levier de direction de l'essieu, donc du braquage des roues.

II.3.8. Bielle de direction

La bielle de direction est l'organe qui transmet le mouvement du levier pendant au levier de direction de l'essieu. Les rotules de fixation de la bielle assurent le passage du couple en tous points de la trajectoire circulaire du levier pendant sur le plan vertical vers la trajectoire linéaire sur le plan horizontal du levier de direction.

II.3.9. Levier de direction

Il permet la transmission du mouvement de translation venant de la bielle de direction vers les roues gauche et droite du véhicule.

II.3.10. Châssis

Le châssis est un ensemble mécano-soudé de tubes de forme rectangulaire. Il maintient tous les principaux organes du véhicule et supporte principalement leurs poids.

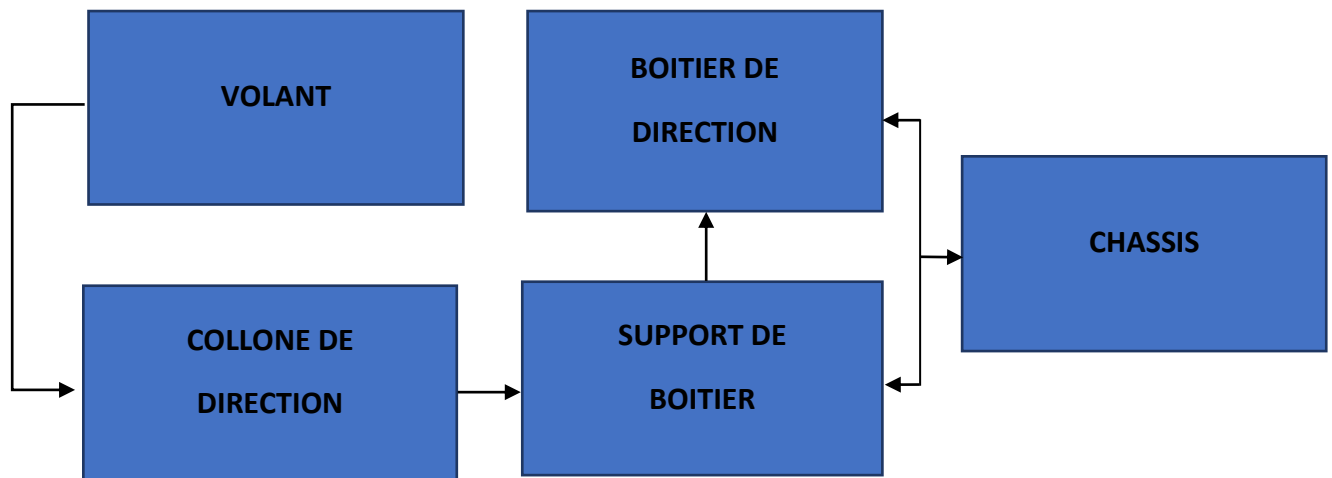


Figure II.2 : Schématisation du système de commandement de la direction assistée.

II.4. Les différents types de direction assistées**II.4.1. Direction assistée hydraulique**

À pression du circuit hydraulique (qui permettra d'avoir la force supplémentaire pour assister la direction) est obtenu par la pompe hydraulique qui a de l'énergie grâce à la courroie accessoire (entraînée elle-même par le moteur en marche).

Le fluide hydraulique est donc envoyé sous pression dans le boîtier de direction puis renvoyé sous basse pression vers le bocal en sortie (il s'agit d'un circuit fermé en toute logique, qui bénéficie d'ailleurs généralement d'un refroidisseur car le liquide devient très chaud avec la pression). Ce boîtier de direction est conçu astucieusement car selon que l'on tourne à gauche ou à droite, il va envoyer le liquide sous pression par une sortie ou l'autre. Tout cela est effectué de manière mécanique (dans le boîtier) et n'est donc pas contrôlé par un calculateur.

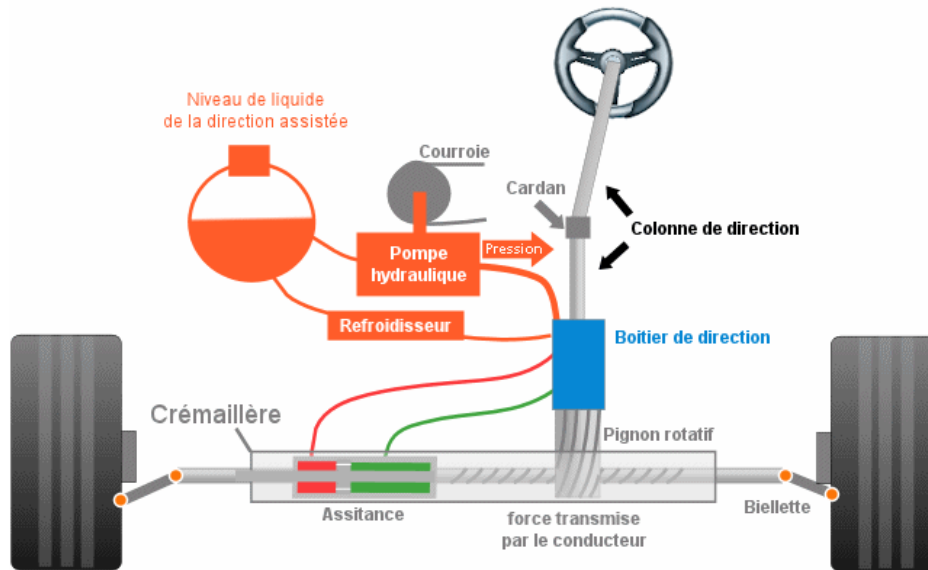


Figure II.3 : schéma de direction assistée hydraulique.

II.4.2. Direction assistée électrohydraulique

Quasiment identique au système précédent, la différence se situe au niveau de la pompe haute pression (nommée pompe hydraulique électrique sur le schéma). Celle-ci n'est pas directement alimentée par le mouvement d'une courroie mais par l'électricité. Un calculateur vient aussi gérer son fonctionnement. L'avantage est d'économiser de l'énergie car la pompe hydraulique ne fonctionne que quand on en a besoin et pas en continu comme sur le système précédent.

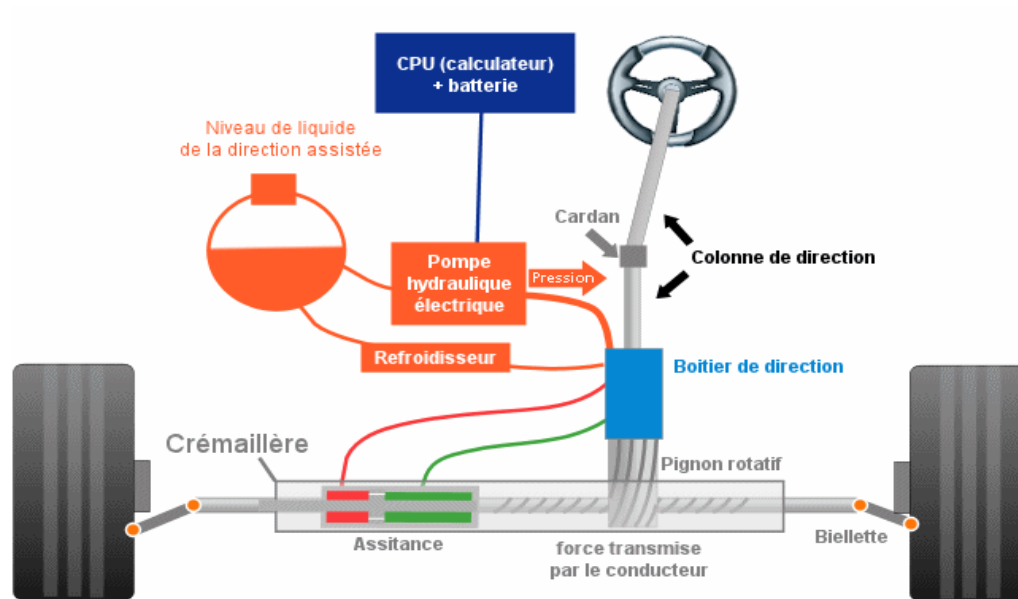


Figure II.4 : schéma Direction assistée électrohydraulique.

II.4.3. Direction assistée électrique

Ce système n'a quasiment que des avantages. Il évite d'avoir un circuit hydraulique limitant le nombre de pannes ainsi que l'entretien. Il permet aussi une économie d'énergie comme sur le système précédent car il ne fonctionne que quand on a besoin d'assistance, ce qui n'est pas le cas en ligne droite par exemple.

Hélas, il semble que les ingénieurs ont encore un peu de pain sur la planche pour améliorer ce système car le ressenti de la route n'est pas toujours génial avec ce dispositif. Mais cela commence à changer avec les dernières moutures dont le toucher de route est meilleur.

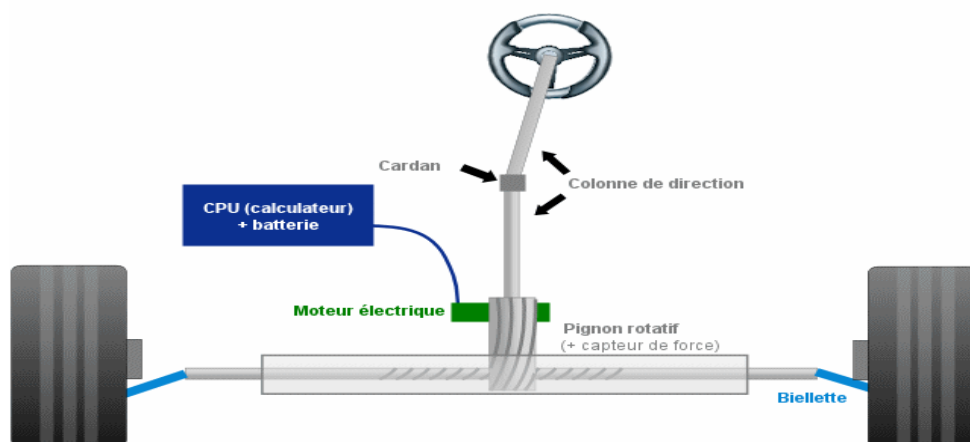


Figure II.5 : schéma de Direction assistée électrique.

II.5. La conception en mécano-soudé

Parmi les procédés d'assemblages, le soudage occupe une place importante dans toutes les branches d'industrie, car il permet d'adapter au mieux, les formes de construction aux contraintes qu'elles sont appelées à supporter en service.

Le soudage est un procédé d'assemblage permanent. Il a pour objet d'assurer la continuité de la matière à assembler. Dans le cas des métaux, cette continuité est réalisée à l'échelle de l'édifice atomique. En dehors du cas idéal où les forces interatomiques et la diffusion assurent lentement le soudage des pièces métalliques mises entièrement en contact suivant des surfaces parfaitement compatibles et exemptes de toute pollution, il est nécessaire de faire intervenir une énergie d'activation pour réaliser rapidement la continuité recherchée. [10]

II.5.1. Le support de boîtier en mécano-soudé

Le support boîtier de direction en tant que pièce mécano-soudée (figure II.6) a fait l'objet d'un PFE [11].



Figure II.6 : *Support boîtier de direction en mécano-soudé.*

Le support boîtier de direction assistée ZF 8095 est constitué de trois parties :

- Une partie appuyée sur le longeron gauche du châssis ;
- Une partie de fixation de boîtier de direction ;
- Une partie intermédiaire entre les deux précédentes parties.

Chapitre II :

conception du support boite de direction

La fixation de support boitier de direction sur le châssis se fait par 5 boulons (3 boulons HM12x45-écrou H et 2 boulons HM10x35-écrou H) alors que l'assemblage du boitier avec son support est 3 vis HM20x44 ayant un pas de 1,5mm.



Figure II.7 : *Fixation support boitier sur le châssis.*



Figure II.8: *Assemblage boitier de direction sur support.*

Le support boîtier de direction, étant une pièce mécano-soudée, présente les suivants avantages :

- Un degré de technicité atteint par l'entreprise ;
- Une construction de l'ensemble boîtier réalisable ;
- Une construction d'une partie de la tringlerie facile ;
- Aucun problème technique n'a surgi sur les véhicules ;
- Véhicule facile à manier sur routes ;
- Véhicule remorqué, on peut le conduire à l'aide du boîtier seul sans assistance.

Néanmoins, le support en mécano-soudé possède des inconvénients énumérés comme suit :

- Direction très complexe ;
- Outillage important pour la fabrication du support boîtier de direction ;
- Les efforts sur le levier pendant n'étant pas les mêmes, il est plus facile de braquer à droite qu'à gauche ;
- Il est fréquemment constaté une rupture du support boîtier ;
- Un prix de revient jugé assez élevé.

II.5.2. Problématique

Le support boîtier de direction du camion M120, constitué principalement de deux tubes ronds avec deux plaques, présente des inconvénients (il a une faible résistance donc facile à casser).

Pour résoudre ces problèmes, nous allons concevoir un nouveau support moulé puis usiné afin d'augmenter sa rigidité (sa résistance) et rendre sa fabrication plus aisée et automatisée.

II.6. Description de la nouvelle conception du support boîtier

Le nouveau support est composé d'une seule pièce moulée avec des points d'assemblage du boîtier de direction et des trous de sa fixation sur le châssis.

Sur la partie avant du support, de forme prismatique, nous trouvons 3 trous de passage des vis de l'assemblage boîtier-support ainsi qu'un évidement demi-circulaire débouchant pour le passage du levier de direction.

Tandis que sur la partie arrière du support, de forme plus complexe, nous prévoyant cinq trous pour sa fixation sur le châssis (trois trous pour l'appui supérieur du support et deux autres au niveau de l'appui vertical).

Une zone intermédiaire relie les deux parties précédemment citées et rigidifie notre support boitier.

D'une manière générale, le principe retenu dans la conception du nouveau support est de conserver les points de fixation du boîtier de direction et du châssis et de modifier la forme du support, en tenant compte du fait que ce support est d'une seule pièce moulée.

Afin d'éviter le surfaçage complet des contact support-châssis et support éléments d'assemblage, des bossages existent (figure II.9).

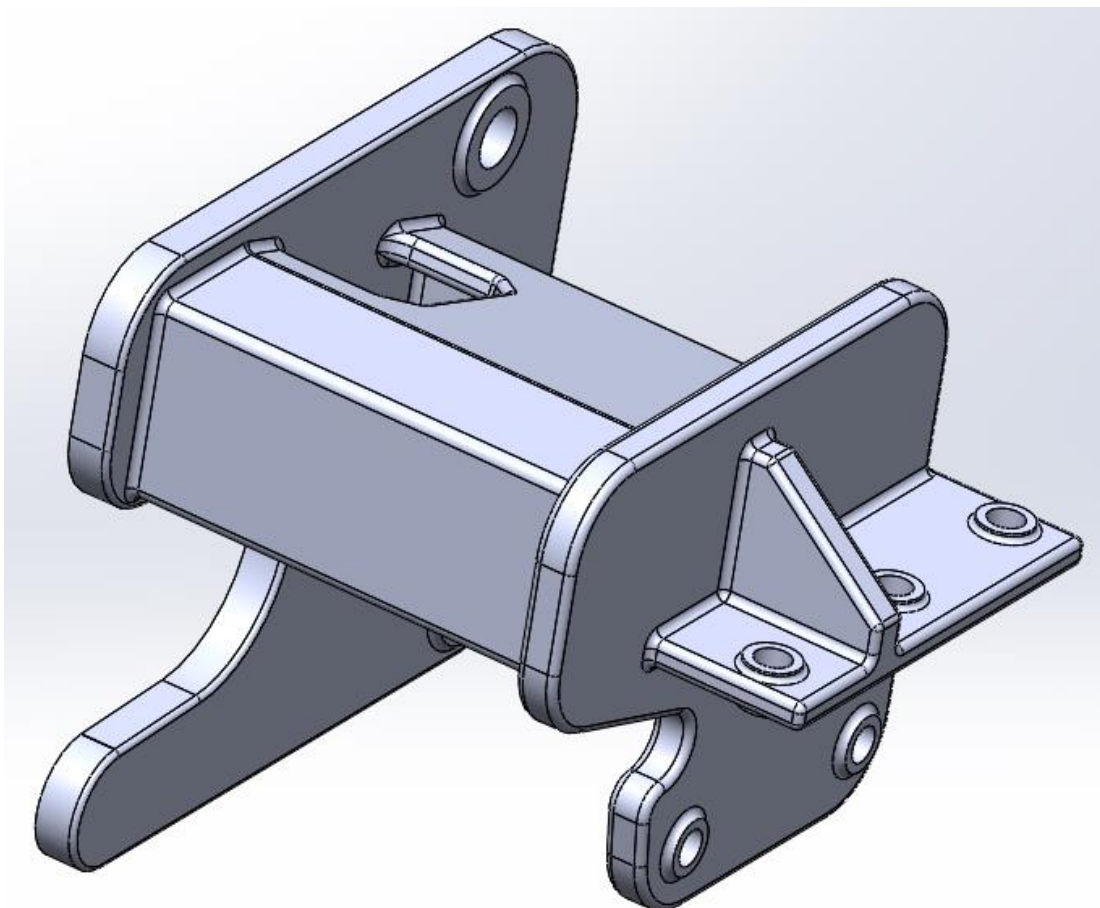


Figure II.9 : *Dessin du support boitier.*

II.7. Dimensionnement du nouveau support boitier

Lors du dimensionnement de la partie avant du support, nous sommes conditionnés par les suivants paramètres :

- Le diamètre des vis d'assemblage boitier-support ;
- Les positions des axes des vis précédemment cités ;
- Le diamètre et la position de passage du levier de direction.

Alors que le dimensionnement de la partie arrière du support nécessite de respecter ce qui suit :

- Les diamètres des boulons de fixation du support sur le châssis ;
- Les positions des axes des boulons de fixation ;
- Le diamètre et la position de passage du levier de direction ;
- Les distances entre les surfaces de contact support-châssis et les trous de passage des boulons de fixation.

Quant aux dimensions de la partie intermédiaire, elles dépendent principalement de :

- La distance entre la surface du contact vertical support-châssis et celle de boitier-support ;
- Les épaisseurs des deux parties avant et arrière du support boitier ;
- Les diamètres et les positions des trous de passage des vis et boulons.

En respectant toutes les conditions de dimensionnement du support boitier suscitées, nous aboutissant aux différentes dimensions illustrées par la (figure II.10).

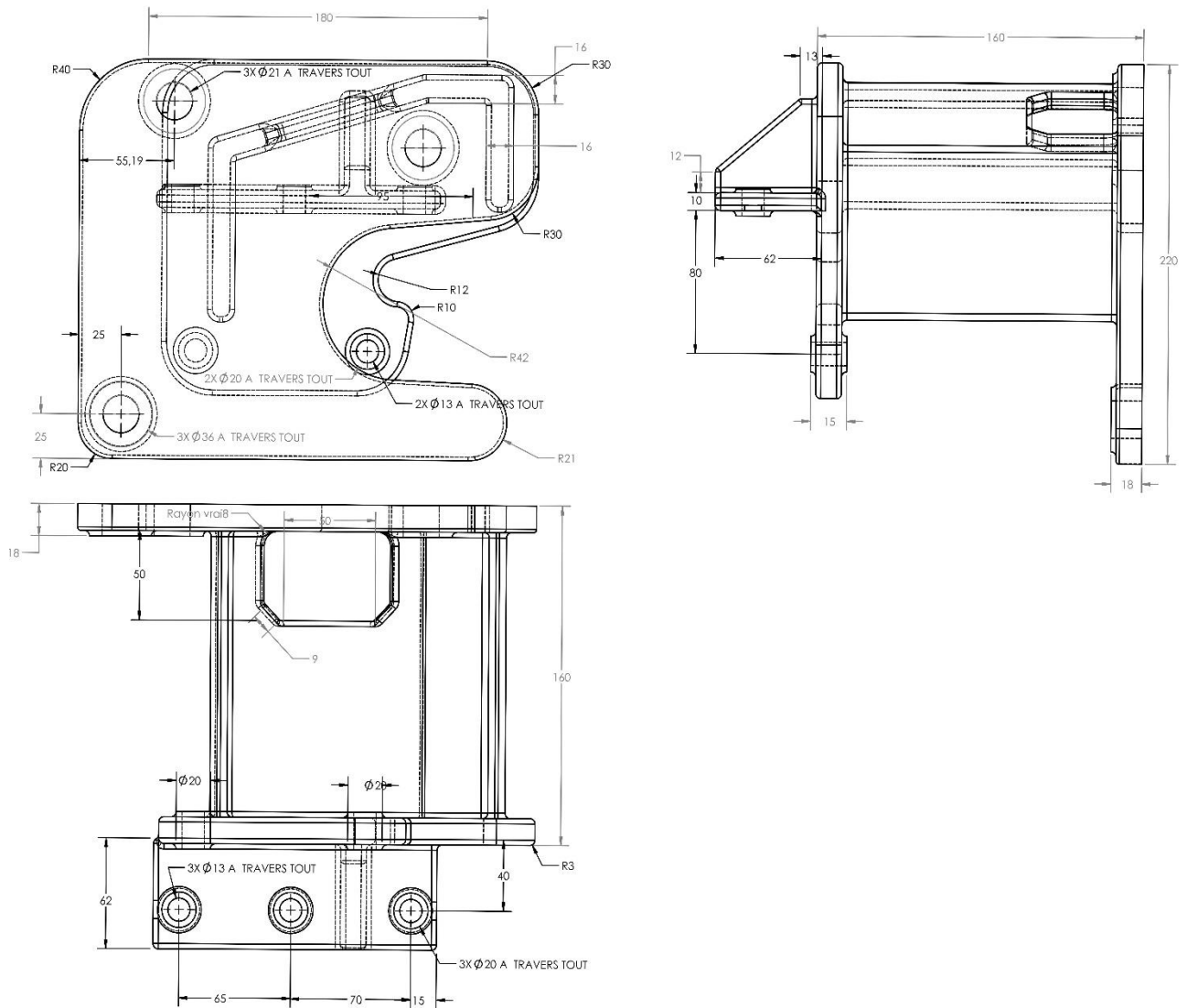


Figure II.10 : Dessin du support boitier.

La représentation en projections orthogonales du support boitier de direction est réalisée moyennant un logiciel de DAO à savoir le logiciel SolidWorks version 2017.

II.8. Définition de SolidWorks

Les techniques de conception et de fabrication assisté par ordinateur deviennent aujourd'hui Indispensable aux entreprises de production afin d'améliorer continuellement leur productivité, Qualité de produit et diminuer les coûts de fabrication.

Le logiciel de CAO (Conception Assisté par Ordinateur) a révolutionné les méthodes de travail dans le monde du dessin technique Les dessins aujourd'hui sont créés et modifiés sur ordinateur.

La CAO était le domaine des gros systèmes, le nouveau type d'ordinateur s'est rapidement imposé et a connu une croissance fulgurante. Il est devenu la norme dans l'industrie dans l'administration, dans la recherche et le développement.

La CAO est un processus dans lequel figure plusieurs caractéristiques :

- L'activité humaine est le fait d'un spécialiste de métier concernée (préparateur, dessinateur en mécanique...) ;
- Le dialogue homme/machine se fait en temps réel ;
- Les informations échangées sont graphiques et alpha numériques.

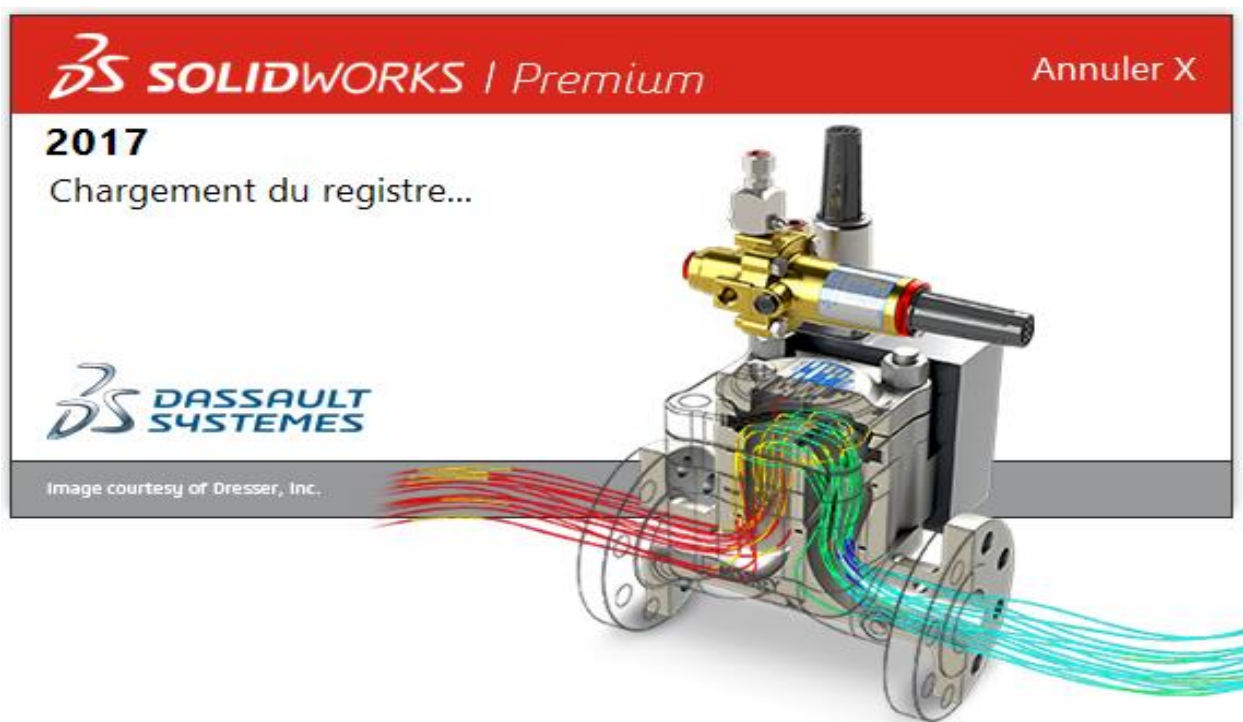


Figure II.11 : *Image de SolidWorks.*

II.9. L'obtention de pièces brutes par moulage

La fonderie est l'un des procédés de mise en forme du métal qui consiste à couler du métal (ou sous forme interne) tout en minimisant les travaux de finition ultérieurs dans la mesure du possible.

La fonderie comprend les fonderies de métaux ferreux, de fonte (NAF 275a), et d'acier (NAF275c). Il comprend également la fonderie de métaux non ferreux, d'aluminium et d'autres alliages légers (NAF 275 E) tels que cuivre et zinc (NAF275G). Les techniques

utilisées dépendent de l'alliage fondu, des dimensions, des propriétés et des quantités des pièces à produire.

La fonderie utilise plusieurs procédés de moulage tels que :

- Le moulage en sable sillico-argileux et ses dérivés ;
- Le moulage en moules métalliques ou moules en coquille (par gravité, sous pression et par dépression) ;
- Le moulage à la cire perdue.

II.10. Processus de moulage

À partir du fichier pièce et outillage, le processus de moulage peut être résumé comme suit :

- Fabrication des demi-parties du moule en sable sillico-argileux, sur machine à mouler ;
- Préparation des noyaux destinés à faire venir les évidements de la pièce généralement fabriqués en sable siliceux avec résine durcie par catalyseur ;
- Remoulage de ces noyaux dans la demi-partie inférieure du moule et fermeture de celui-ci par l'autre demi-partie retournée ;
- Elaboration des alliages dans l'appareil de fusion (Cubilots, fours électriques) ;
- Coulée du métal dans les moules ;
- Refroidissement des moules après coulées ;
- Décochage des moules c'est-à-dire cassage des moules ;
- Récupération des pièces et des systèmes de coulée ;
- Refroidissement des pièces, séparation du système de coulée (qui retourne à la fusion) ;
- Puis nettoyage des pièces par grenailage dans la majorité des cas et finition par moulage et découpe de bavures ;
- Et enfin contrôle des pièces et livraison.

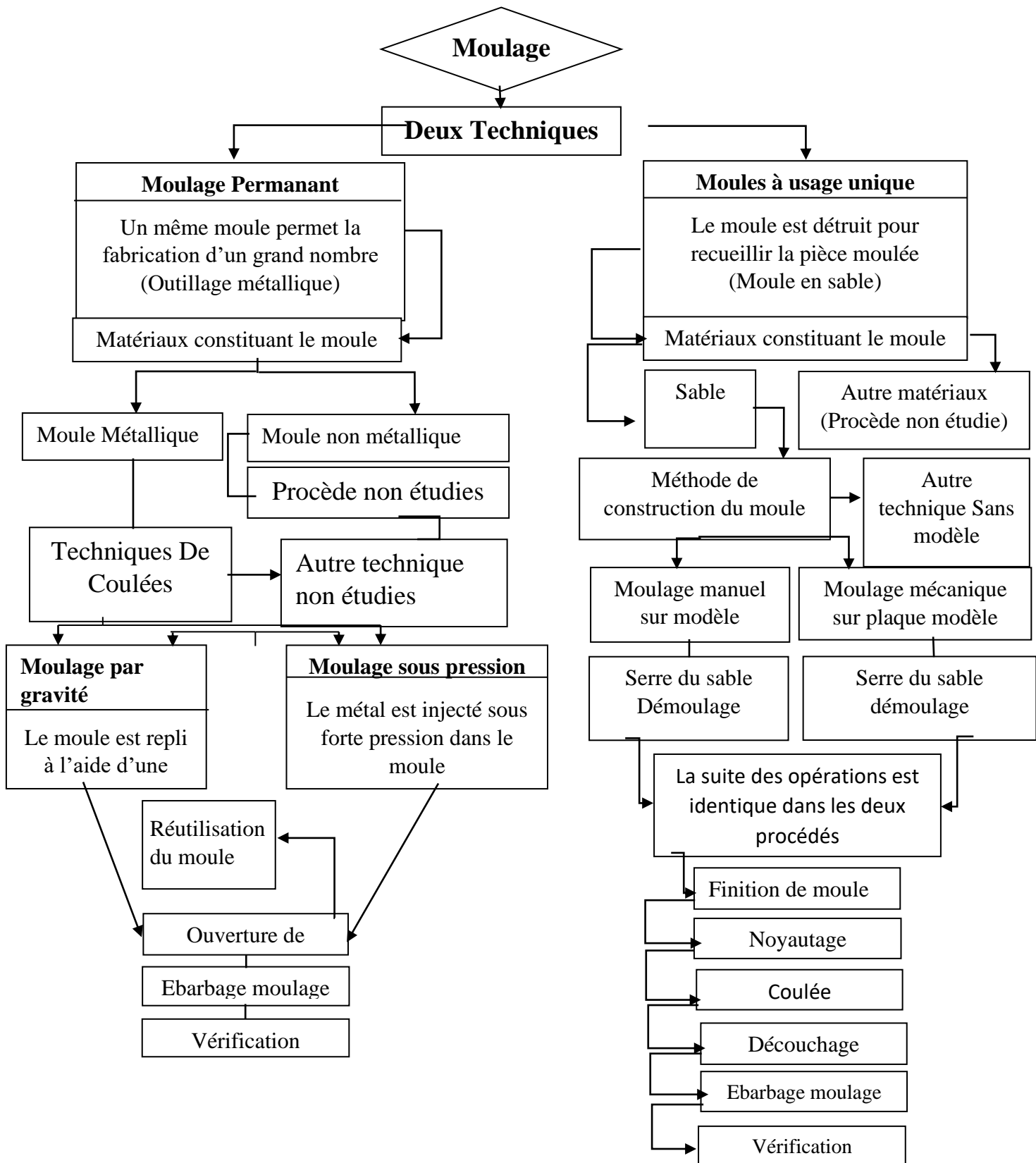


Figure II.12 : Organigramme récapitulatif des techniques de moulage.

II.11. Conception du moule

La conception du moule doit tenir compte de la nécessité technologique, il existe trois types de moules :

- Le moule déformable (sable à vert) ;
- Le moule rigide (sable aggloméré) ;
- Le moule en sable sans liant (sable siliceux).

II.11.1 Empreinte :

Elle est obtenue à l'aide du modèle de la pièce à réaliser. Cette empreinte correspond à la pièce brute, en tenant compte du :

A. Système de remplissage :

Permettant de remplir l'empreinte sans préjudice pour les matériaux de moule ni pour la qualité de la pièce.

B. Système de masse lattage :

Compensant la contraction de solidification.

C. Retrait à l'état solide :

C'est une propriété de métal de réduire ces dimensions linéaires et volumétriques pendant la cristallisation et la solidification de la pièce coulée.

II.11.2 Choix d'un sens de moulage :

Le sens de moulage doit tenir compte des points suivants :

- Moulage et démoulage simple, nombre de joints de moule minimale de préférence plan perpendiculaire au sens de démoulage (un seul joint en moulage mécanique) ;
- Empreinte continue le plus possible dans une même partie de moule ;
- Surface récurant la qualité maximale, placée en position inférieure dans le moulage ;
- Mise en place précise et stabilité des noyaux ;
- Remplissage et alimentation optimale (maille d'alimentation optimale) ;
- Prévoir un système d'évacuation des gaz ;
- Respect de la qualité précise du cahier des charges (caractéristiques mécaniques, structures métallique, forme de la pièce) ;
- Recherche parachevement optimal ; orientation des bavures vers les surfaces usinées.

II.12. Choix de matériau :

Le choix des matériaux est une tâche fondamentale et très complexe. En effet, dans un nombre important de cas, il ne concerne pas seulement un aspect purement technique répondant à des exigences fonctionnelles, mais aussi à des attentes relevant des préférences des utilisateurs dans le cadre d'un marché spécifique. Ainsi, le choix des matériaux doit être analysé sous l'angle de l'ingénierie de matériaux mais aussi sur celle du design industriel, et tenir compte de toutes les informations qui lui seront associées.

Le choix des matériaux est au cœur de la relation « produit-matériau-procédé ».

Il est impératif d'effectuer le choix du couple matériau-procédé à partir des critères du cahier des charges et dans un contexte de développement durable.

- Le produit demande certaines performances de la part du matériau ;
- Le procédé impose des contraintes de fabrication ou de construction.

Les étapes à suivre pour le choix des matériaux sont comme suit :

- Etudier l'information autour du nouveau produit ;
- Définir les caractéristiques/exigences de conception du produit ;
- Faire le choix des matériaux viables ;
- Evaluer les procédés possibles ;
- Prioriser et tirer des conclusions.

Pour fabriquer le support boîtier de direction, nous avons opté pour la fonte à graphite sphéroïdal FGS-600.

II.12.1 La fonte graphite sphéroïdal

Comme il a été déjà noté que le graphite lamellaire rend la fonte fragile. Ainsi, pour améliorer la résistance mécanique de la fonte grise, on ajoute des éléments d'addition tels que le Ni, Cr, Mn ou bien on cherche à améliorer l'effet du graphite sphérique. Dans ce cas, la fonte est appelée fonte à graphite sphéroïdal.

La fonte à graphite sphéroïdal s'obtient par addition de magnésium à la fonte liquide. La composition chimique moyenne de cette fonte est comme suit : C : (3,2 à 3,6) % , Si : (1,8 à 3) %., Mn : (0,3 à 0,4) % ; P \approx 0,05 %. L'introduction de silicium, jusqu'à 3 % environ, augmente le pouvoir graphitassent de la fonte liquide et celle du magnésium, jusqu'à 0,07 %

environ, joue un rôle d'inhibiteur, mais de courte durée, en retardant la formation initiale du graphite.

A l'état brute de la coulée, la fonte à graphite sphéroïdal présente une structure perlitique, ferritique ou à cémentite libre. Elle est caractérisée par une résistance mécanique et une ductilité bien plus grande que

celles des fontes grises usuelles. La facilité d'usinage est excellente. C'est en somme, un matériau intermédiaire entre la fonte grise et l'acier moulé.

La fonte à graphite sphéroïdal est très utilisée dans les diverses branches de l'industrie comme :

- Pièces de construction automobiles (vilebrequins, culasses, ...) ;
- Pièces pour l'industrie lourde (cylindres de laminoirs, pièces pour presses, ...) ;
- Pièces pour l'industrie chimique et pétrolière (conduite, pompes, valves, ...).

II.12.2 Les caractéristiques mécaniques de la fonte FGS-600

Les principales caractéristiques mécaniques de la fonte FGS-600 sont résumées dans le suivant tableau :

Tableau II.1 : *Principales caractéristiques mécaniques de la fonte FGS-600.*

Désignation	Module d'élasticité [MPa]	Coefficient de Poisson	Module de Cisaillement [MPa]
	1740	0.275	540
FGS-600	Masse volumique [Kg /m ³]	Limite d'élasticité [MPa]	Limite de Traction [MPa]
	7200	370	600

II.12.3. Les avantages et les inconvénients des pièces moulées en FGS-600

Les pièces élaborées en fonte FGS-600 présentent des caractéristiques avantageuses que nous pouvons énumérer comme tel :

- Bonne résistance mécanique ;
- Se moulant bien ;

- S’usinant facilement ;
- Malléable après recuit de stabilisation ;
- Trempe possible ;
- Facilité de mise en forme des pièces.

Cependant, ces pièces précédemment citées ont les suivants inconvénients :

- Défauts internes notamment les retassures, les soufflures ;
- Le mauvais état de surface.

II.13. Comparaison entre une pièce mécano-soudée et une autre moulée

Le tableau II.4 présente une comparaison entre une pièce en tant que mécano-soudée et une autre obtenue par moulage.

Tableau II.2 : *Tableau comparatif entre le mécano-soudage et le moulage.*

Mécano-soudé	Moulage
Pièce non homogène de discontinuité de matière.	Pièce homogène, elle présente de la continuité de matière.
Pièce en plusieurs éléments	Pièce un seul élément.
Temps de réalisation important pour à grande Sérié	Temps de réalisation moins important pour Une moyenne et grand sérié.
Résistance aux efforts moins importante.	Résistance aux efforts très important
Après assemblage il faut des traitements Pour éliminer la (ZAT), zone affectée Thermiquement	Après moulage if faut un traitement thermique (fertilisation) pour homogénéisation de la pièce
Matière : acier E24	Fonte graphite sphéroïdale (FGS)

II.14. CONCLUSION

La conception du support boîtier de direction est une tâche assez ardue qui nécessite de prendre en considération plusieurs paramètres géométriques et dimensionnels. Néanmoins nous avons abouti à une forme de ce support qui respecte les paramètres suscités, après avoir pris connaissance du moulage et de ses différentes techniques. Le choix du matériau d'élaboration a été axé par la forme du support et du chargement qu'il est susceptible de subir sans oublier les caractéristiques mécaniques de la fonte à graphite sphéroïdal FGS-600.

Dans le suivant chapitre, nous allons effectuer une simulation du support boîtier de direction, à l'aide du logiciel d'éléments finis COSMOSWORKS, dans le but de vérifier la résistance de ce support.

Chapitre III

Simulation et interprétation du
résultat.

III.1. Introduction

Dans ce chapitre, après avoir établi une conception géométrique du support boîtier de direction, nous abordons la vérification de résistance du dit support au chargement qu'il subit. Cette vérification est effectuée moyennant une simulation de comportement réalisée par un logiciel d'éléments finis.

III.2. Méthode des éléments finis

La méthode des éléments finis (**MEF**) est une manière numérique de résoudre certains des problèmes de physique. C'est une méthode qui permet de déterminer une solution approchée sur un domaine spatial, c'est-à-dire qui permet de calculer un champ (de scalaires, de vecteurs, de tenseurs) qui correspond à certaines équations et à certaines conditions imposées.

La méthode consiste à découper le domaine spatial en petits éléments, également appelés mailles, et à rechercher une formulation simplifiée du problème sur chaque élément, en transformant le système d'équations quelconque en un système d'équations linéaires. Chaque système d'équations linéaires peut se représenter par une matrice. Les systèmes d'équations pour tous les éléments sont ensuite rassemblés, ce qui forme une grande matrice. La résolution de ce système global donne la solution approchée au problème.

III.2.1. Principe de la méthode des éléments finis

La méthode des éléments finis est une méthode d'approximation nodale basée sur la discrétisation du domaine en sous domaines ou éléments. La méthode est un ensemble d'approximations consécutives de la géométrie, de la variable physique et de l'intégration mathématique sur le domaine.

- L'approximation géométrique qui consiste à la discrétisation du domaine (maillage) en petites éléments de géométrie bien définie ;
- L'approximation de la variable physique (approximation nodale) dans l'élément par les valeurs de cette variable dans les nœuds de l'élément ;
- L'approximation mathématique en considérant que l'intégration sur le domaine est égale à la somme des intégrales sur les éléments et en utilisant l'intégration numérique (Gauss par exemple).

L'ensemble de ces approximations peut se résumer dans les étapes suivantes :

- Définir les nœuds et les éléments (Créer le maillage) ;
- Pour chaque élément, établir la matrice de rigidité élémentaire \mathbf{K}_e reliant les degrés de libertés (déplacements) nodaux \mathbf{U}_e et les forces nodales \mathbf{F}_e appliquées aux nœuds ;
- Assembler les matrices et les vecteurs élémentaires en un système global de manière à satisfaire les conditions d'équilibre aux nœuds ;
- Modifier le système global en tenant compte des conditions aux limites ;
- Résoudre le système $\mathbf{K} \mathbf{U} = \mathbf{F}$ et obtenir les déplacements \mathbf{U} aux nœuds ;
- Calculer les gradients (flux de chaleur, déformations et contraintes) dans les éléments et les réactions aux nœuds sur lesquels les conditions aux limites sont imposées.

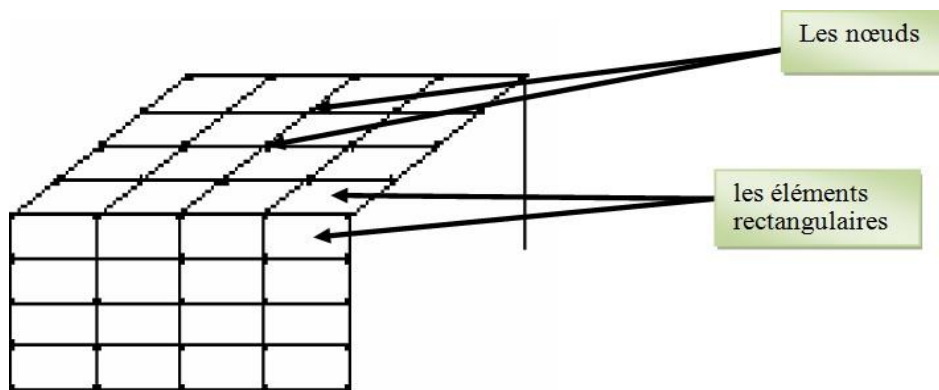


Figure III.1 : maillage d'un domaine en éléments finis.

Il est utile que les inconnues soient des paramètres physiques. C'est pourquoi on choisit les composantes de déplacements des nœuds (déplacements nodaux).

Par exemple: (u_i, v_i, w_i) pour le nœud i

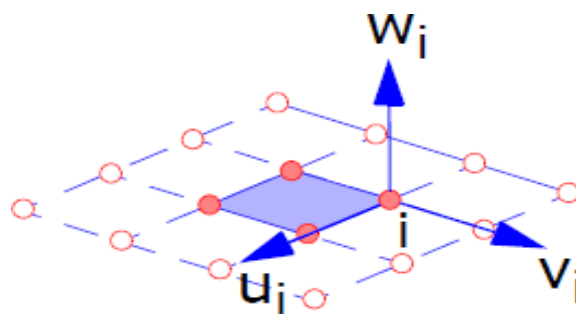


Figure III.2 : (u_i, v_i, w_i) : sont les déplacements nodaux, $i=1...n$.

III.2.2. Le maillage

Un maillage est un ensemble des nœuds qui peuvent être liés entre eux. En général on utilise les systèmes de coordonnées cartésiennes pour décrire les liaisons entre les nœuds.

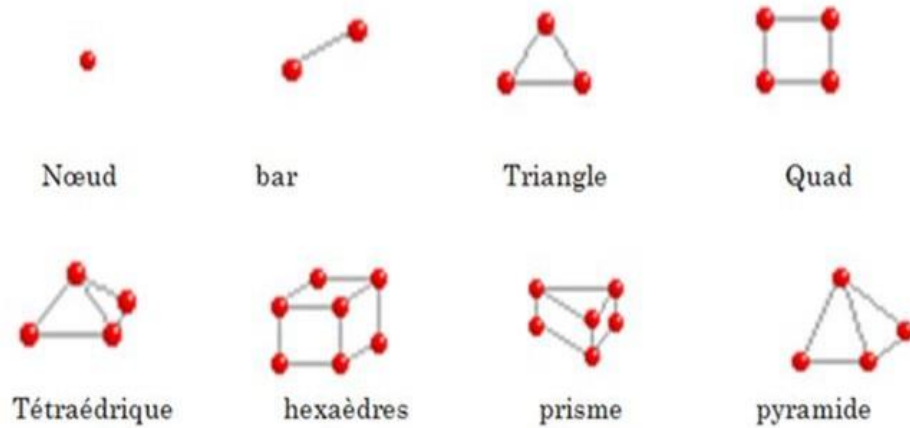


Figure III.3 : Types des éléments de maillage.

A. Choix du type de maillage

a) Maillage structuré (quadra/hexa)

Il est beaucoup plus facile de le générer en utilisant une géométrie à mono bloc ou multi-bloc.

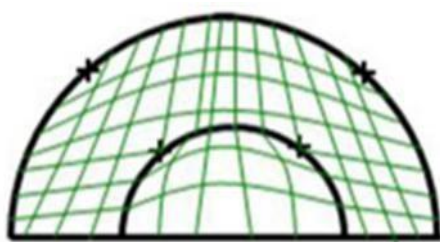


Figure III.4 : Géométrie monobloc.

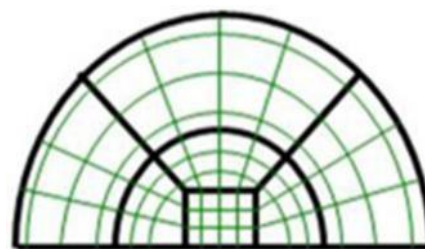


Figure III.5 : Géométrie Multi-bloc.

Il présente les suivants avantages :

- Economique en nombre d'éléments, présente un nombre inférieur de maille par rapport à un maillage non structuré équivalent ;

- Réduit les risques d'erreurs numériques car l'écoulement est aligné avec le maillage.

Alors que ses inconvénients sont :

- Difficile à le générer dans le cas d'une géométrie complexe ;
- Difficile d'obtenir une bonne qualité de maillage pour certaines géométries complexes.

b) Maillage non structuré

Les éléments de ce type de maillage sont générés arbitrairement sans aucune contrainte quant à leur disposition.

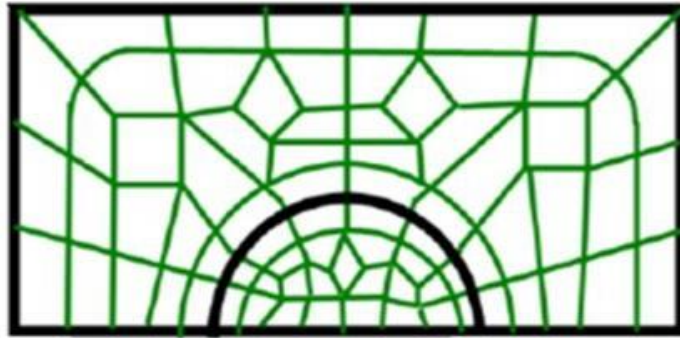


Figure III.6 : *Maillage non-structure.*

Ses avantages sont résumés comme suit :

- Peut-être généré sur une géométrie complexe tout en gardant une bonne qualité des éléments ;
- Les algorithmes de génération de ce type de maillage (tri/tétra) sont très automatisés.

Tandis que ses inconvénients sont :

- Très gourmand en nombre de mailles comparativement au maillage structuré ;
- Engendre des erreurs numériques (fausse diffusion) qui peuvent être plus importante si l'on compare avec le maillage structuré.

c) Maillage hybride

Maillage généré par un mélange d'éléments de différents types : triangulaires ou quadrilatéraux (en 2D), tétraédriques, prismatiques ou pyramidaux en 3D. Il combine entre les avantages du maillage structuré et ceux du maillage non structuré.

B. Techniques de Génération du Maillage

Pratiquement, il n'existe pas de règle précise pour la création d'un maillage valable. Cependant, il existe différentes approches qui permettent d'obtenir une grille acceptable. Nous pouvons résumer ces règles ainsi :

- Maintenir une bonne qualité des éléments ;
- Assurer une bonne résolution dans les régions à fort gradient ;
- Assurer un bon lissage dans les zones de transition entre les parties à maillage fin et les parties à maillage grossier ;
- Minimiser le nombre total des éléments (temps de calcul raisonnable).

C. Qualité d'un Maillage

La génération d'une très bonne qualité de maillage est essentielle pour l'obtention d'un résultat de calcul précis, robuste et signifiant. Une bonne qualité de maillage repose sur les éléments suivants :

- Minimisation des éléments présentant des distorsions ;
- Une bonne résolution dans les régions présentant un fort gradient (couches limites, ondes de choc ...etc.) . Enfin, la qualité de maillage a un important impact sur la convergence, la précision de la solution et surtout sur le temps de calcul.

III.3. Détermination du chargement sur le support boitier

Le chargement subit par le support boitier est dû essentiellement au poids du boitier de direction. Il se présente sous la forme de deux forces réparties surfaciquement étant donné que l'assemblage boitier et son support se fait par des vis et que le contact vis-support est surfacique.

- ❖ Une première force f_1 appliquée au niveau des trous de passage des vis ;
- ❖ Une seconde force f_2 appliquée sur la surface de contact support-rondelle d'appui.

Ces forces sont calculées comme suit :

III.3.1. La première force f_1

La force répartie f_1 , appliquée sur chaque trou de passage des vis d'assemblage boitier-support (figure III.7), est donnée par la suivante expression :

$$f_1 = \left(\frac{P}{n} / S_1 \right)$$

Avec :

P : poids de boitier (29kg multiplier par la gravite 9.81) [N].

S₁ : la surface de contact vis-support [mm²].

n : le nombre de vis d'assemblage = 3.

Tel que :

$$S_1 = (\pi/2) \times d \times L$$

Où :

d : diamètre du trou de passage de la vis.

L : longueur du trou de passage.

Donc :

$$f_1 = \left(\frac{29 \times 9.81}{3} \right) \div \left(\left(\frac{\pi}{2} \right) \times 21 \times 18 \right)$$

Alors :

$$f_1 = 0.159 \text{ N}$$

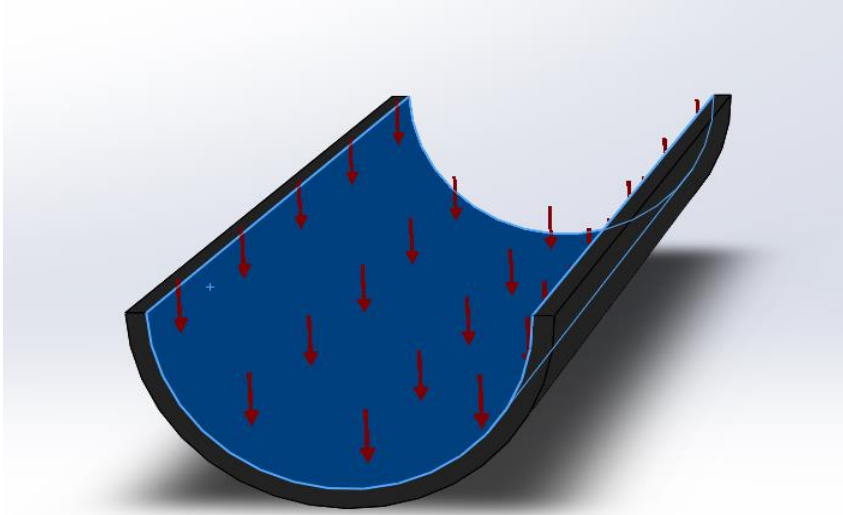


Figure III.7 : la pression appliquée dans le diamètre de l'arbre de la vis.

III.3.2. La seconde force f_2 :

La force répartie f_2 , appliquée au niveau du contact support-rondelle d'appui (figure III.8), est déterminée par la suivante expression :

$$f_2 = \left(\frac{P/n}{S_2} \right)$$

S_2 : la surface de contact rondelle-support (mm^2). Elle se calcule comme suit :

$$S_2 = \left(\frac{\pi}{4} \right) \times (D^2 - d^2)$$

D : diamètre externe de la rondelle.

Alors :

$$f_2 = \left(\frac{29 \times 9.81}{3} \right) \div \left(\left(\frac{\pi}{4} \right) \times (36^2 - 21^2) \right)$$

Donc :

$$f_2 = 0.141 \text{ N}$$

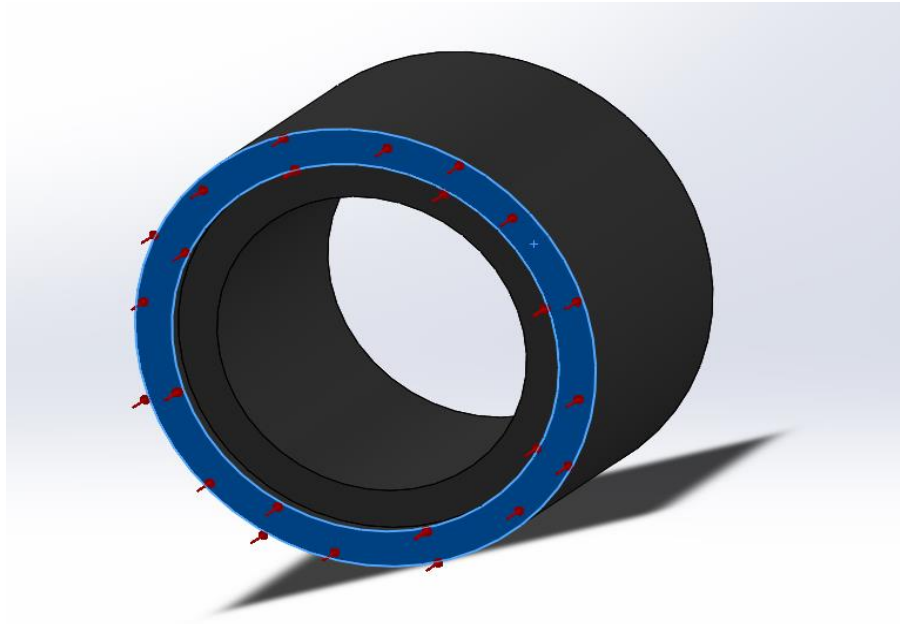


Figure III.8 : *la pression appliquée à la surface extérieure de la rondelle.*

III.4. Simulation du comportement du support boitier

III.4.1. Présentation de logiciel CosmosWorks

CosmosWorks est une application d'automatisation d'analyse de conception entièrement intégrée à SolidWorks. Ce logiciel utilise la méthode des éléments finis (MEF) pour simuler les conditions de travail des conceptions et prédire leur comportement. La MEF nécessite la résolution de grands systèmes d'équations. Alimenté par des solveurs rapides, CosmosWorks permet aux concepteurs de vérifier rapidement l'intégrité de leurs conceptions et de rechercher la solution optimale.

CosmosWorks offre aux concepteurs et aux ingénieurs des outils puissants et conviviaux de validation et d'optimisation des conceptions. Plus de 14 000 sociétés issues d'un vaste éventail de secteurs utilisent aujourd'hui CosmosWorks pour améliorer la qualité de leurs conceptions, éviter les produits défectueux, diminuer le coût des matériaux et accélérer la commercialisation de leurs produits.

CosmosWorks offre la possibilité de développer des produits plus rapidement, pour un faible coût et de manière plus efficace qu'avec des prototypes, aussi précis soient-ils, tout en permettant d'étudier les performances obtenues avec un bien meilleur niveau de détail.

Les avantages qu'offre ce logiciel sont comme suit :

- Prise en mains très rapide grâce à l'interface SolidWorks ;
- Travail sur des pièces ou des assemblages avec prise en compte des contacts ;
- Pas de transfert de données ; travail sur la conception active ;
- Performances inégalées grâce à son meilleur automatique et sa méthode d'analyse rapide (FFE) ;
- Tout type d'analyse, selon les packages, statique, thermique, fréquentiel, thermoélastique, non-linéaire, choc, fatigue...

III.4.2. Dessin de la pièce "Support boitier"

Lors d'une simulation par la méthode des éléments finis, nous devons commencer par représenter la pièce à simuler son comportement. De ce fait, le dessin du support boitier est donné par la (figure III.9). Dans ce dessin, nous devons respecter toutes les caractéristiques géométriques et dimensionnelles du support boitier de direction.

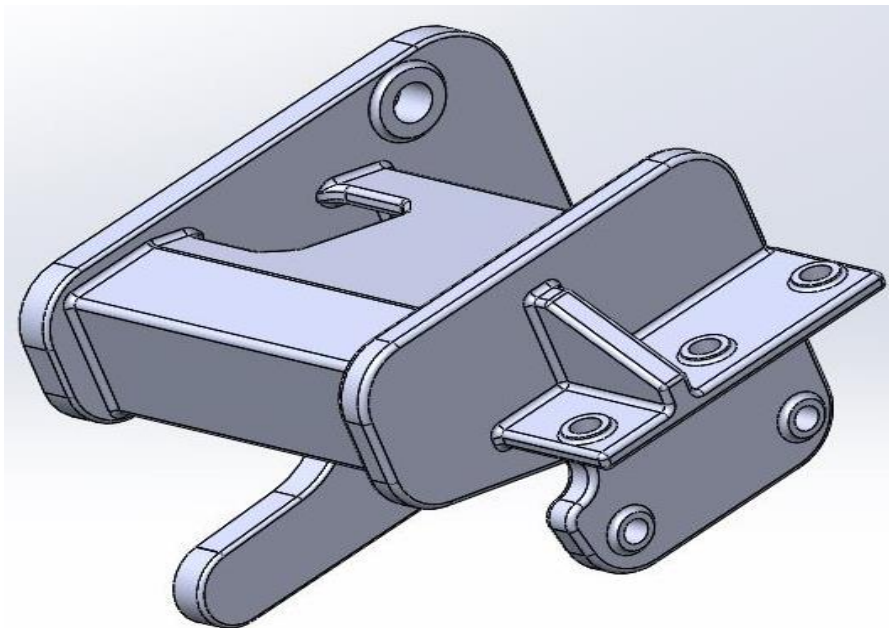


Figure III.9 : *Dessin du support boitier.*

III.4.3. Introduction des caractéristiques mécaniques du matériau EN-GJS- 600-3

Le logiciel de simulation CosmosWorks dispose d'une bibliothèque de différents matériaux. Néanmoins la fonte à graphite sphéroïdal EN-GJS-600-3 n'est pas un matériau répertorié dans

la bibliothèque suscitée. De ce fait, nous devons introduire les caractéristiques mécaniques de cette fonte afin de pouvoir l'attribuer comme matériau d'élaboration du support boitier.

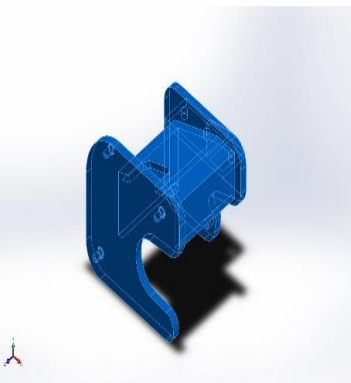
Référence du modèle	Propriétés	Composants
	Nom: EN-GJS-600-3	Corps volumique 1(Enlèv. mat.-Extru.15)(support boitier)
	Type de modèle: Linéaire élastique isotropique	
	Critère de ruine par défaut: Contrainte de Mohr-Coulomb	
	Limite d'élasticité: 3.7e+008 N/m ²	
	Limite de traction: 6e+008 N/m ²	
	Limite de compression: 6e+008 N/m ²	
	Module d'élasticité: 1.74e+008 N/m ²	
	Coefficient de Poisson: 0.275	
	Masse volumique: 7200 kg/m ³	
	Module de cisaillement: 5.4e+008 N/m ²	
Coefficient de dilatation thermique: 1.2e-005 /Kelvin		
Données de la courbe:N/A		

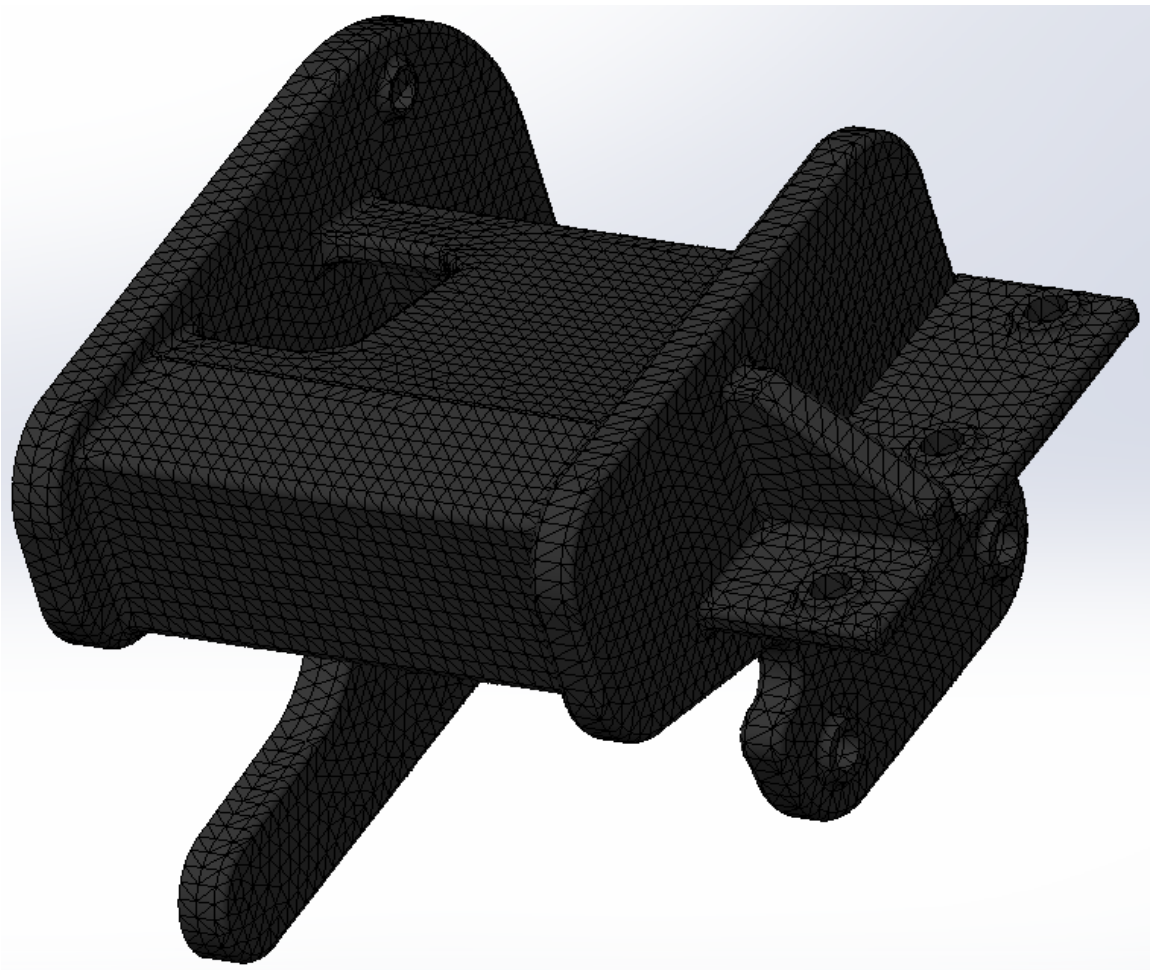
Figure III.10 : Introduction des Propriétés mécaniques de la fonte EN-GJS-600-3.

III.5. Maillage:

À la suite de la géométrie assez complexe du support boitier de direction, nous avons sélectionné un maillage de ce dernier en éléments tétraédriques (maillage hybride). Le choix de la taille du maillage doit être manipuler avec précautions sous peine d'avoir des calculs trop longs au regard du gain de précision minime, à partir d'un certain seuil.

L'expérience montre qu'il est souhaitable de travailler en trois itérations :

- ❖ Première itération : maillage grossier afin de valider le modèle de calcul en particulier les conditions aux limites. Il se peut que le calcul "plante" si le maillage est trop grossier ; impossibilité pour le logiciel de réaliser les calculs ;
- ❖ Deuxième itération : maillage moyen pour avoir un premier résultat ;



- ❖ Troisième itération : affiner le maillage afin de constater la convergence.

Figure III.11 : *Maillage volumique du support boitier.*

Le tableau III. Résume les caractéristiques du maillage choisi pour notre support boitier.

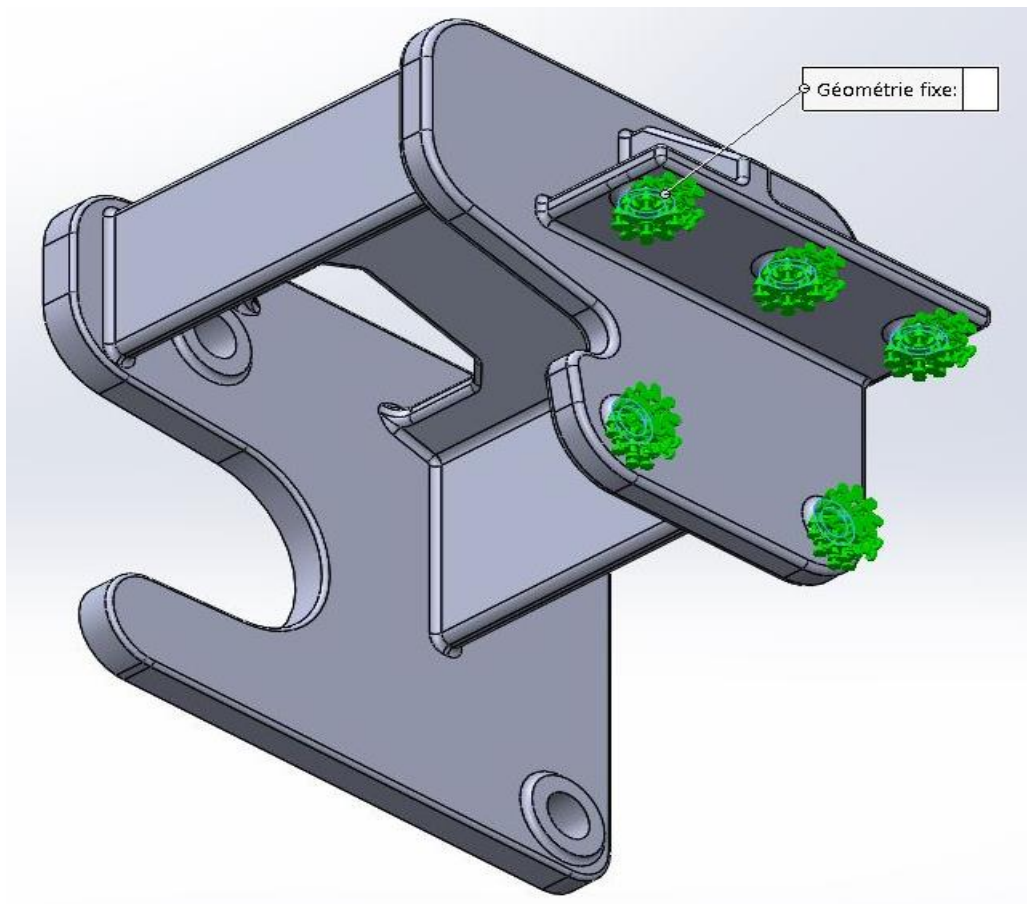
Tableau III.1 : *Informations sur le maillage du support boitier.*

Type de maillage :	Maillage volumique
Meilleur utilisé :	Maillage standard
Points de Jacobien :	4 Points
Taille d'élément :	6 mm
Tolérance :	0.3 mm
Tracé de qualité du maillage :	Haute
Nombre total de nœuds :	111421
Nombre total d'éléments	69265

Aspect ratio maximum :	11.485
Durée de création du maillage (hh; mm; ss)	00:12:27

III.6. Conditions aux limites

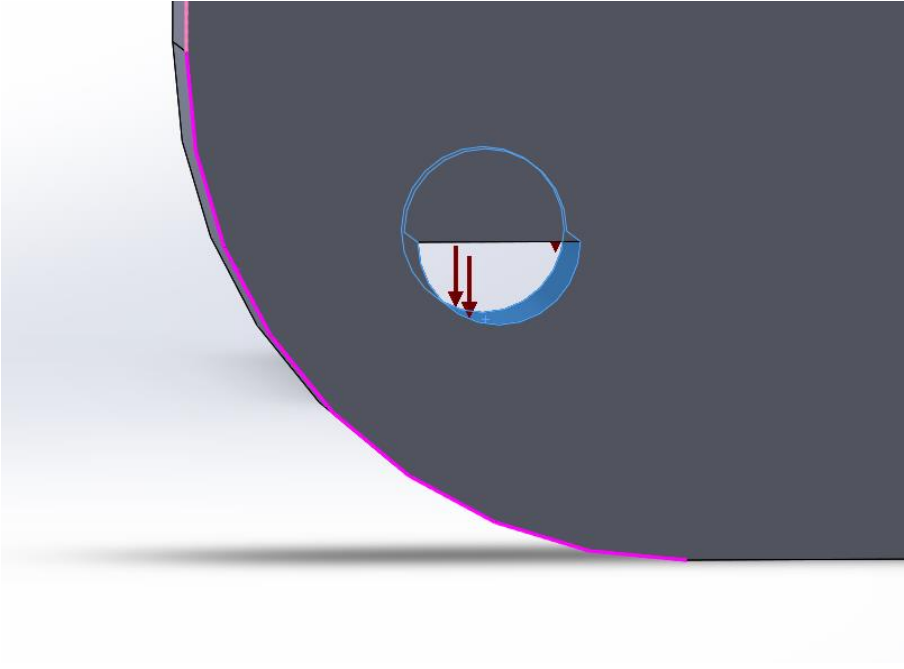
Le support boitier de direction est une pièce fixée sur le châssis du camion M120. Suite à cela, les surface de contact support-châssis sont considérée encastree sur ce dernier. La figure III.13 illustre les conditions d'appui du support boitier de direction sur le châssis.



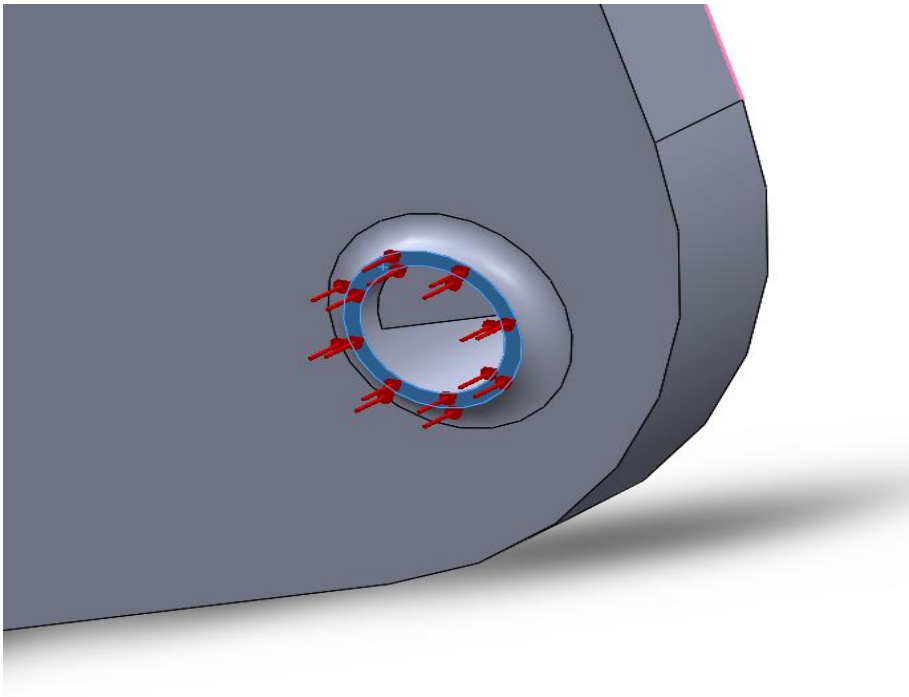
Figur III.12 : *Présentation des conditions d'appui support sur le châssis.*

III.7. Chargement

Le support boitier de direction supporte le chargement défini dans le paragraphe III.3. Ce chargement se résume à des forces réparties surfaciquement sur le contact vis-support et le contact support-rondelle d'appui. Sur les figures III.13 et III.14 est représenté ce chargement.



Figur III.13 : Représentation de la force repartie f_1 .



Figur III.14 : La force repartie f_2 appliquée sur la surface de contact support-rondelle.

III.8. Analyse et interprétation des résultats de la simulation :

Après avoir réalisé les étapes de la simulation à savoir :

- Dessin de la pièce.
- Les caractéristiques mécaniques de matériaux .
- Maillage.
- Condition aux limites.
- Chargement.

Nous réalisons une analyse statique du comportement mécanique du support boîtier de direction. Les résultats de cette analyse sont présentés sous la forme de champs de contraintes équivalentes de Von-Mises, de champs de déformations équivalentes et d'un champ de déplacement équivalent.

III.8.1. Champ de contraintes de Von-Mises :

La figure III.16 représente le champ de contraintes équivalentes de Von-Mises subit par les différents points du support boîtier de direction. A partir de ce champ, nous pouvons avancer que la valeur maximale de cette contrainte se situe au niveau des trous de passage des boulons de fixation du support sur la face verticale du châssis. Cette contrainte maximale est de l'ordre de 16.71 MPa. Comparée à la valeur de la contrainte admissible ($\sigma_{adm} = \frac{Re}{s=2}$) pour le matériau du support (fonte EN-GJS-600-3) à savoir 185 MPa, la contrainte maximale de Von-Mises est nettement inférieure ce qui nous permet de dire que le support boîtier de direction travaille en toute sécurité.

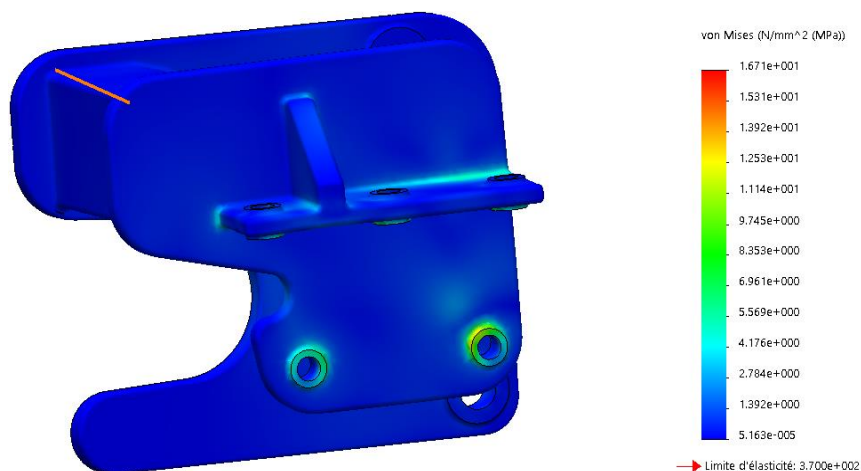
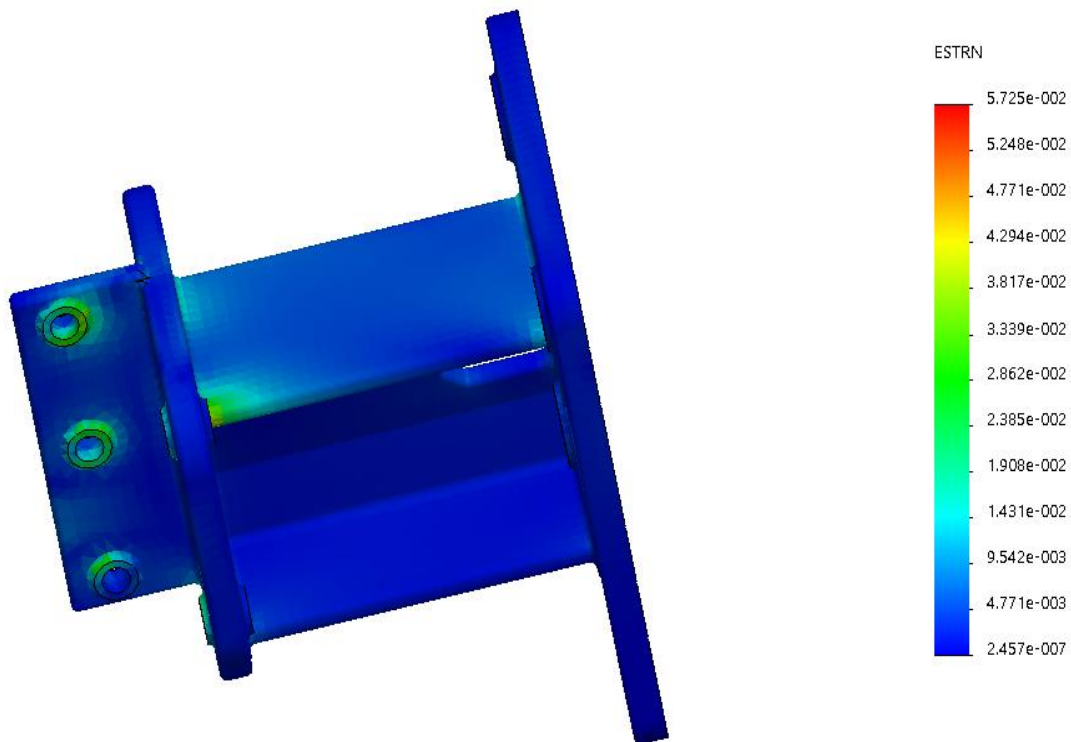


Figure III.15 : Champ de contrainte équivalente de Von-Mises.

III.8.2. Champ de déformation :

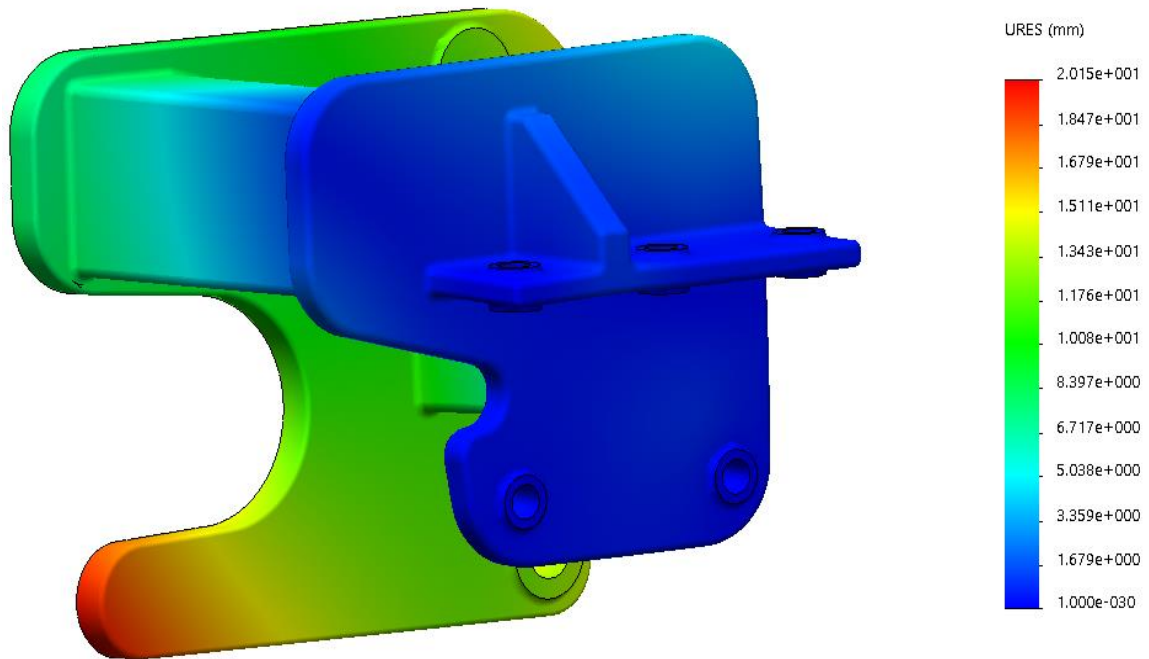
D'après la figure III.17, représentant le champ de déformation équivalente des différents points du support boîtier, nous pouvons constater que la valeur maximale de cette déformation, avoisinant 5.725%, se trouve aux alentours de des trous de fixation du support sur le châssis.



Figier III.16 : *Champ de déformations équivalentes du support.*

III.8.3. Champ de déplacement

La figure III.18 illustre le champ de déplacement équivalent du support boîtier. De cette figure, nous remarquons que la valeur maximale de ce déplacement se localise au niveau de la partie avant du support boîtier (dans la partie d'assemblage support-boîtier de direction). La valeur maximale de ce déplacement s'approche de 20.15 mm .



Figur III.17 : *Champ de déplacement résultant dans le support boitier.*

III.9. CONCLUSION :

La simulation par le logiciel d'élément finis CosmosWorks nous permis de déterminer les champs de contrainte, de déformation et du déplacement dans le support boitier de direction en tant que pièce monobloc, Les résultats de cette simulation nous permet de conclure que le support boitier nésite au chargement qu'il subit.

Dans la suite, nous abordons un tolérancement des caractéristiques géométriques et dimensionnelles du dit support.

Chapitre 4

Tolérancements

IV. 1. Introduction

En technique, la tolérance est liée au fait qu'il est inévitable d'avoir des imprécisions de fabrication, des imperfections, des pannes de fonctionnement, etc. La tolérance permet au système (mécanique, informatique, etc.) de pouvoir continuer à assurer sa fonction, soit en fixant l'écart acceptable (quand il s'agit par ex. de fabrication), soit en concevant un système en tenant compte des futurs écarts (pannes).

Après avoir vérifié la résistance du support boîtier de direction, nous abordons dans ce chapitre le choix des tolérances de ses différentes caractéristiques géométriques et dimensionnelles.

IV. 2. Définition des tolérances en mécanique

En mécanique, les tolérances sont de trois types à savoir : les tolérances dimensionnelles, les tolérances géométriques et l'état de surface.

IV.2.1. Les tolérances dimensionnelles

C'est une Variation maximale acceptable des dimensions d'une pièce pour que celle-ci soit admissible et fonctionnelle.

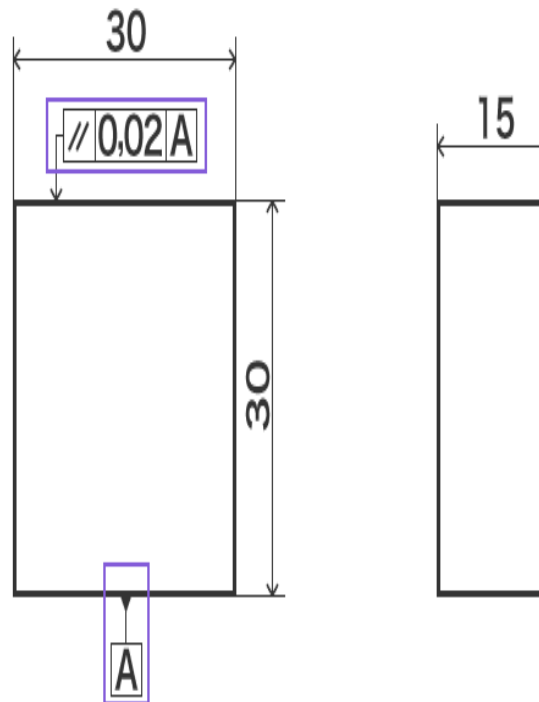


Figure IV.1 : Exemple de tolérance dimensionnelle.

IV.2.2. Les tolérances géométriques

En technologie et en mécanique, les spécifications de tolérance géométrique, portées sur le dessin technique ont pour objet la maîtrise de la géométrie de la pièce à fabriquer.

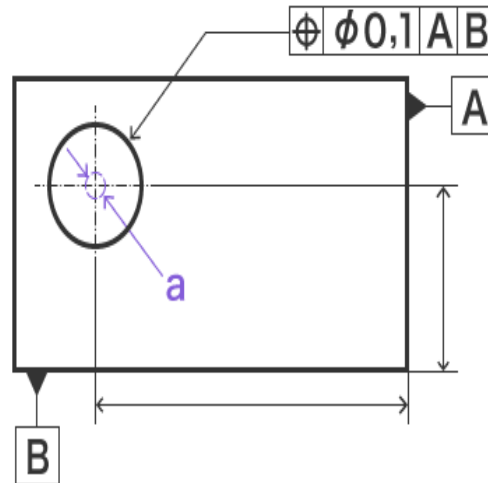


Figure IV.2 : Exemple d'une tolérance géométrique.

IV.2.3. Etat de surface (rugosité)

En mécanique, l'état de surface est un élément de cotation d'une pièce indiquant la fonction, la rugosité, la géométrie et l'aspect des surfaces usinées.

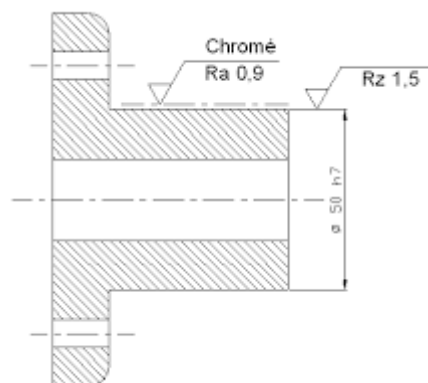


Figure IV.3 : Exemple d'une tolérance de rugosité.

IV.3. Critère de choix des tolérances

Il existe des critères précis pour choisir une tolérance, Une surface d'une pièce doit être vérifiée suivant ces critères:

- Rôle des surfaces (surfaces fonctionnelles ou non fonctionnelles) ;
- La nature des surfaces (surfaces brutes, surfaces usinées) ;
- Mode d'obtention de brut (moulage, forgeage ...etc).

IV.3.1. Choix des tolérances dimensionnelles

Pour une obtention de bruts par moulage, entre chaque deux surfaces brutes, on choisit :

$$es = + 0.5 \text{ mm} \quad , \quad ei = - 0.5 \text{ mm}$$

es : écart supérieur ; ei : écart inférieur

- Lorsqu'une cote est définie entre une surface brute et une autre usinée, nous optons pour une qualité de l'intervalle de tolérance « Q » 9 ou 10 ;
- Alors que si une dimension est entre deux surfaces usinées, la qualité de l'intervalle de tolérance « Q » est prise inférieure ou égale à 8. De plus, si les deux surfaces sont fonctionnelles, nous optons pour une qualité de 5 à 6.

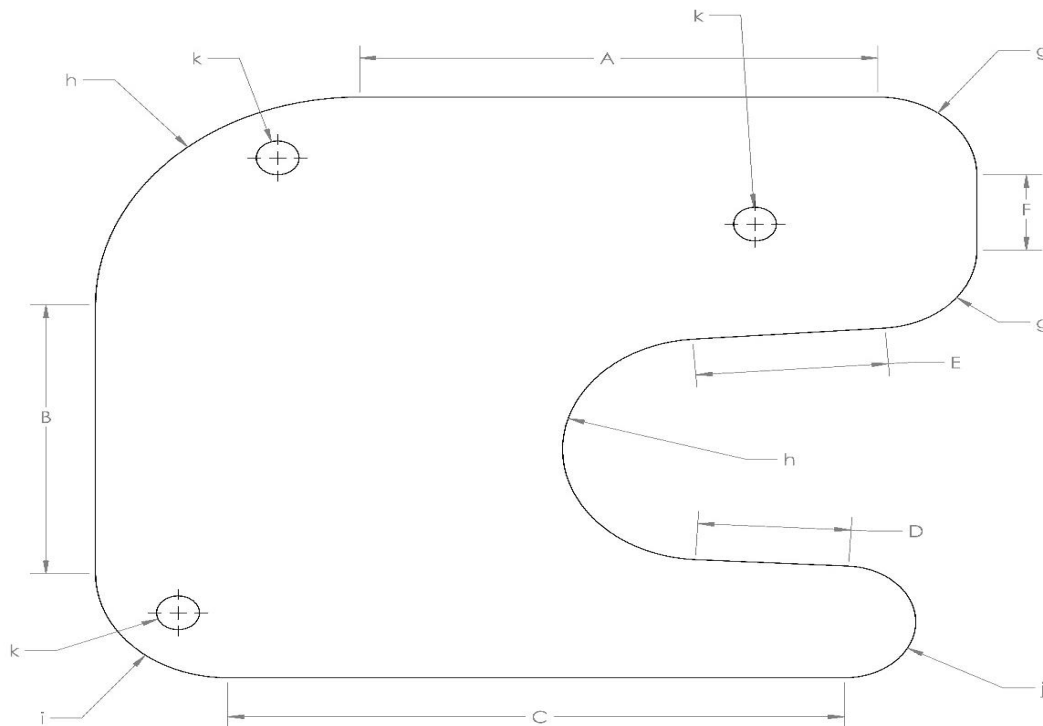


Figure IV.4 : Dimensions tolérances de la partie avant du support. $A = 157^{\pm 0.3}$, $B = 103^{\pm 0.3}$, $C = 187^{\pm 0.3}$, $D = 46^{\pm 0.2}$, $E = 58^{\pm 0.2}$, $F = 29^{\pm 0.1}$, $h = R43$, $i = R40$, $j = R21$, $g = R30$, $k = 21H13$.

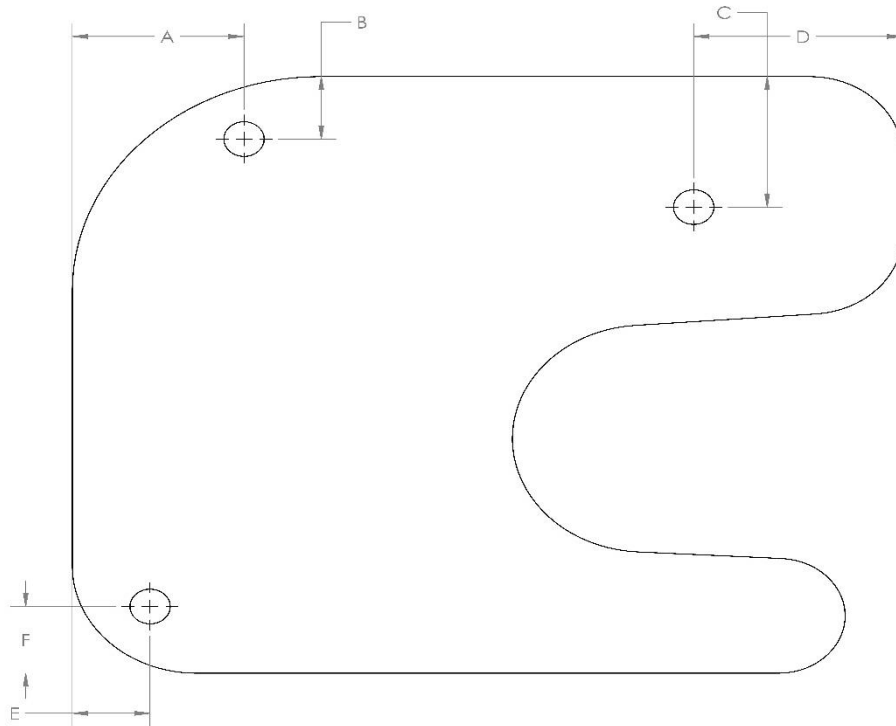


Figure IV.5 : Dimensions tolérances de la partie avant du support.(1) $A = 55^{\pm 0.1}$, $B = 23^{\pm 0.2}$, $C = 48^{\pm 0.1}$, $D = 67^{\pm 0.1}$, $E = 25^{\pm 0.2}$, $F = 25^{\pm 0.2}$.

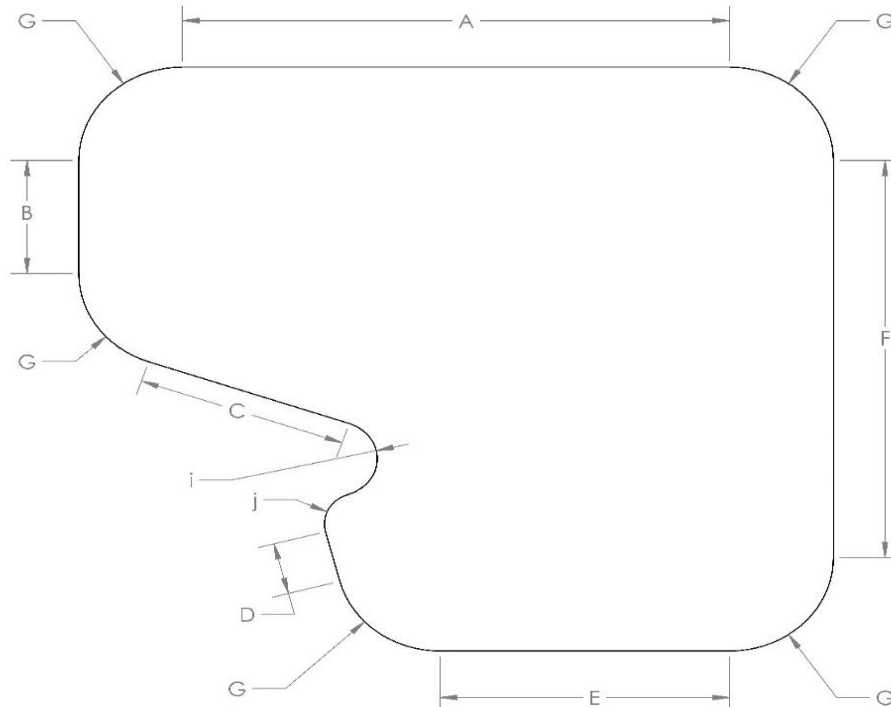


Figure IV.6 : Dimensions tolérances de la partie avant du support.(2) $A = 159^{\pm 0.1}$, $B = 36^{\pm 0.3}$, $C = 63^{\pm 0.2}$, $D = 16^{\pm 0.3}$, $E = 91^{\pm 0.1}$, $F = 103^{\pm 0.1}$, $G = R28$, $i = R12$, $j = R10$.

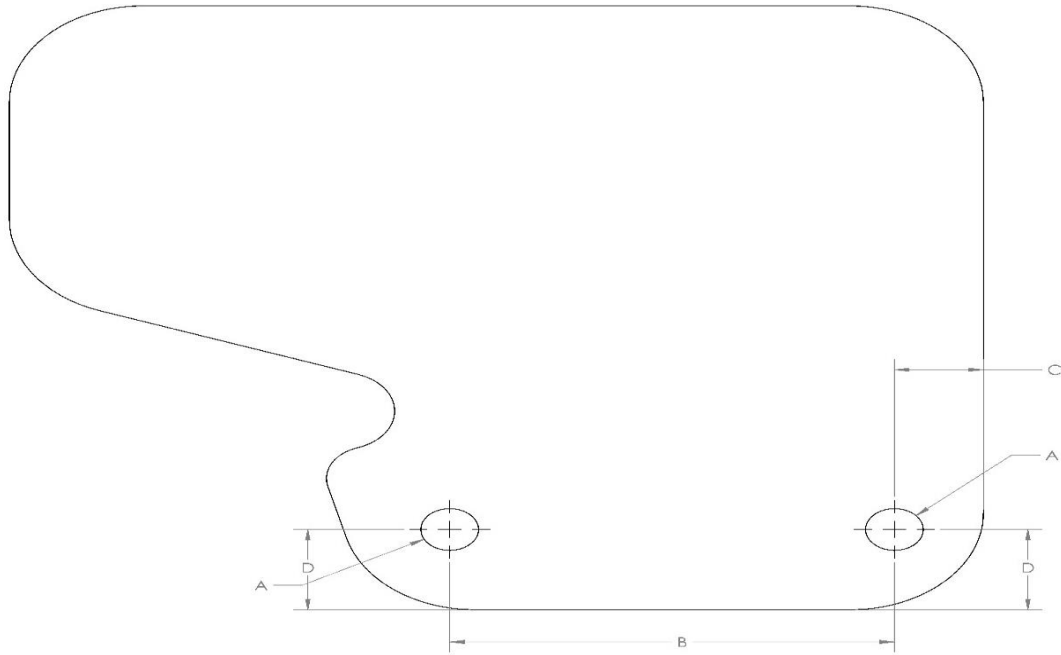


Figure IV.7 : Dimensions tolérances de la partie avant du support.(3). $A = 13H13$,
 $B = 100^{\pm 0.1}$, $C = 20^{\pm 0.3}$, $D = 25^{\pm 0.3}$.

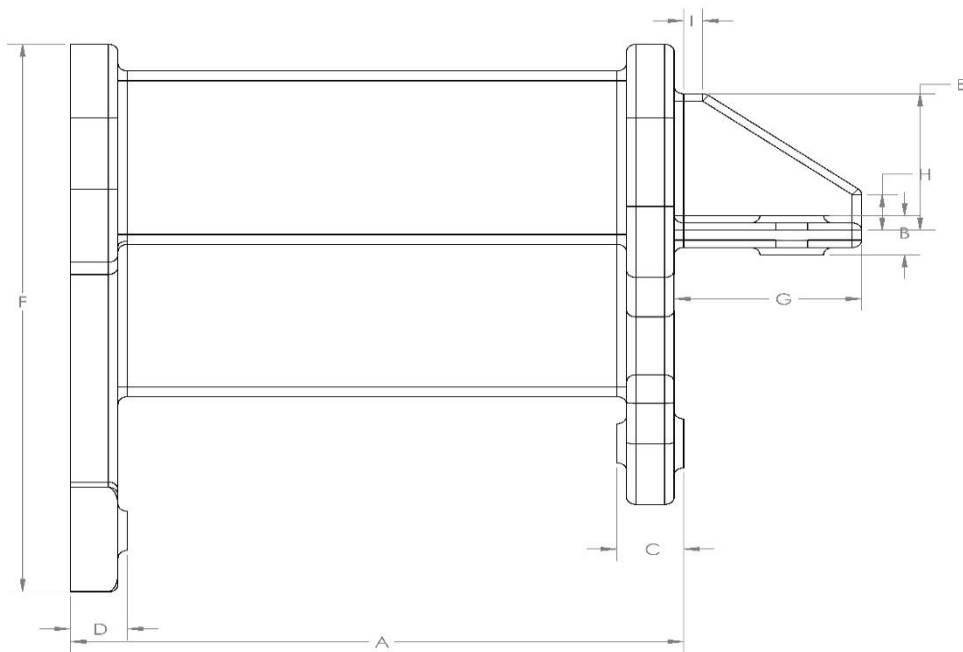


Figure IV.8 : Dimensions tolérances de la partie avant du support.(4). $A = 160^{\pm 0.03}$,
 $B = 16^{\pm 0.01}$, $C = 25^{\pm 0.015}$, $D = 18^{\pm 0.01}$, $E = 62^{\pm 0.1}$, $F = 223^{\pm 0.01}$, $H = 15^{\pm 0.01}$, $I = 7^{\pm 0.01}$, $G = 59^{\pm 0.01}$.

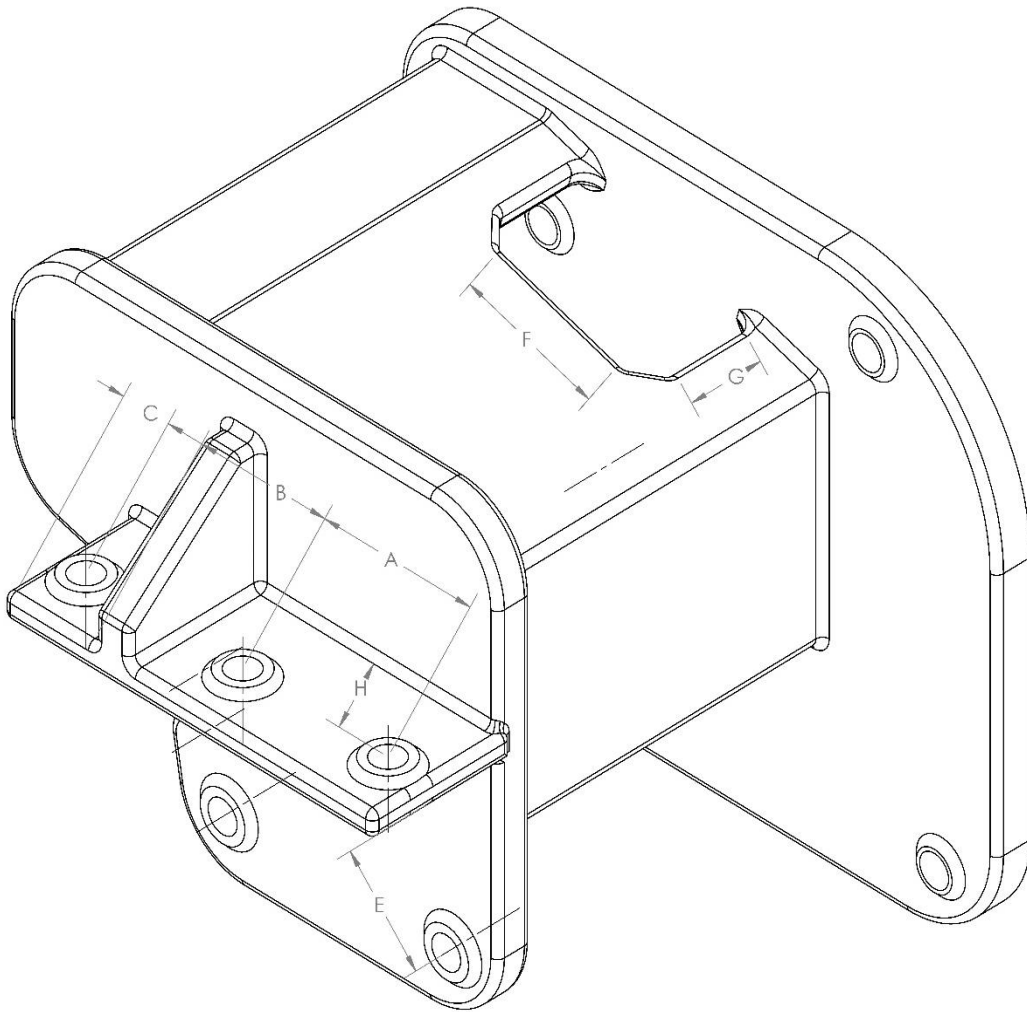


Figure IV.9 : Dimensions tolérances de la partie avant du support.(5). $A = 65^{\pm 0.2}$,
 $B = 70^{\pm 0.1}$, $C = 38^{\pm 0.5}$, $D = 13H13$, $E = 80^{\pm 0.1}$, $F = 69^{\pm 0.3}$, $G = 62^{\pm 0.3}$, $H = 37^{\pm 0.5}$.

IV.3.2. Choix des tolérances géométriques

Pour le support boîtier de direction, toutes les conditions géométriques sont pour des surfaces usinées nécessitant une qualité de l'intervalle de tolérance « Q » ≤ 8 . De même, s'il s'agit de surfaces fonctionnelles, on choisit une qualité de 5 ou 6.

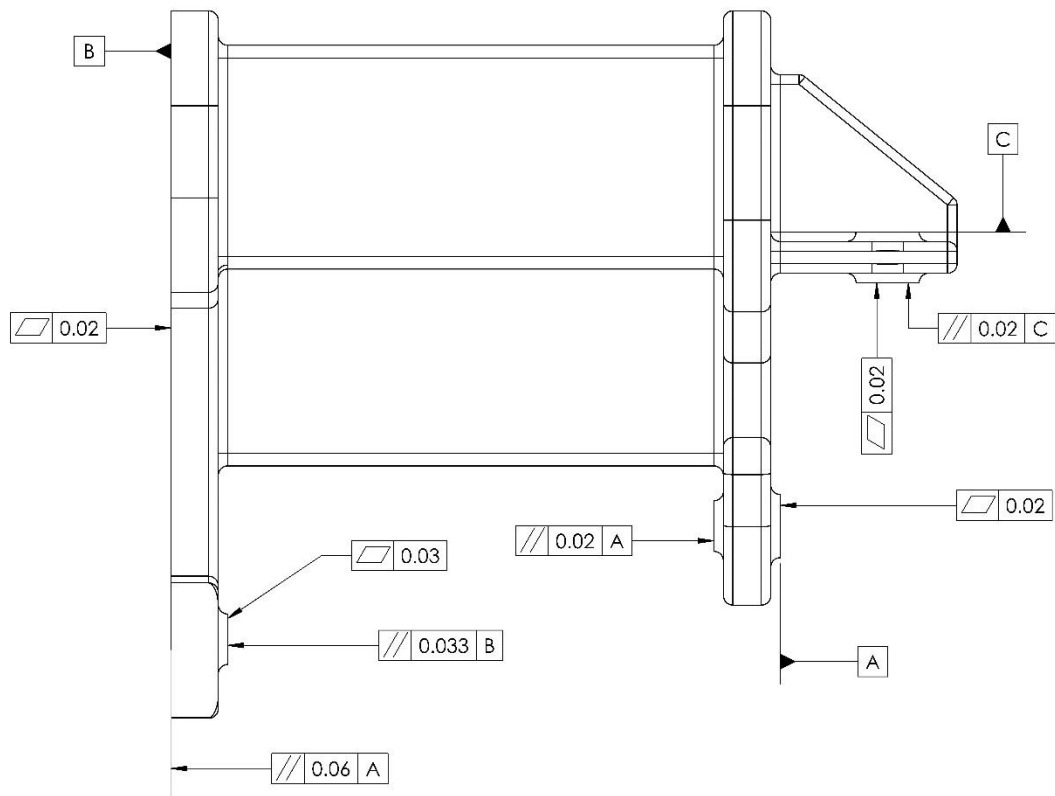


Figure IV.10 : Les conditions géométriques entre surfaces du support boitier.

IV.3.3. Choix des rugosités (état de surface)

Les critères du choix de l'état d'une surface (sa rugosité) peuvent être résumés comme suit :

- La nature des surfaces ;
- La fonction de la surface usinée ;
- Le Procédé d'obtention du brut.

La rugosité des surfaces brutes du support (brut obtenu par moulage) est de $Ra = 6.3 \mu m$ d'après [12]. La rugosité des surfaces usinées, selon [12] pour des surfaces avec assemblage fixe et une condition moyenne, est $Ra = 3.2 \mu m$.

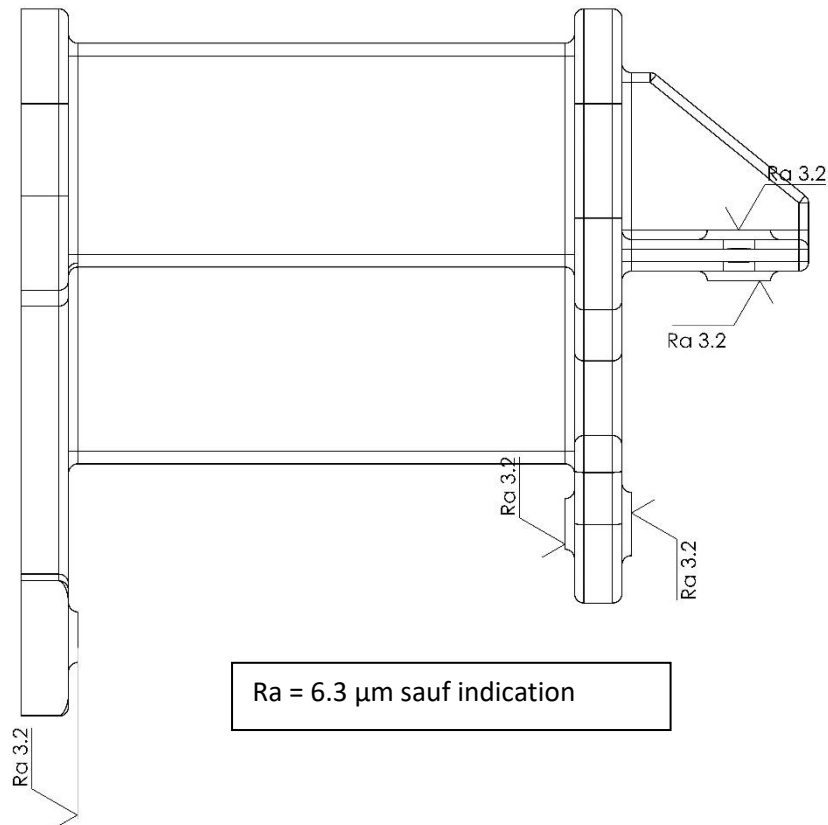


Figure IV.10 : *Les conditions état de surface (rugosité).*

IV.4. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons procédé à un choix des différentes tolérances des caractéristiques géométriques et dimensionnelles du support boîtier de direction. Ces choix ont été fait sur la base de critère tels que la nature des surfaces, le mode d'obtention du brut...etc. par la suite une représentation par projections orthogonales du support est faite.

CONCLUSION
GENERALE

Ce projet de fin d'étude nous été trop bénéfique, car il nous a permet de concrétiser nos connaissances théoriques acquises durant les années d'études, dans le domaine pratique et d'affronter des vraies expériences professionnelles. De même, il nous a aidé à avoir des connaissances plus rapprochées sur le milieu de conception et de fonctionnement.

Notre étude a été faite pour la conception d'un support boitier de direction ZF8095 en brut de fonderie à partir d'un prototype en mécano-soudé.

Donc, on peut dire que les objectifs fixés dans ce travail (rigidification du support et simplification de son processus de fabrication) sont bien atteints, le nouveau support moulé apporte à l'entreprise un gain appréciable du point de vue économique

Enfin, nous espérons avoir été clairs et que ce mémoire sera une référence et une voie à d'autre étude sur les commandes de direction pour d'autre véhicule.

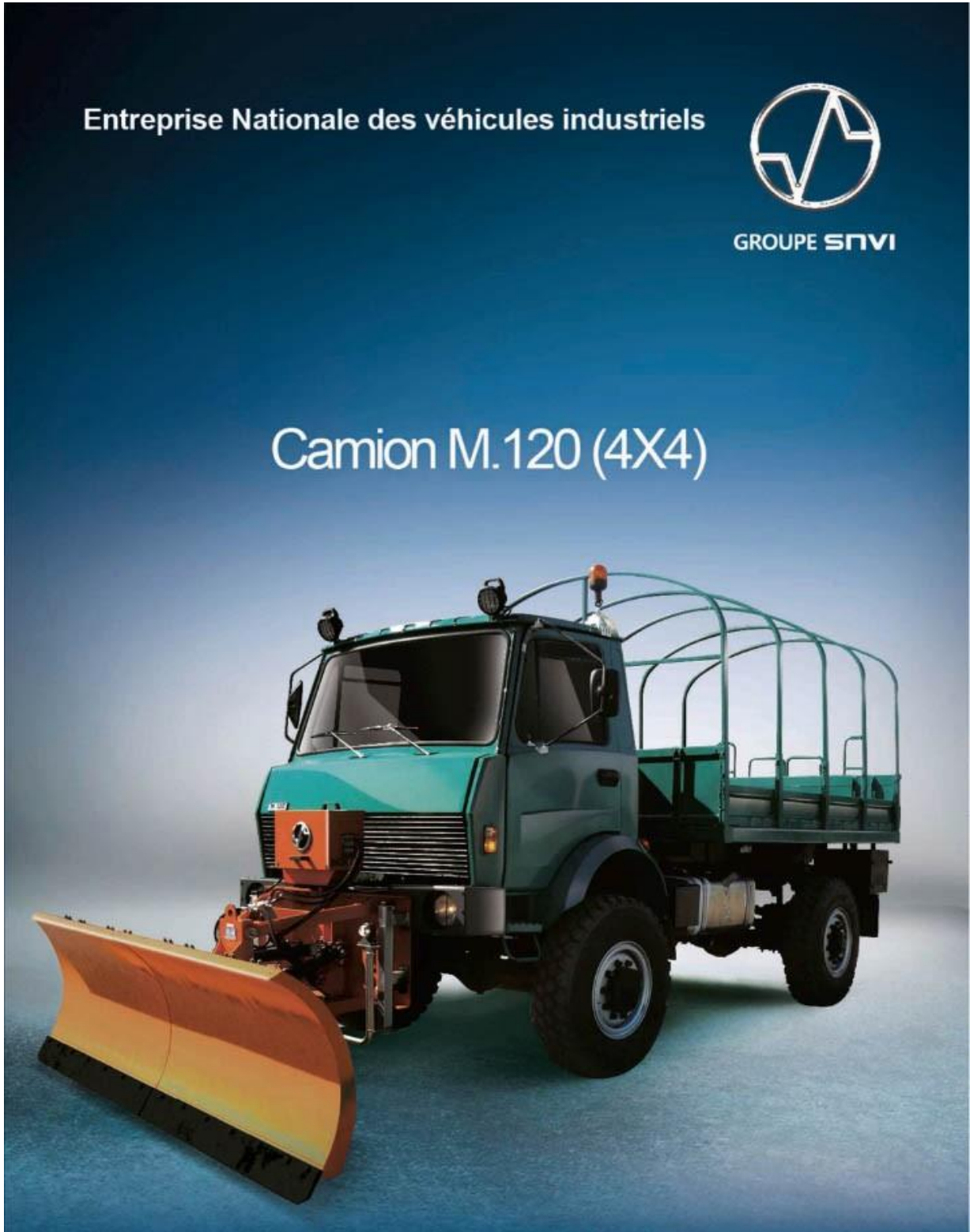
REFERINCE

- [1] Documentation SNVI ; Bureau d'étude.
- [2] Azab et El Maraghy, 2007] A AZAB and H EL MARAGHY, "Sequential process planning: A hybrid optimal macro-level approach", *Journal of Manufacturing Systems*, 26, pp 147–160, 2007.
- [3] Azab et El Maraghy, 2009] A. AZAB and H. EL MARAGHY, "Reconfiguring Process Plans: A New Approach to Minimize Change," *Book of Changeable and Reconfigurable Manufacturing Systems*, Springer London, pp 179-194, ISBN: 978-1-84882-066-1, 2009.
- [4] Belmokhtar, 2006] S. BELMOKHTAR, « Lignes d'usinage avec équipements standard : modélisation, configuration et optimisation », Thèse de doctorat, École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, 2006.
- [5] Bouzgarrou et al, 2002] B. C. BOUZGARROU, B. THUILOT, P. RAY and G. GOGU, "Modélisation des manipulateurs flexibles appliquée aux machines-outils UTGV Modeling of flexible manipulators applied to HSMW machine tools", *Mécanique & Industries*, 3 (2002) 173–180.
- [6] Cao et Altintas, 2007] Y. CAO and Y. ALTINTAS, "Modeling of spindle-bearing and machine tool systems for virtual simulation of milling operations", *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, Volume 47, Issue 9, July 2007, Pages 1342-1350.
- [7] Castagnetti et al, 2008] C. CASTAGNETTI, E. DUC and P. RAY," The Domain of Admissible Orientation concept: A new method for five-axis tool path optimisation", *Computer-Aided Design* (2008), doi:10.1016/j.cad.2008.07.002.
- [8] Chen et Yanb, 1999] F-C. CHEN and H-S. YANB, "Configuration synthesis of machining centres with tool change mechanisms", *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 39, 273–295, 1999.
- [9] Livre automobile 1983 Edition delta, spés Sa ch-1026 senges (Lausanne).
- [10] <https://www.univ-biskra.dz/enseignant/bensaada/moulage%20et%20soudage.pdf>
- [11] Guide du dessinateur industriel – Chevalier.

ANNEXE

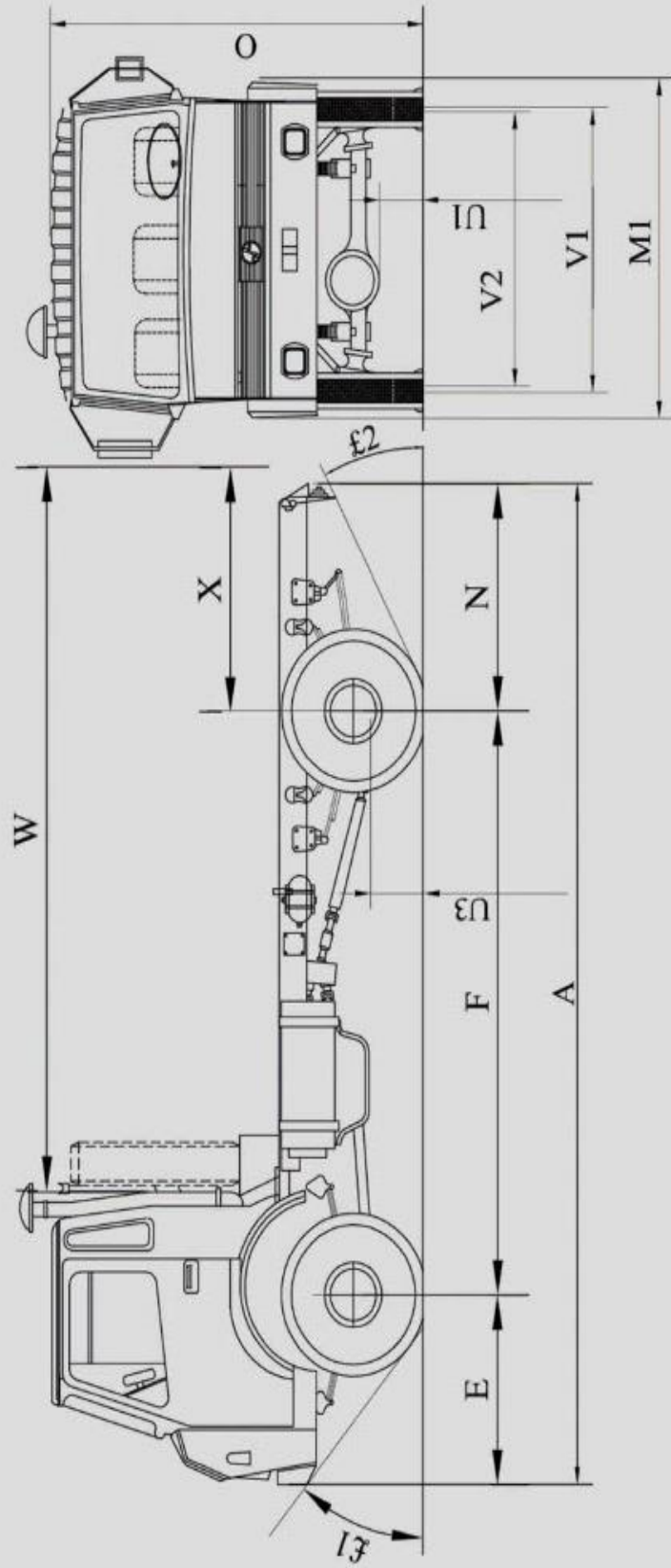
Annexe : Description du véhicule M120

1. Présentation de véhicule M120



M.120 [4X4]

CHASSIS PORTEUR



M.120 (4X4)

CHASSIS PORTEUR

DIMENSIONS (mm)			
Empattement	F	3300	
Porte à faux AV	E	1277	
Porte à faux AR	N	1300	
Porte à faux AR maxi	X	1390	
Longueur carrossable	W	3650	
Longueur hors tout	A	5577	
Longueur hors tout	M1	2380	
Hauteur à vide	O	2840	
Garde au sol	avant	U1	330
	arrière	U3	320
Voie	avant	V1	2002
	arrière	V2	1938
Angle d'attaque	E1	46°	
Angle de fuite	E2	50°	
Longueur carrossable (sans porte roue de secours)		4180	

POIDS (kg)		
Poids du châssis cabine en ordre de marche		4200
Répartition de ce poids sur :	Pont AV	2800
	Pont AR	1400
Poids total autorisé en charge (PTAC) (Route)		10000
Poids total autorisé en charge (PTAC) (tout terrain)		8000
Charge maxi autorisée sur	Pont AV	5800
	Pont AR	8000

CABINE :

- Suspendue en 3 points par des plots élastiques.
- Ailes enveloppantes et ailerons arrière avec grandes bavettes évitant les projections de boue.
- 3 places avec ceinture de sécurité.

