



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mouloud MAMMERI de Tizi Ouzou

Faculté du Génie de la Construction

Département de Génie Mécanique



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du
Diplôme de Master Académique en Génie Mécanique
Spécialité : Construction Mécanique

Thème

*Conception et dimensionnement d'un système de
direction assistée sur un autocar quatre roues motrices
« ATAKOR 2 »*

Réalisé par:

Mlle.OURRAD Nassima

Mlle.NAROUN Fadhila

Présenté devant le jury :

Mr.LARBI Said

Mr. MENOUEUR Ahcene

Mr.ZIANI Hocine

Proposé par :

SNVI (Rouiba)

Dirigé par :

Mr.ZIANI Hocine

Président

Examineur

Promoteur

Promotion 2018

Remerciements

Nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné le privilège et la chance d'étudier et de suivre le chemin de la science et de la connaissance. Nous remercions notre promoteur Monsieur ZIANI Hocine pour tous ses conseils, de nous avoir guidés et orientés tout au long de cette étude.

L'encadrement de ce travail au sein de la SNVI a été assuré par Monsieur *NAIT-DJOUDI Mourad*, chef de département des véhicules spéciaux. Nous tenons à le remercier vivement pour son soutien et ses conseils émanant d'une solide et riche expérience. Ainsi que Monsieur *HABILI Oussama* et *MELLAL Abdrrahim*.

Nous remercions les membres du jury qui ont accepté d'évaluer et juger le présent travail.

Nos remerciements vont au staff du bureau d'études de la SNVI, ingénieurs et techniciens, pour leur accueil et l'ambiance qu'ils nous ont offert durant le stage.

Nous remercions chaleureusement Mme *HEBIB Nadia* (Chef de service de formation à la SNVI) de nous avoir accueillis et permis d'établir le lien entre nos connaissances théoriques et le domaine pratique.

Nous tenons également à remercier BENIDIR Smail, MAHOUR Massinissa et MOUSSOUM Hocine qui nous ont beaucoup aidé à réaliser ce travail.

Un grand merci aussi à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, à nos amis et à nos chères familles.



Dédicace

Je dédie ce travail à :

Mes chers parents

Mon frère et mes sœurs

Mes neveux et mes nièces

Mes chers amis

Nassima



Dédicace

Je dédie ce travail à :

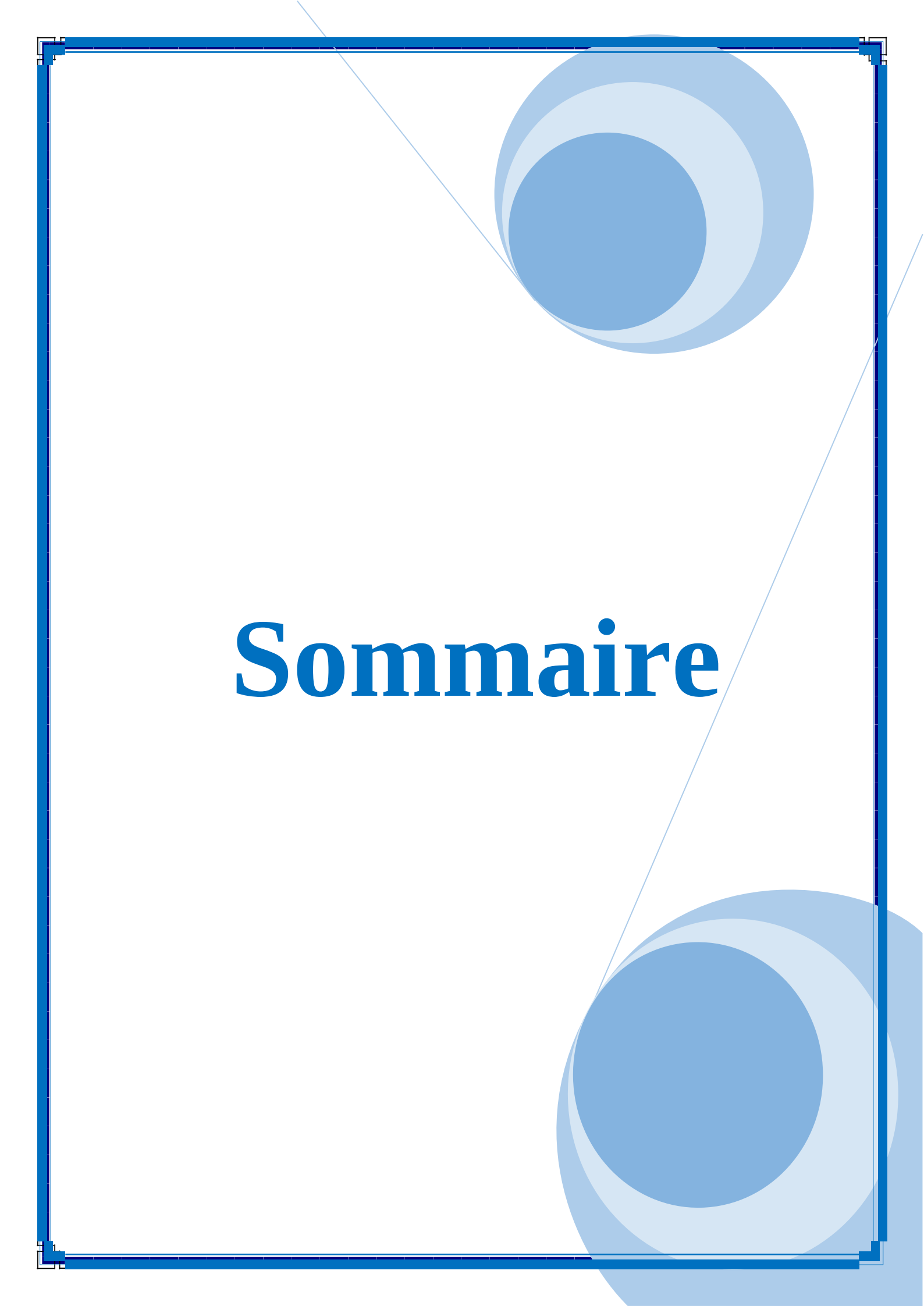
Mes chers parents

Mes frères et mes sœurs

Mes chers amis

Fadhila



The page features a decorative design with a thick blue border. In the top right and bottom right corners, there are sets of three concentric circles in varying shades of blue. A thin blue diagonal line runs from the top left towards the bottom right, passing through the circles.

Sommaire

Sommaire

Introduction générale.....	1
-----------------------------------	----------

Chapitre I : Présentation de l'entreprise et description de l'autocar 38L4

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 de SNVI	3
--------------------------------	---

I.2.3. Organigramme de la SNVI	10
--------------------------------------	----

I.2.4. Les services de la SNVI	10
--------------------------------------	----

I.2.5. Produits de la SNVI	12
----------------------------------	----

I.2.5. 1.Les gammes de produits.....	12
--------------------------------------	----

I.2.5. 2.Les structures de soutien à la production.....	13
---	----

I.2.5. 3.Infrastructures industrielles et capacité de production.....	13
---	----

I.3.Description du véhicule 38L4	14
---	-----------

I.3.1. Présentation de l'autocar 38L4	14
---	----

I.3.2. Fiche Technique	16
------------------------------	----

I.4. Conclusion	20
------------------------------	-----------

Chapitre II : Généralités sur la direction automobile

II.1. Introduction.....	21
--------------------------------	-----------

II.2. Historique	21
-------------------------------	-----------

L'autocar	21
-----------------	----

Un regard vers l'industrie	21
----------------------------------	----

L'ingénieur automobile.....	22
-----------------------------	----

II.3 Les véhicules à deux roues motrices.....	22
--	-----------

II.4 Les véhicule à quatre roues motrices	23
--	-----------

II.4.1.Définition	23
-------------------------	----

II.4.2. Transmission intégrale	24
--------------------------------------	----

II.4.3.Les avantages d'un véhicules 4 roues motrices	24
--	----

II.4.4.Inconvénients d'un véhicules 4 roues motrices	25
--	----

II.5. Direction du véhicule automobile	25
---	-----------

II.6 Direction traditionnelle	28
--	-----------

II.7 Direction assistée	28
--------------------------------------	-----------

II.7.1. La direction à assistance Electrique (DAE).....	29
---	----

II.7.2.La direction à assistance Electro-Hydraulique (DAEH)	29
---	----

II.7.3. La direction à assistance Hydraulique (DAH)	30
---	----

II.7.3.1. Les composants hydrauliques :.....	31
--	----

II.7.3.2. Types de direction assistée hydraulique	35
---	----

a) Direction à crémaillère.....	35
---------------------------------	----

b) Direction à boîtier.....	37
-----------------------------	----

II.7.3.3. Les composants principaux d'un système de direction	39
---	----

II.7.3.4.Construction et fonctionnement du « Boîtier de direction ZF, type 8095 »....	41
---	----

a) Description du boîtier ZF 8095	41
--	----

b) Fonctionnement.....	42
------------------------	----

c) Limiteur de braquage	43
-------------------------------	----

II.8 Conclusion	42
------------------------------	-----------

Chapitre III : Conception et dimensionnement du système de direction assistée

III.1.Introduction	44
---------------------------------	-----------

III.2.Braquage	44
-----------------------------	-----------

III.2.1.Comportement du véhicule en virage.....	44
---	----

III.2.2. L'épure de direction (Centre instantané de rotation).....	44
--	----

III.2.3. Epure de Jeantaud	45
----------------------------------	----

III.2.4.Angle de braquage	47
---------------------------------	----

III.3. Conception et Dimensionnement	49
---	-----------

III.3.1. Etude et dimensionnement du support de boîtier de direction.....	49
---	----

III.3.1.1. Critères de choix des matériaux	49
--	----

III.3.1.2. Choix du matériau : Les fontes à graphite sphéroïdale	50
--	----

a)Définition	50
--------------------	----

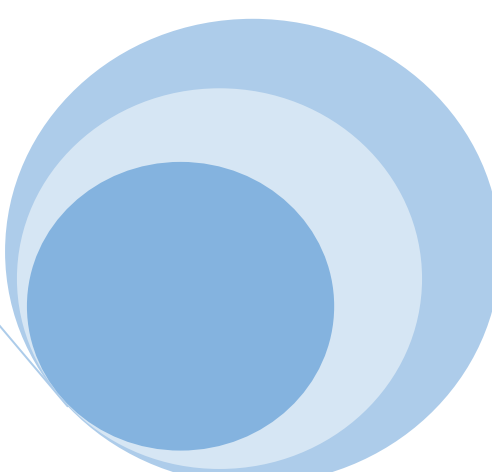
b) Désignation	51
----------------------	----

c) Avantages	51
--------------------	----

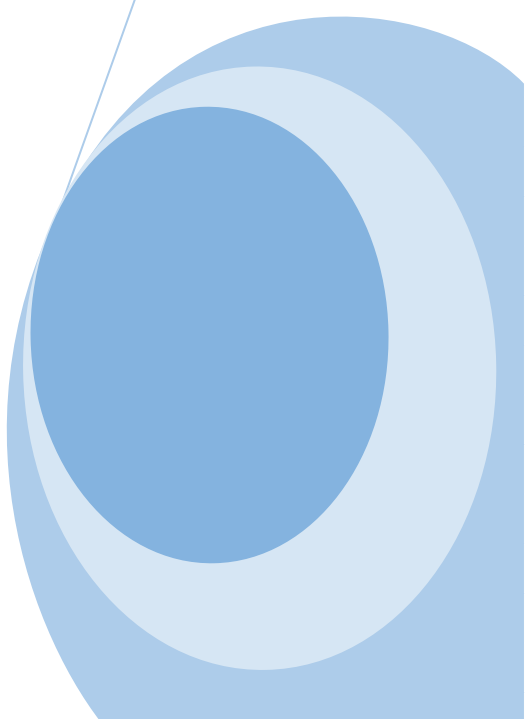
d) les principales utilisations.....	51
--------------------------------------	----

e) Spécifications	52
-------------------------	----

III.3.1.3. Etude de la résistance du support	53
a) Matériau et propriété.....	53
b) Déplacement imposé.....	54
c) Chargement.....	55
d) Résultats de la simulation	56
III.4. Liaisons entre les composants du système de direction	57
III.4.1 : Liaison volant-colonne de direction	57
III.4.2 : Liaison colonne de direction-boitier.....	58
III.4.3 : Liaison boitier-support.....	59
III.4.4 : Liaison boitier-levier pendant.....	59
III.4.5 : Liaison levier pendant-bielle de direction	60
III.4.6 : Liaison bielle de direction-levier de direction	60
III.4.7 : Liaison levier de direction-fusée	61
III.4.8 : Liaison fusée gauche-fusée droite	61
III.5. Position de boitier sur le châssis	65
III.6. Fixation du support sur le châssis.....	66
III.7. Vérification de la résistance de l'assemblage boulonné	67
III.8. Assemblage complet du système de direction.....	73
III.9. Conclusion	75
Conclusion générale	76



Liste des

- Figures
 - tableaux
 - Abréviations et Symboles
- 

Liste des figures

Chapitre I : Présentation de l'entreprise et Description de l'autocar 38L4

Figure .I.1 : Organigramme de la société nationale des véhicules industriels en 2015	10
Figure I.2 : Véhicule avant et après rénovation	11
Figure .I. 3 : Aménagements personnalisées pour les produits de gamme SNVI.....	11

Chapitre II : Généralités sur la direction automobile

Figure II.1: véhicule à deux roues motrices.....	23
Figure II.2 : véhicule à quatre roues motrices	23
Figure II.3 : Organigramme de critères de la direction automobile.....	26
Figure II.4 : Organigramme de direction automobile et assistance.	27
Figure II.5: Fonction globale de la direction	29
Figure II.6 : Les composants hydrauliques de la direction assistée.....	31
Figure II.7 : pompe à palettes	32
Figure II.8 : pompe à engrenages.....	33
Figure II.9 : Schéma du bloc de distribution	34
Figure II.10 : Réservoir d'huile	34
Figure II.11 : Crémaillère de direction	35
Figure II.12 : Système de direction à crémaillère	36
Figure II.13: Boîtier de direction à vis et secteur	37
Figure II.14 : Système de direction à boîtier	38
Figure II.15 : Principaux composants de la direction	39
Figure II.16 : Boîtier de direction à assistance hydraulique.	41
Figure II.17 : Schéma de fonctionnement du boîtier.	42

Chapitre III : Conception et dimensionnement du système de direction assistée

Figure III.1 : Centre instantané de rotation.....	45
Figure III.2 : Epure de JEANTAUD.....	46
Figure III .3 : Angles de braquage	47
Figure III.4 : Déférents rayon de braquage	48
Figure III.5 : Support de boitier.....	49
Figure III.6 : Forme de graphite sphéroïdale	51
Figure III.7: Déplacement imposé au support	54
Figure III.8: Chargement appliqué sur support.....	55
Figure III.9: Contraintes de Von Mises subit par le support	56
Figure III.10: Système de direction assistée	57
Figure III.11 : Assemblage volant-colonne de direction	57
Figure III.12: Fixation de la colonne sur le boitier	58
Figure III.13: Assemblage boitier de direction-support.....	59
Figure III.14: Fixation de levier pendant sur le boitier.....	59
Figure III.15: Fixation de la bielle au levier pendant	60
Figure III.16 : Fixation de la bielle au levier de direction	60
Figure III.17 : Fixation du levier de direction sur la fusée gauche.....	61
Figure III.18 : Liaison levier pendant-levier de direction.....	61
Figure III.19 : Liaison fusée gauche-fusée droite	63
Figure III.20 : Position de boitier sur le châssis	65
Figure III.21 : Fixation du support de boitier sur le châssis	66
Figure III.22 : Rigidité des pièces assemblées.....	67
Figure II.23 : Assemblage vis-écrou.....	67
Figure III.24 : Assemblage de deux pièces boulonnée	71
Figure III.25: Rigidité KB du boulon	72
Figure III.26 : Vue de face du système de direction.....	73
Figure III.27 : Vue de gauche du système de direction	74
Figure III.28 : Vue dessus du système de direction.....	74

Liste des tableaux

Chapitre I :

Tableau I.1 : Infrastructures industrielles et capacités de production	13
Tableau I.2 : Dimensions du véhicule 38L4	15
Tableau I.3: Poids du véhicule 38L4	16
Tableau I.4 : Tableaux des vitesses en Km/h au régime maxi.....	19

Chapitre III :

Tableau III.1 : Composition chimique imposée de la fonte graphite sphéroïdale traitée	52
Tableau III.2 : Caractéristiques mécaniques de la fonte graphite sphéroïdale traitée	52
Tableau III.3 : Propriétés du matériau utilisé	53
Tableau III.4 : Contraintes admissibles.....	70

Abréviations et symboles

Abréviations :

CIR : Carrosseries Industrielles de Rouïba.

CIT : Carrosseries Industrielles de Tiaret.

CTH : Citerne Transport d'Hydrocarbures.

DRVI : Division Rénovation Véhicule.

EPE : Entreprise Publique Economique.

FOR : Fonderie de Rouïba.

GL : Fonte lamellaire.

GS : Fonte grise sphéroïdale.

PTAC: Poids total à charge.

SAV : Service Après-vente.

SNVI : Société Nationale de Véhicule Industriels.

SONACOME : Société National de Construction Mécanique.

SPA : Société Par Action.

UER : Unité Etude et Recherche.

VIR : Véhicules Industriels de Rouïba.

SAPPL-MB : Société Algérienne pour la Production de Poids Lourds Mercedes Benz.

RAP : Renault Algérie Production.

FNI : Fonds National D'Investissement.

DAE : Direction à Assistance Electrique.

DAEH : Direction à Assistance Electro-Hydraulique.

DAH : Direction à Assistance Hydraulique.

CIR : Centre instantané de rotation.

CKD : Completely Knocked Down.

JV : Joint Venture.

ABS : Antiblockier System.

AR : Arrière.

AV : Avant.

PVC : Polyvinyl Chloride.

CSC : Concentric Slave Cylinder.

BV : Boite vitesse.

PV : Petite vitesse.

GV : Grande vitesse.

AWD: All Wheel Drive.

Symboles:

δ_i [Degré]: Angle de braquage de la roue intérieure.

δ_o [Degré]: Angle de braquage de la roue extérieure.

O : centre instantané de rotation.

E [mm]: Empattement

R [mm]: Rayon de braquage

R_T [mm]: Rayon de dégagement de trottoir

R_M [mm]: Rayon de braquage hors-tout

D_M [mm]: Diamètre de braquage hors-tout

t [mm]: Entraxe pivots

L [mm]: Empattement ; distance séparant les axes des essieux avant et arrière

α [Degré]: Angle de pivotement maximal de levier pendant sur le véhicule 38L4 à gauche

β [Degré]: Angle de pivotement maximal de levier pendant sur le véhicule 38L4 à droite

L [mm]: Epaisseur de châssis plus l'appui de support

d [mm]: Diamètre nominal

d' [mm]: Diamètre de flanc

d'' [mm]: Diamètre de fond de filet de la vis

P: Pas de filet de la vis

F_p [N]: Précontrainte minimale prescrite

A [mm²]: Section équivalente résistante totale.

F_{ub} [MPa] : Résistance nominale a la rupture en traction

f_p [N]: Couple de serrage pour 1 seul boulon

f_{p max} [N]: Précontrainte maximum

Y : Coefficient d'incertitude de serrage

C_s [N*m]: Couple de serrage

σ_{re} [MPa]: Limite d'élasticité d'un boulon

A_t [mm²]: Aire équivalente

M_S [kg]: Masse du support

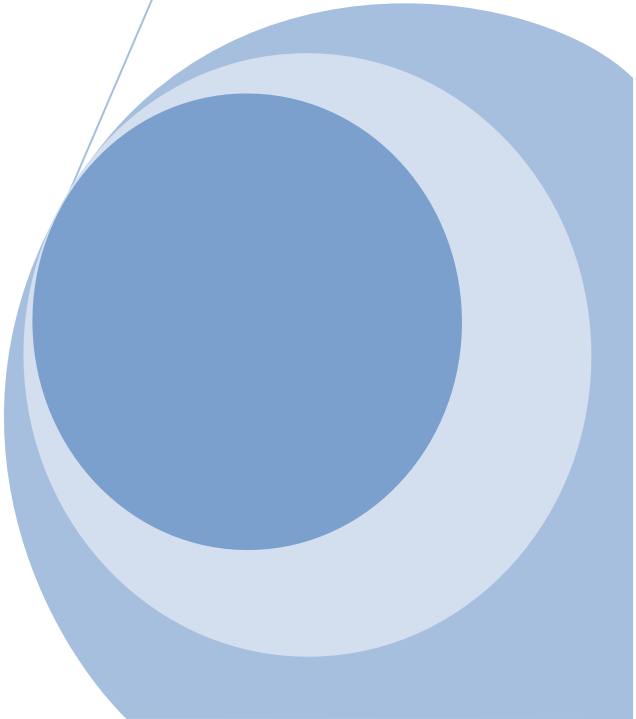
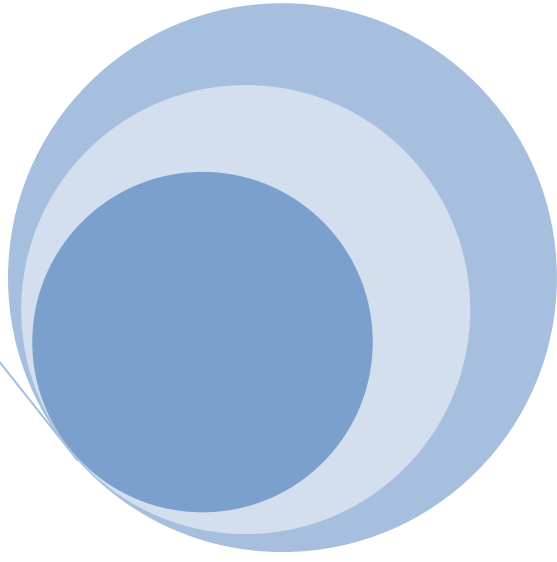
M_b [kg]: Masse du boîtier

M_L [kg]: Masse du levier pendant

M_{BL} [kg]: Masse de la bielle

g [m*s⁻¹]: La gravité

F_{max} [N]: Effort maximal de traction
P_T [kg]: poids de l'ensemble
F_{E dyn max} [N]: Effort de charge dynamique maximum
[σ_{dyn}] [MPa]: Contrainte dynamique admissible
F_{a max} [N]: Effort dynamique alternée maximum
σ_{a max} [MPa]: Contrainte dynamique alternée maximum
F_{e dyn} [N]: Effort dynamique
σ_{dyn} [MPa]: Contrainte dynamique
ΔL_B [mm]: Allongement du boulon
ΔL_A [mm]: Contraction des éléments assemblés
F₀ [N]: Pré-charge ou « précontrainte » due à l'effort de serrage
K_A [N /m]: Rigidité respective des pièces assemblées
K_B [N/m]: Rigidité respective du boulon
E_A [MPa]: Module d'élasticité longitudinale du matériau des pièces
L [mm]: Epaisseur des deux pièces « support +châssis »
E [MPa]: Module d'élasticité longitudinale
A'' [mm²]: Aire du fut de boulon comprise entre la tête et l'écrou
A_A [mm²]: Section équivalent
R_m [MPa] : Résistance à la rupture.
R_p [MPa] : Limite d'élasticité du support.
A [%] : Allongement après rupture.
K_M [J/cm²] : Résilience.
L_f [N/mm²] : Limite d'endurance en flexion



Introduction générale

Introduction générale :

Dans un secteur aussi concurrentiel que vital pour l'économie nationale, le secteur des véhicules industriels cherche en permanence à améliorer la fiabilité et les performances de ses véhicules. Parmi ses performances, le système de direction qui a toujours fait l'objet d'une attention toute particulière de la part des constructeurs.

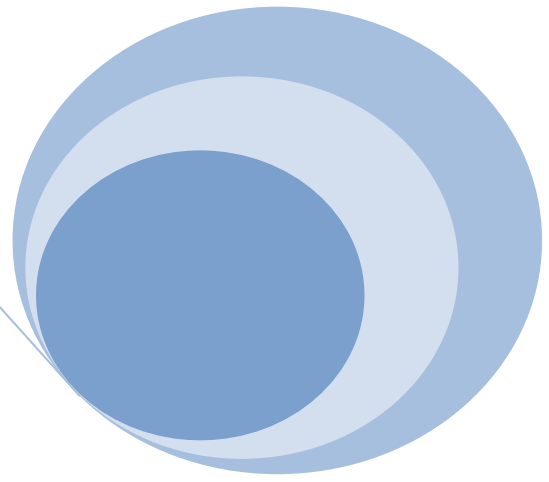
La SNVI, société au sein de laquelle nous avons l'opportunité d'effectuer notre stage veut équiper un nouveau produit d'un système de direction assistée. Ce produit qui est l'autocar 38L4 «ATAKOR 2» est toujours en cours d'étude. Notre travail consiste beaucoup plus à faire l'adaptation et le dimensionnement d'un support de boîtier.

Après l'introduction générale où nous avons décrit l'objectif de ce mémoire, pour une bonne organisation de celui-ci nous l'avons structuré en trois chapitres essentiels répartis comme suit:

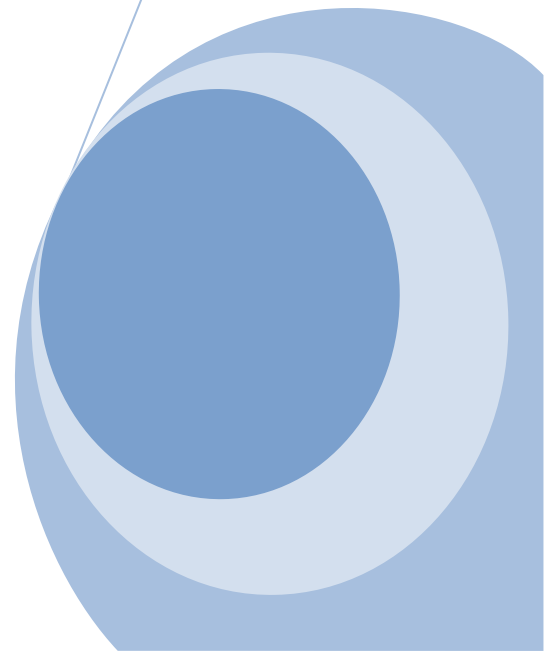
Le premier chapitre est dédié à la présentation de l'entreprise d'accueil où nous abordons brièvement l'histoire de la création et de l'évolution de la forme juridique au cours du temps du groupe SNVI, suivi par les différentes gammes de produits commercialisés par le groupe. Enfin, nous terminons ce chapitre par une description technique de l'autocar 38L4 qui constitue l'objet de notre mémoire.

Le deuxième chapitre est consacré à la direction automobile, nous décrivons le système de direction en général et nous exposons les différents systèmes existants. Enfin, nous présentons le système de direction assistée et ses principaux composants.

Le troisième chapitre est entièrement consacré à la conception des différents organes du système de direction et aussi une simulation du support à l'aide du logiciel solidworks. A la fin, nous présentons une vérification par calcul de la résistance de l'assemblage boulonné. Nous terminons notre mémoire par une conclusion générale.



Chapitre I :
Présentation de
l'entreprise
et description de l'autocar
38L4



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.

Par la suite, nous allons faire une description technique de l'autocar à étudier le 38L4.

I.2. La société nationale des véhicules industriels :

I.2.1. Historique de la SNVI :

Bérliet-Algerie :

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 Bérliet-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).

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 maîtrise.).

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 : suite à la réorganisation du Secteur Public Marchand de l'état en date du 23 Février 2015, l'EPE FERROVIAL et toutes ses participations ont été rattachées au Groupe SNVI comme 5e filiale.

I.2.2. Le groupe de SNVI :

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

❖ 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 suivantes :
 - ZF Algérie : (SNVI 20%/ ZF Allemagne 80%).
 - SAPPL-MB : Société Algérienne pour la Production de Poids Lourds Mercedes Benz Mercedes-Benz à Rouïba : 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 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.

❖ **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.

❖ Filiale véhicules industriels Rouïba (VIR)

Crée 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.
- 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.

Son domaine d'activité concerne :

- ✓ 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.

❖ **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.

Ces principaux ateliers sont :

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

❖ **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,

Chapitre I : Présentation de l'entreprise et Description de l'autocar 38L4

Citernes à eau, Citernes hydrocarbures, cocottes à ciment, Portes engins, Fourgons frigorifiques/standards et véhicules spéciaux.

Certification : La Filiale Carrosserie Industrielle de Tiaret est certifiée ISO 9001 version 2008 depuis l'année 2007.

Activités : Production de carrosseries industrielles, utilisant les techniques et procédés de chaudronnerie

Production :

- Benne entrepreneurs, carrières et céréalières.
- Citernes hydrocarbures et à 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.
- Benne entrepreneurs, carrières, céréalières et à ordures ménagères.
- Citernes à eau et hydrocarbures.
- Fourgons standards et frigorifiques.

Installations industrielles :

- Débitage
- Soudage.
- Usinage.
- Peinture.
- Contrôle et jaugeage.

- Menuiserie.
- Adaptation Prototypes.

Capacité annuelle installée est de 9 000 Produits repartie comme suit :

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

❖ **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 objet : les études, la recherche et le développement, la production et la commercialisation de :

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

Activités :

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 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. Organigramme de la SNVI :

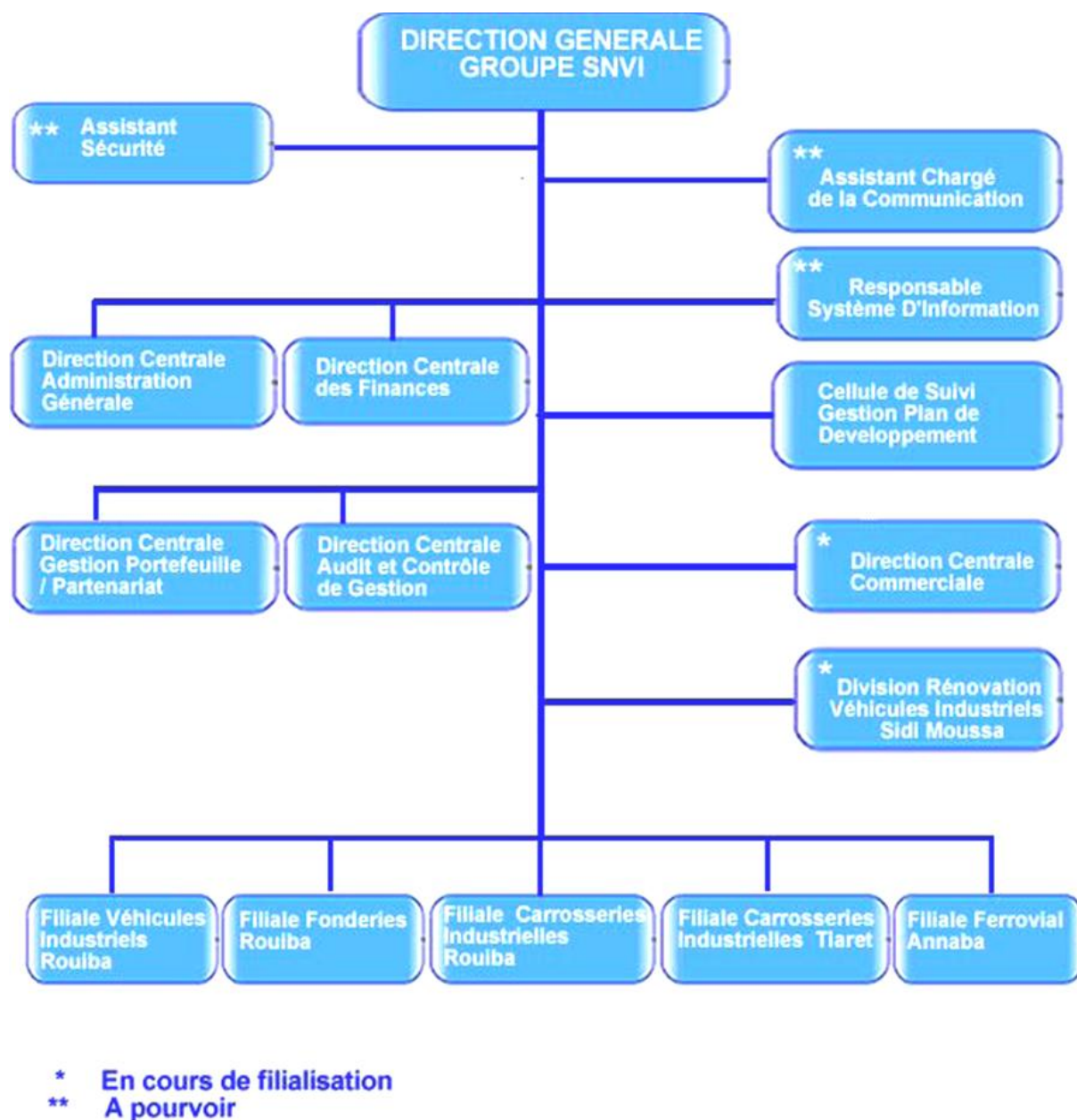


Figure .I.1 : Organigramme de la société nationale des véhicules industriels en 2015. [1]

I.2.4. 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.

+ 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.

+ Rénovation :

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]

+ 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.2.5. 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'affaire de 15,8 milliards de dinars en 2010.

I.2.5. 1. Les gammes de produits :

➤ les camions porteurs

- K 66 (4x2) : 6,6 t de PTAC
- 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



➤ 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.



➤ les tracteurs routiers

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



➤ 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



➤ les carrosseries industrielles

▪ Portées :

- Plateaux à ridelles
- Bennes transporteurs, entrepreneurs et d'enrochement.
- Cellules isothermes
- Citernes (eau ou hydrocarbure).



Chapitre I : Présentation de l'entreprise et Description de l'autocar 38L4

- Equipements spéciaux (de voirie, de lutte contre les incendies ...etc)

- **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



I.2.5. 2.Les structures de soutien à la production

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

I.2.5. 3.Infrastructure industrielles et capacité de production : voir tableau I.1

Usines	Nature des activités	Capacités de production Installées
Filiale véhicules industriels de Rouïba	Production de véhicules motorisés (camions, autocars et autobus)	4500 unités
Filiale fonderies de Rouïba	Production de pièces de fonderie en fonte nodulaire et en aluminium	9000 tonnes
Filiale Carrosseries Industrielles de Rouïba	Production de toutes carrosseries portées, sur camions (bennes, plateau ,frigo...) ainsi que de minicars de 25 places	8500 unités
Filiale Carrosseries Industrielles de Tiare	Production de toutes carrosseries tractées (bennes, plateau, frigo).	9000 unités
Filiale Constructions de Matériels et Equipements Ferroviaires d'Annaba	Production de matériels et équipements ferroviaires, matériels de travaux publics, produits forges,...	-300 Wagons / an - 2000 Bétonnières/ an - 10 Centrales à Béton/ an - 1000 Tonnes / an de Produits Forges.

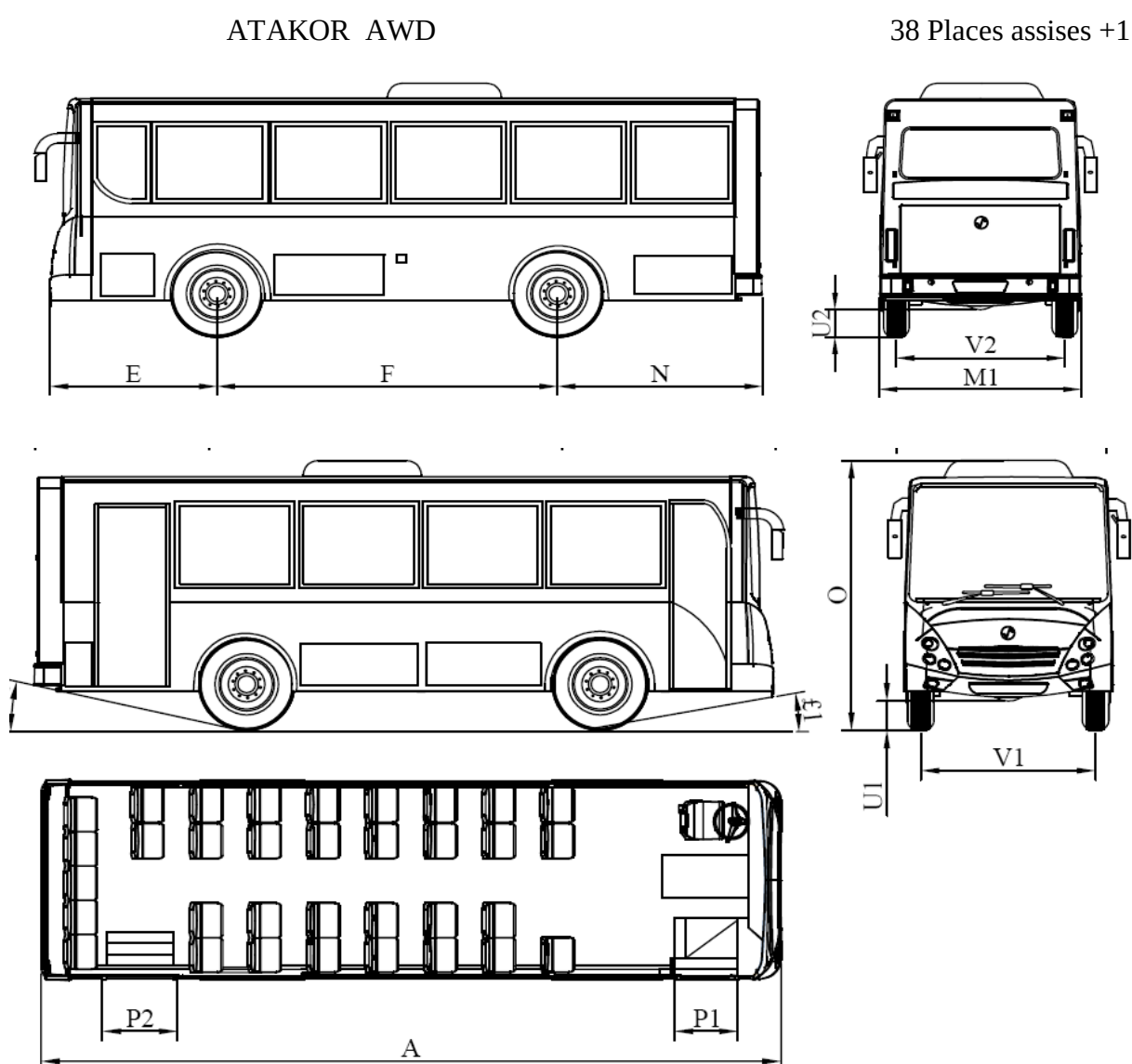
Tableau I.1 : Infrastructures industrielles et capacités de production. [1]

I.3.Description de véhicule 38L4 :

I.3.1. Présentation de l'autocar 38L4 :

L'autocar 38L4 « **ATAKOR 2** » est un véhicule 4x4 donc toutes les roues sont motrices, il est conçu pour le transport scolaire d'élèves ; il est d'une capacité de 38 personnes assises. C'est un véhicule tout-terrain, c'est-à-dire capable de rouler sur des sols et de franchir des obstacles qui auraient bloqué la plupart des automobiles.

Nous voulons adapter un système de direction assistée hydraulique sur cet autocar pour limiter les efforts sur le volant et faciliter la conduite.



Chapitre I : Présentation de l'entreprise et Description de l'autocar 38L4

DIMENSION (mm) :

Empattement		F	5800
Porte à faux AV		E	1900
Porte à faux AR		N	3200
Longueur hors tout		A	10900
Largeur hors tout		M1	2445
Hauteur à vide		O	3200
Garde au sol	AVANT	U1	330
	ARRIERE	U2	320
Voie	AVANT	V1	2002
	ARRIERE	V2	1938
Portes	AVANT	P1	1200
	ARRIERE	P2	960
Angle d'attaque		£1	46°
Angle de fuite		£2	30°

Tableau I.2 : Dimensions du véhicule 38L4. [1]

POIDS (kg) :

Poids du châssis cabine en ordre de marche		6650
Répartition de ce poids sur :	Pont Av.	3290
	Pont Ar.	3360
Poids Total Autorisé en Charge (P.T.A.C.)		12000
Charge maxi autorisée Sur	Pont Av.	5600
	Pont Ar.	8000

Tableau I.3: Poids du véhicule 38L4. [1]

CARROSSERIE :

Caisse sur cadre châssis.

Ossature métallique en tubes carrés et profilés soudés électriquement.

Habillage extérieur par des panneaux en tôles d'acier et intérieur par des panneaux en mélamine.

I.3.2. Fiche Technique : Autocar 38L4 AWD « ATAKOR » (Version provisoire)

❖ MOTEUR

- Type : DEUTZ
- Nombre de cylindres : 4 en ligne
- Injection : Directe à gestion électronique
- Alésage/course: 102 mm /120 mm
- Cylindrée : 4,5 L.
- Taux de compression: 17,3/1.
- Carburant: Gasoil
- Puissance maxi: 135 ch à 2500 tr/mn.

Chapitre I : Présentation de l'entreprise et Description de l'autocar 38L4

- Couple maxi: 45 mdaN à 1700 tr/mn.
- Aspiration: turbocompresseur +échangeur.
- Refroidissement : à eau.
- Capacité d'huile : 13 L.

❖ EMBRAYAGE

- Ø 310 mono disque à sec, commande hydraulique .

❖ BOITE DE VITESSES

- Type : ZF S 5-42
- munie de butée concentrique CSC.
- 5 vitesses AV synchronisées+1 marche AR.
- Couple admissible : 58 mdaN
- Rapports extrêmes : 5,72-0,76
- Capacité en huile environ : 3,5 L

❖ BOITE DE TRANSFERT

- Type : ROCKWEL T232 R.
- 2 vitesses : sur route et tout terrain.
- P.V. rapport : 1,95 G.V. rapport : 1
- Capacité en huile : 3 L

❖ PONT ARRIERE

- Type: P821B à simple démultiplication par couple conique et réducteur dans les moyeux.
- Couple utilisé : 12x41 réduction : 1/2.
- Rapport : 6,83.
- Capacité en huile: 7,5 L.

❖ PONT AVANT

- Type : AXLETECH 3411 SFW.
- Double réduction : 6,83.

❖ DIRECTION

- Type : ZF SERVOCOM 8095
- Assistance hydraulique intégrée.

❖ CHASSIS

- Cadre à 2 longerons entretoisés par des traverses.
- Section : 250x70x6 mm

❖ SUSPENSION

- AV : ressort à lames semi-elliptiques + 2 amortisseurs télescopiques assistés par 2 coussins d'air.
- AR : ressorts à lames semi-elliptiques avec auxiliaires et 2 amortisseurs télescopiques assistés par 4 coussins d'air.
- Barre stabilisatrice à l'AV et l'AR.

❖ SIEGES

- Voyageurs : En mousse recouverte de tissu ignifugé, accoudoirs rabattables, poignées appliquées aux dossiers et appuis têtes.
Ceintures de sécurité sur tous les sièges.
Nombre de places assises : 38
- chauffeur : En mousse et revêtement en tissu ignifugé, Suspension pneumatique, réglable, avec dossier inclinable et ceinture de sécurité.

❖ COFFRES ET SOUTE A BAGAGES

- 2 Soutes à bagages de 1.5 m3 de volume total entre les 2 essieux, coté latéral droit.

❖ PLANCHER

- En bois marin recouvert de P.V.C sur ossature métallique, marche pied avec antidérapant.

❖ PORTES

- Deux portes louvoyantes vitrées à un seul battant sur face latérale droite à commande électropneumatique à l'avant et à l'arrière.
- Une commande de secours est prévue par dispositif de déverrouillage de l'extérieur et de l'intérieur pour chaque porte.

❖ BAIES

- Pare brise athermique panoramique.
- Pare soleil.
- Baies passagers ouvrantes.
- Baies teintées.

❖ FREINAGE

- Frein de service : Avec ABS

À commande pneumatique à double circuits indépendants agissant sur les roues avant et arrière. (Frein à tambour)

- Frein de parage (indépendant): Dispositif à blocage mécanique agissant sur les roues AR. Le serrage est obtenu par le frein de stationnement.

- Frein de secours : en cas de défaillance de freinage d'un pont, l'autre pont assure le freinage de secours.

- Ralentisseur électromagnétique:

- ABS.

❖ EQUIPEMENT ELECTRIQUE

- Tension : 24 Volts obtenue par 2 batteries de 12 Volts

- Capacité : 160 AH.

- Alternateur : 90 A.

❖ CLIMATISATION

- Air conditionné.

- Système de chauffage autonome à soufflerie.

❖ PNEUMATIQUES

- Dimensions : 255/70 R22.5

- AV : simple, AR : jumelés

❖ RESERVOIR DE CARBURANT

- Capacité : 1 réservoir de 200 L

❖ PERFORMANCES

- Tableau des vitesses Km/h au régime maxi

Vitesses		1ère	2ème	3ème	4ème	5ème
Rap BV		5.72	2.94	1.61	1.00	0.76
Rap Pont (6.83)	P.V 1.95	6	11	21	33	44
	G.V 1.00	11	22	40	65	86

Tableau I.4 : Tableaux des vitesses en Km/h au régime maxi. [1]

❖ DIVERS

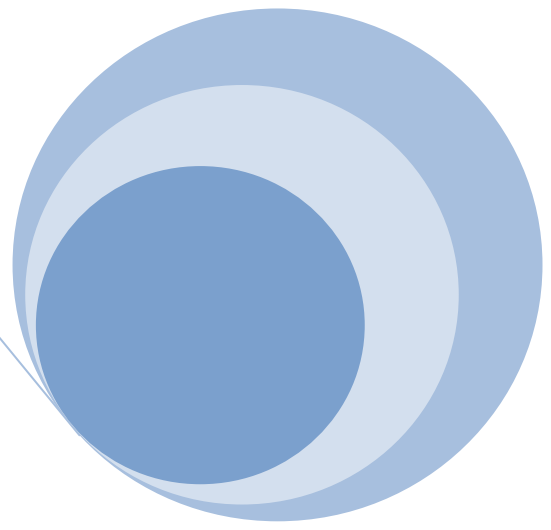
- Lot de bord.
- Limiteur de vitesse (sur moteur)
- Chrono tachygraphe électronique.
- Radio-CD.
- Horloge.
- Porte bagages intérieurs avec diffuseur individuel équipé de baffle, de lampe de lecture et bouton d'appel.
- Tableau de bord ergonomique.
- Dégivrage pour pare brise.

❖ OPTIONS

- Hayon élévateur pour personnes à mobilité réduite.
- Rideaux en tissu ignifugé sur les baies.
- Rétroviseurs extérieurs réglable électriquement chauffant avec miroir grand angle et miroir d'observation.

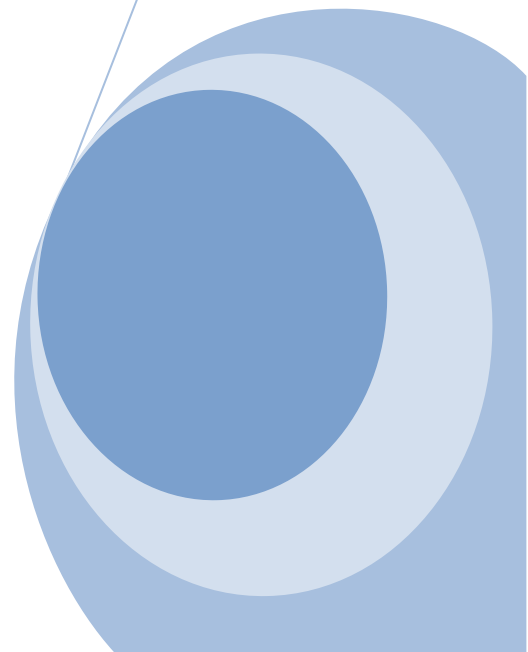
I.4. Conclusion :

Ce premier chapitre nous a permis de consolider nos connaissances, en premier lieu sur la Société nationale de véhicule industriel (SNVI) et sa structure, et aussi sur le véhicule 38L4 que nous allons étudier.



Chapitre II :

Généralités sur la direction automobile



II.1. Introduction :

Dans le monde de la concurrence industrielle, le domaine des transports croît de jour en jour afin de répondre aux exigences du marché. L'autocar demeure le principal moyen de transport interurbain de passagers en Algérie.

Le système de direction de l'autocar a toujours fait l'objet d'une attention toute particulière, de la part des constructeurs qui cherchent en permanence à améliorer la fiabilité et les performances des véhicules.

Dans ce chapitre nous allons présenter les véhicules à quatre roues motrices et leurs principes de transmission intégrale, par la suite, nous décrirons le système de direction en général et nous exposerons les différents systèmes existants et enfin, nous allons présenter le système de direction assistée et ses principaux organes.

II.2. Historique :**➤ L'autocar :**

Un autocar est un moyen de transport routier pouvant accueillir confortablement plusieurs voyageurs pour de moyennes et longues distances, notamment pour des liaisons interurbaines, les voyages touristiques, et les transports scolaires.

Un autocar scolaire est un autocar utilisé pour le transport scolaire d'élèves, le véhicule lui-même n'est pas différent d'un autocar habituel.

➤ Un regard vers l'industrie :

L'industrie automobile prend une place importante dans l'industrie de plusieurs pays. Elle prend parfois un aspect stratégique, compte tenu de sa proximité historique avec les industries militaires, de l'importance qu'elle peut prendre dans le produit intérieur brut et son emploi dans certains pays (Etats-Unis, France, Grande-Bretagne, Allemagne).

L'industrie automobile concerne les constructeurs de voitures, de véhicules de loisir, de véhicules utilitaires et des équipementiers spécialisés. Cette activité intègre donc la filière complète, y compris moteurs et organes mécaniques en amont, dès lors qu'ils sont principalement destinés à des véhicules automobiles.

➤ **L'ingénieur automobile :**

L'ingénieur automobile est présent dès la conception des véhicules jusqu'à leur commercialisation, en passant par leur fabrication. A la fois technique et prospectif, son rôle est de coordonner les recherches, afin d'optimiser la conception des véhicules et d'adapter celles-ci aux nouvelles tendances et aux pratiques des utilisateurs.

On distingue l'ingénieur d'études, chargé de concevoir les produits, de l'ingénieur méthodes, expert en mécanique et électronique, qui met en place la fabrication concrète de ceux-ci et de l'ingénieur qualité, dont le rôle est de veiller au respect des normes de qualité et des règles de sécurité, ce dernier doit être doté d'une certaine créativité, afin de savoir appréhender le marché et s'adapter à ses évolutions.

L'ingénieur en construction automobile fait partie des 8,6% d'ingénieurs travaillant dans l'automobile et les transports en général. Il améliore les caractéristiques des modèles déjà sur le marché (moteur, carrosserie, châssis...) et contribue aussi à imaginer et à mettre au point les véhicules de demain.

II.3. Les véhicules à deux roues motrices :

La grande majorité des véhicules qui circulent dans les rues ont seulement deux roues motrices, qui peuvent être les roues avant ou arrière. Les modèles avec deux roues motrices ont une moins bonne adhérence à la route, ce qui implique une plus grande difficulté pour maintenir la direction et le contrôle du volant, surtout dans des conditions extrêmes : en cas de verglas, de neige ou de pluie. Cependant, malgré ces inconvénients, les voitures à deux roues motrices possèdent deux avantages majeurs : ils consomment moins de carburant et leur prix de vente est plus accessible.



Figure II.1: véhicule à deux roues motrices.

II.4. Les véhicules à quatre roues motrices :

II.4.1. Définition :

Les véhicules à quatre roues motrices, également appelées 4x4, garantissent une excellente adhérence sur la route.

L'expression 4x4 désigne un véhicule tout-terrain, c'est-à-dire capable de rouler sur des sols et de franchir des obstacles qui auraient bloqué la plupart des automobiles 4x2.

Le second chiffre 4 fait référence au nombre de roues motrices présentes, ce sont toutes les quatre roues qui supportent le poids du véhicule et, en même temps, le font avancer.



Figure II.2 : véhicule à quatre roues motrices.

II.4.2. Transmission intégrale :

Sur un véhicule automobile, une transmission intégrale désigne un type de transmission par laquelle toutes les roues sont motrices.

Ce type de transmission est aussi appelée 4x4 ou tout simplement 4 roues motrices dans le cas de véhicules à quatre roues. On parle aussi de 6x6 et de 8x8 sur certains camions ou véhicules militaires. En termes très simples, un véhicule à transmission intégrale envoie sa puissance aux quatre roues.

On distingue trois types de transmission intégrale : enclenchable, permanente et semi permanente, dans le cas du véhicule 38L4 la transmission est enclenchable.

✓ Principe de transmission enclenchable :

Utilisée principalement sur les véhicules tout-terrains traditionnels, le principe est que le véhicule roule normalement en deux roues motrices (traction ou propulsion). Lorsque l'adhérence devient précaire, le conducteur peut enclencher à l'aide d'une manette le pont avant ou arrière.

II.4.3. Les avantages d'un véhicules 4 roues motrices :

On constate plusieurs avantages aux véhicules à quatre roues motrices :

- L'avantage principal de la traction intégrale est qu'elle offre une meilleure motricité lorsque les conditions routières sont difficiles.
- Une meilleure conduite en hiver : Une voiture 4x4 sera beaucoup plus stable sur une route enneigée ou glacée.
- Avec de bons pneus, la conduite sera plus facile et plus sécuritaire.
- Stabilité sur la route mouillée.
- Économie d'essence en hiver.
- Leur tenue de route est nettement meilleure et les accélérations sont faciles.
- Capacité de rouler hors de la route.

II.4.4. Inconvénients d'un véhicules 4 roues motrices :

- Ils consomment plus de carburant et comme ils soumettent les roues à un plus grand effort, ils usent généralement plus vite les pneus.
- leur prix de vente est plus élevé.
- Il faut plus d'énergie pour avancer, la voiture s'use plus, et rejette plus de CO₂.
- Plus de dépenses et plus de pollution.

Les véhicules à 4 roues motrices ont leurs avantages et leurs inconvénients mais ils restent indispensables dans des zones à variation de température, en montagne ou à la campagne. La transmission intégrale est avant tout indispensable pour l'adhérence et une conduite en toute sécurité sur tout type de route.

II.5. Direction de véhicule automobile :

La direction d'une automobile, ou d'un véhicule routier en général, est l'ensemble des organes qui permet de modifier l'orientation de sa trajectoire et donc de prendre des virages. Sur un véhicule à roues, en agissant sur le volant, le conducteur fait varier l'angle de dérive (angle entre le plan de route et la trajectoire de la roue) des roues directrices. L'effort ainsi créé entre la route et la bande de roulement fait tourner le véhicule.

La direction permet de guider le véhicule, en ligne droite comme en virage ou sur les roues directrices et elle constitue un système essentiel à la conduite et à la sécurité d'un véhicule. Pour être parfaite, une direction doit répondre aux impératifs suivants : la sécurité, la douceur, l'irréversibilité, la stabilité et la compatibilité de la direction et de la suspension.

Pour pouvoir envisager la fabrication de cette direction « parfaite », il faut que celle-ci s'intègre dans l'environnement du véhicule, et qu'elle soit d'un coût raisonnable dans le contexte industriel pour le constructeur automobile.

Les divers critères de choix qui en résultent sont recensés sur le diagramme figure II.3 :

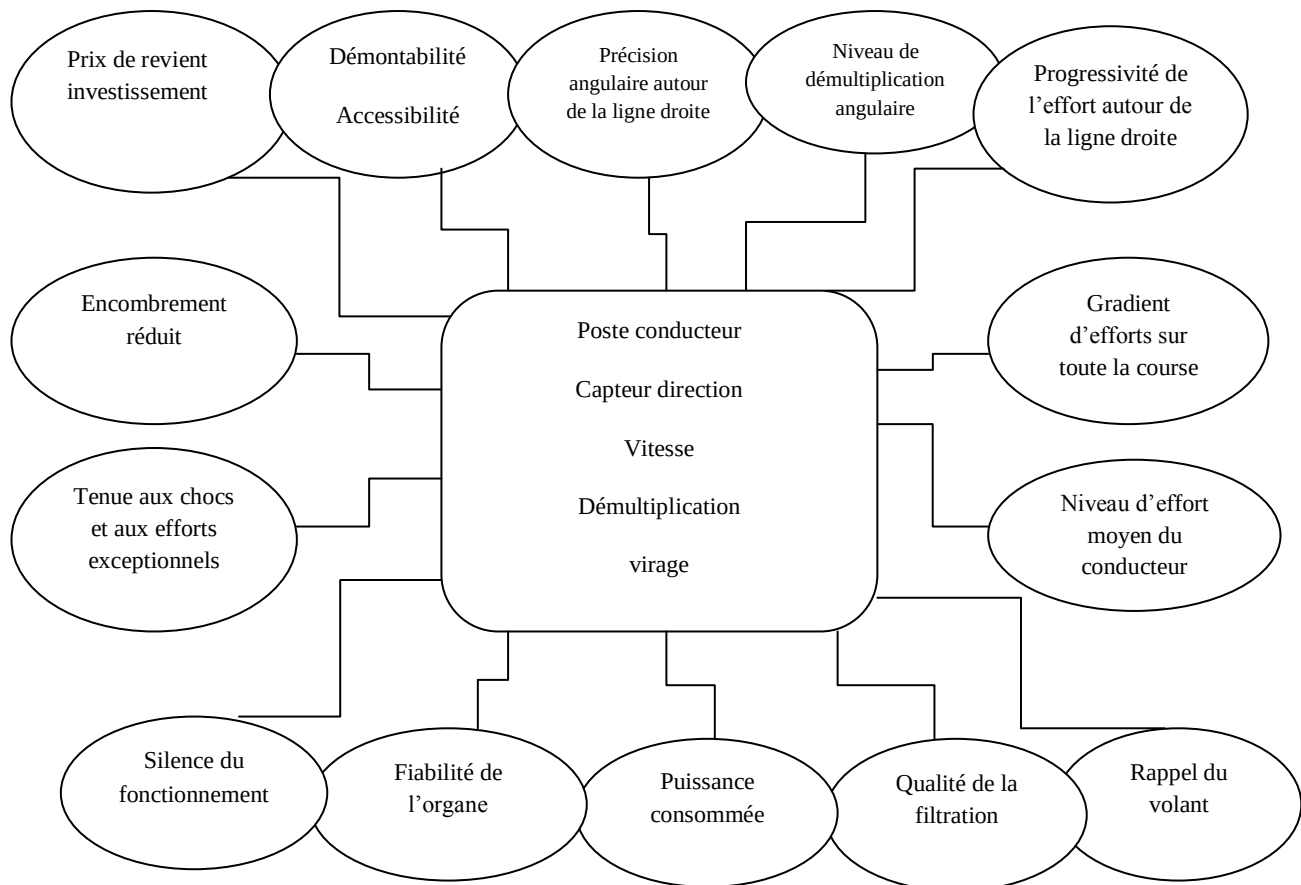


Figure II.3 : Organigramme de critères de la direction automobile. [2]

🚦 Rôle de la direction automobile :

La direction démultiplie et transforme le mouvement que le conducteur applique au volant et le transmet aux roues directrices. La forte démultiplication réduit l'effort nécessaire au braquage et limite la transmission des oscillations des pneus vers le volant de direction. Le système de direction transforme également le mouvement rotatif du volant en un déplacement rectiligne, qui commande le pivotement des roues directrices.

Mécanisme du système de direction :

Le diagramme ci dessous propose une classification des mécanismes de direction les plus couramment utilisés sur les véhicules automobiles :

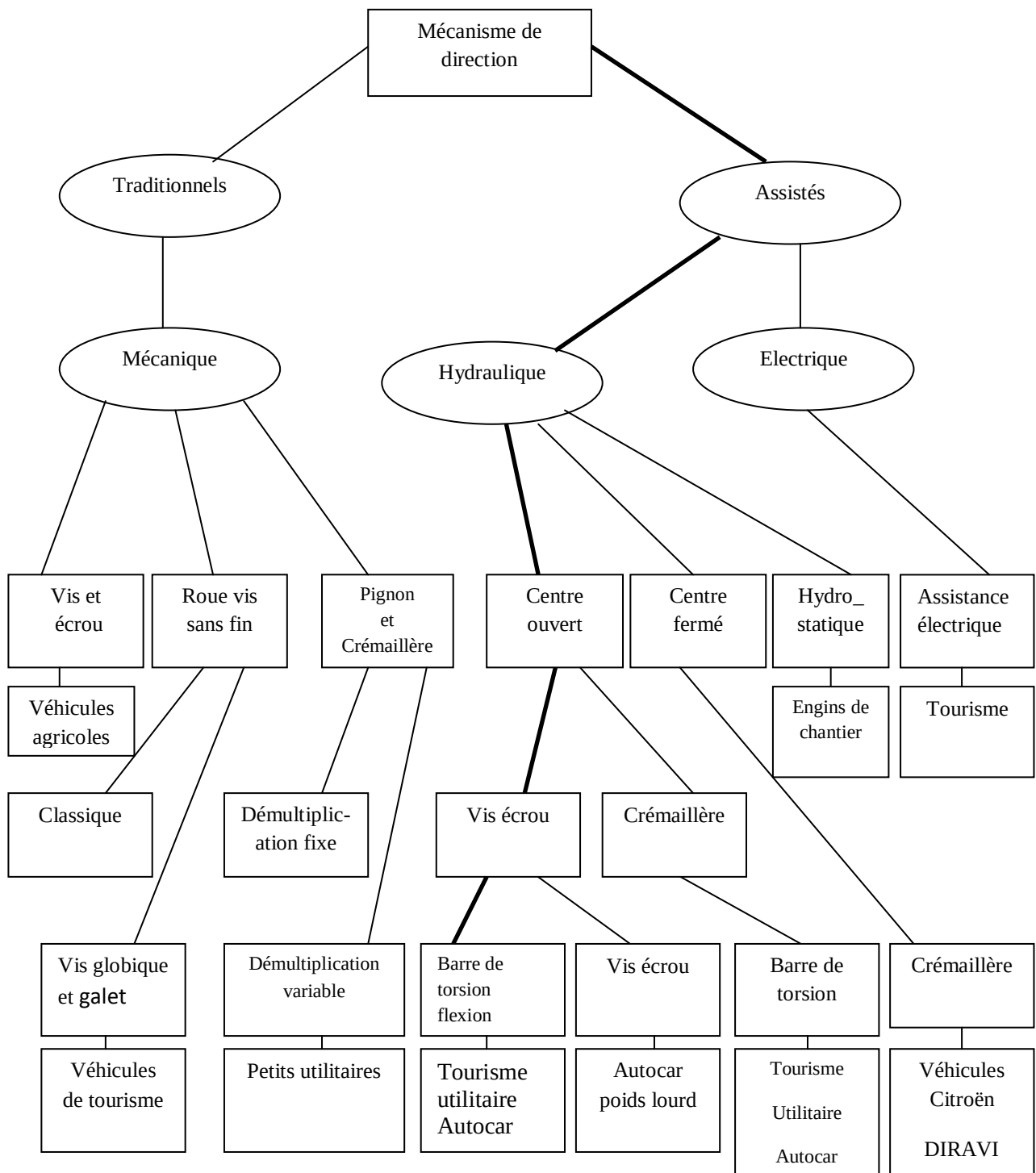


Figure II.4 : Organigramme de direction automobile et assistance. [3]

 Normes et articles « liés au système de direction » : [3]

Ordonnance concernant les exigences techniques requises pour les véhicules routiers, mise en vigueur le 01 octobre 1995 liée au système de direction.

1. La direction doit avoir un jeu réduit et être d'un maniement facile.

2. Si la force de commande nécessaire pour manier le volant excède 300N en première vitesse dans un virage serré, un dispositif d'assistance de la direction est indispensable ; en cas de défaillance de ce dispositif, la force de commande ne doit pas excéder 500N dans les quatre premières secondes.

3. Le mécanisme et la géométrie de la direction doivent être conçus et réglés de manière qu'il ne se produise pas de shimmy et que le véhicule roule toujours en ligne droite quand la direction est en position normale.

II.6. Directions traditionnelle:

Les directions « traditionnelles » sont les directions mécaniques, l'énergie nécessaire au pivotement des roues directrices est fournie par le conducteur.

Ce type de mécanisme, simple, convient lorsque l'action appliquée aux roues directrices du véhicule est relativement faible.

II.7. Direction assistée :

La commande de direction des véhicules impose au conducteur de direction par l'intermédiaire du volant le couple de pivotement dû à l'action du sol sur les roues directrices pour pouvoir modifier à volonté sa trajectoire. L'appareillage constituant la direction doit lui permettre d'agir sans fatigue excessive et en toute sécurité.

C'est pour améliorer ces deux derniers points que se sont développés les systèmes qualifiés de « directions assistées » celles-ci permettent :

- D'une part de limiter l'effort que le conducteur exerce sur le volant afin de faire tourner les roues grâce à un système d'assistance,
- D'autre part d'assurer quelques autres fonctions utiles telle que le « durcissement » de la direction au fur et à mesure que la vitesse de déplacement du véhicule augmente.

Ces fonctions assurées par les directions assistées sont des caractéristiques des systèmes asservis.

❖ **Fonction globale :**

Figure II.5: Fonction globale de la direction. [4]

La direction assistée est un système mécanique d'assistance à l'orientation des roues d'un véhicule automobile. Il existe trois types de direction assistée :

II.7.1. La direction à assistance Electrique (DAE) :

A l'aide d'un moteur électrique, elle applique un couple supplémentaire sur la colonne de direction ou la crémaillère.

Le couple d'assistance, fourni par le motoréducteur, s'ajoutera au couple exercé par le conducteur pour former le couple effectivement transmis par la colonne de direction à la crémaillère, puis aux roues.

Le système de direction électrique permet de réelles économies de carburant car il ne fonctionne pas en continu. Ce système électrique remplacera, à terme, les systèmes de direction assistée hydraulique et électro-hydraulique.

II.7.2. La direction à assistance Electro-Hydraulique (DAEH) :

La pompe hydraulique est entraînée par un moteur électrique géré par un calculateur. La direction assistée électro hydraulique est une direction dépendante de la vitesse angulaire de braquage et de la vitesse du véhicule.

Le système de direction assistée électro-hydraulique permet d'économiser du carburant par rapport au système hydraulique car le calculateur optimise au maximum le fonctionnement du système, économisant ainsi de l'énergie.

II.7.3. La direction à assistance Hydraulique (DAH) :

Elle utilise une pompe hydraulique entraînée par le moteur thermique et un vérin hydraulique double effet pour aider au déplacement de la crémaillère.

Pour limiter les efforts à exercer sur le volant en toutes conditions, elle est équipée d'un système d'assistance hydraulique de la direction.

Les systèmes les plus simples développent un effort à peu près proportionnel au mouvement angulaire donné au volant, une régulation sommaire par clapets tarés limitant les variations de pression hydraulique dues aux variations de vitesse de rotation de la pompe hydraulique, liées à celle de moteur.

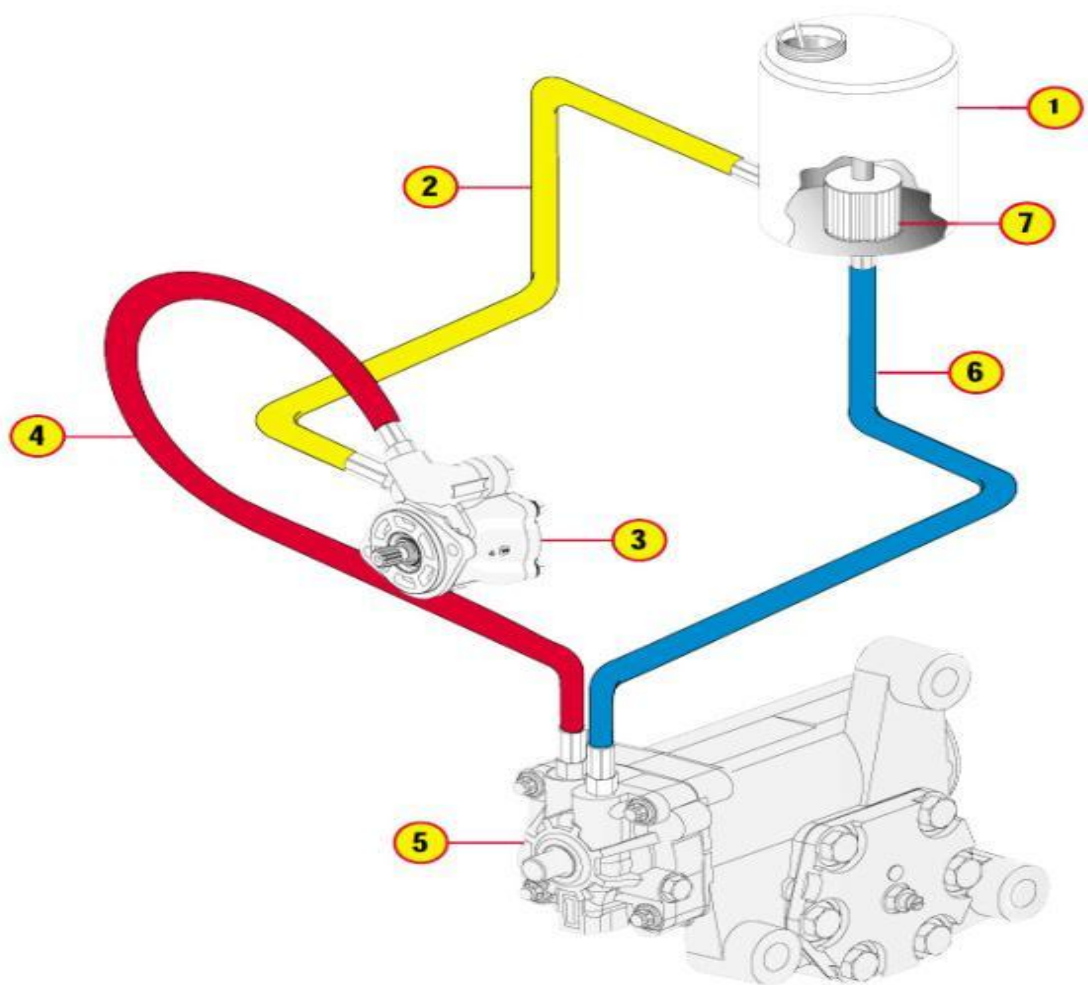
Sur les véhicules de haut de gamme, un système incorporé au dispositif d'assistance lui-même fait varier la pression de façon à obtenir une assistance accrue lorsque le moteur tourne à faible vitesse et que le volant est braqué à fond, ce qui se produit en manœuvre de parage. En revanche l'assistance se trouve atténuée à grande vitesse, lorsque la stabilité dynamique du véhicule compense en grande partie les effets d'inertie de la direction et qu'il faut éviter des à-coups brusques au moindre petit mouvement du volant. Ce moyen technique est particulièrement utile en milieu urbain, où les manœuvres nécessitant de grands mouvements de volant sont plus fréquents que sur autoroute.

Le système de direction comporte une assistance de type hydraulique, dans laquelle la pompe est entraînée par le moteur, fournit la pression d'huile nécessaire pour assister la direction.

II.7.3.1. Les composants hydrauliques :

L'assistance améliore le confort du conducteur pendant les manœuvres de stationnement ou la circulation à faible vitesse. À l'intérieur de la pompe hydraulique, des vannes de réglage de pression permettent de fournir davantage d'assistance lorsque le moteur tourne à faible vitesse et de réduire celle-ci quand le moteur tourne à grande vitesse, puisque dans ce dernier cas, l'assistance n'est pas nécessaire.

Le système hydraulique est constitué d'une série d'éléments communs qui sont : le réservoir d'huile, la pompe hydraulique, un circuit de refroidissement, une soupape de distribution ou rotative et un cylindre hydraulique.



1. Réservoir
2. Conduite d'aspiration
3. Pompe Hydraulique
4. Conduite d'alimentation Haute Pression

5. Boîtier de direction
6. Conduite de retour
7. Filtre

Figure II.6 : Les composants hydrauliques de la direction assistée. [1]

a) La pompe hydraulique :

La pompe est l'organe générateur d'énergie du système de direction et c'est de son choix que dépendra le bon fonctionnement de l'assistance hydraulique. La pompe hydraulique est chargée de produire et de fournir le débit et la pression d'huile nécessaires pour assister la direction.

Les pompes les plus souvent utilisées sont à palettes et à engrenages.

Pompe à palettes :

La transmission de la pompe permet aux palettes de se déplacer vers l'extérieur en raison de la force centrifuge présente à l'intérieur, en s'adaptant à la forme ovale de la chambre à huile. La chambre est habituellement munie de conduits d'entrée et de sortie. Les palettes entraînent l'huile depuis le conduit d'aspiration, par la différence de volume de la chambre, ce qui fait augmenter la pression de l'huile avant son utilisation.

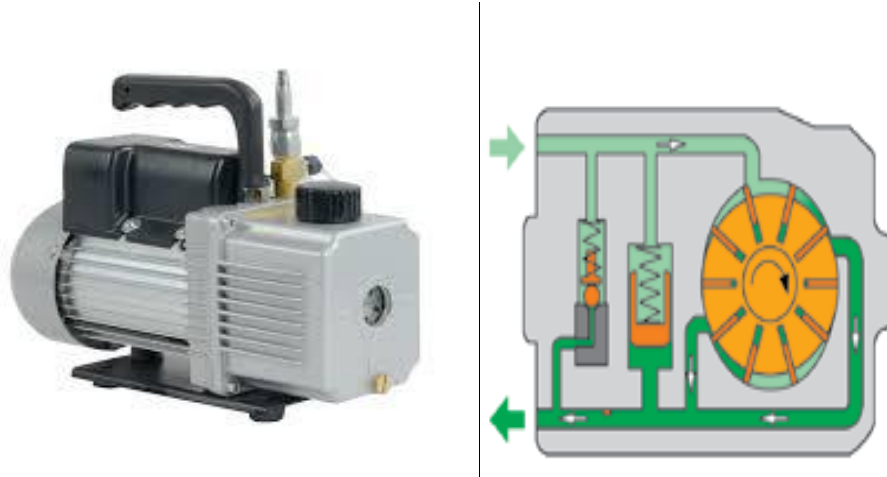


Figure II.7 : pompe à palettes. [5]

Pompe à engrenages :

Le principe de fonctionnement se base sur deux pignons reliés par des engrenages, l'un d'entre eux est le pignon d'entraînement et l'autre le pignon entraîné. La rencontre des deux pignons provoque une variation des volumes et une augmentation de la pression de l'huile.

Le fluide est poussé et envoyé vers la partie hydraulique pour fournir l'assistance nécessaire au boîtier de direction.

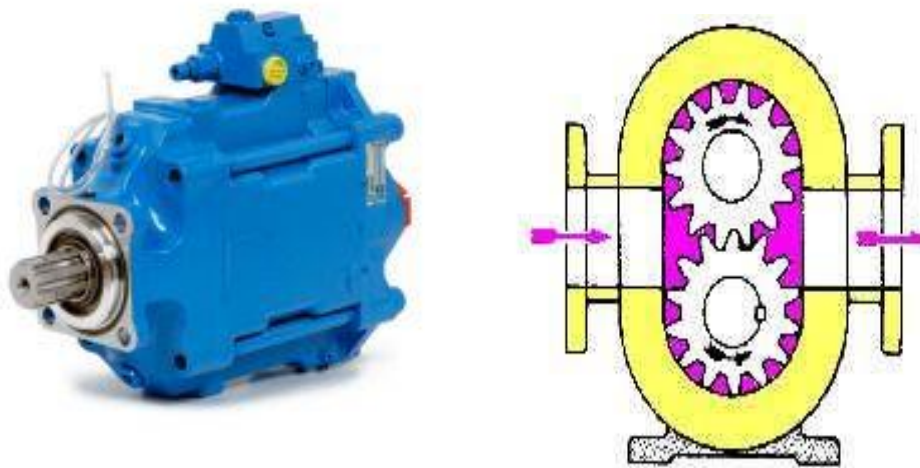


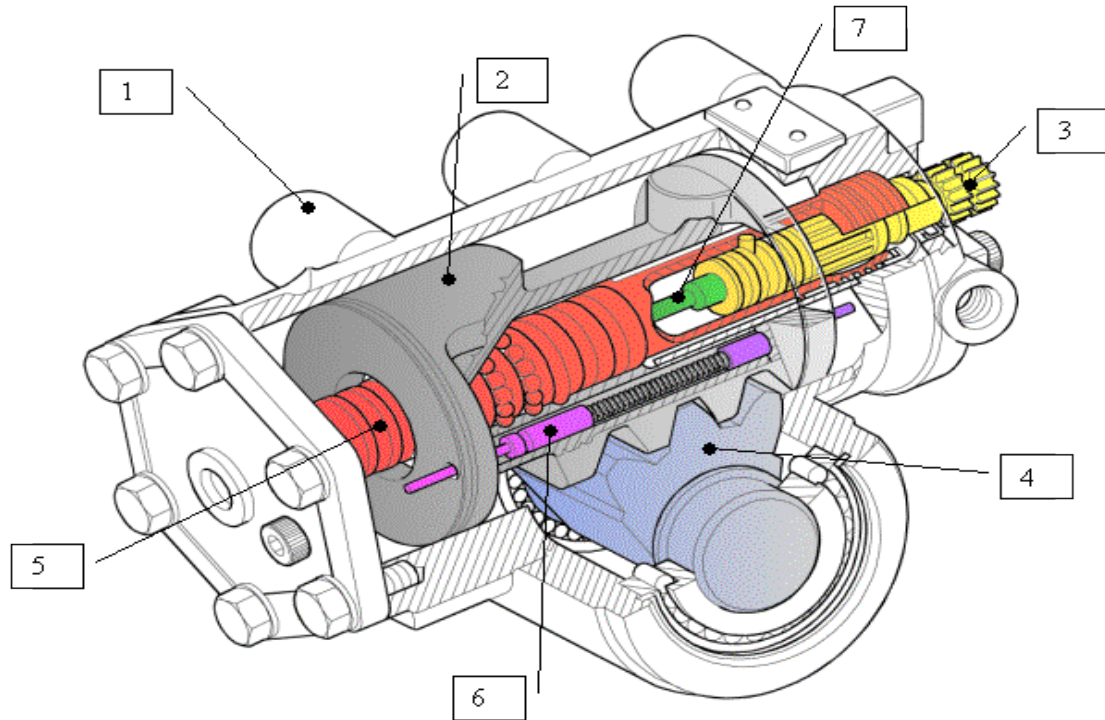
Figure II.8 : pompe à engrenages. [1]

À l'intérieur de la pompe se trouvent plusieurs régulateurs hydrauliques, dont le rôle est d'ajuster la pression d'huile nécessaire et de la fixer de façon constante afin d'éviter les pertes d'assistance, surtout pendant les manœuvres de stationnement.

b) Distributeur :

Le distributeur est l'organe de commande de la direction à assistance hydraulique. Ses caractéristiques sont données par le constructeur et elles ne peuvent pas être modifiées.

Le fluide qui vient de la pompe hydraulique est envoyé vers la soupape de distribution ou rotative située dans la partie supérieure de la crémaillère (ou dans le boîtier). Cette soupape a pour mission de distribuer le fluide jusqu'au cylindre hydraulique, qui se trouve à l'intérieur du boîtier. Si aucune assistance n'est nécessaire, le fluide est renvoyé au réservoir.



- | | |
|---|--------------------------|
| 1. Corps | 2. Piston |
| 3. Arbre d'entrée /distributeur rotatif | 4. Arbre à secteur denté |
| 5. Vis sans fin à circulation de billes | 6. Limiteurs de braquage |
| 7. Arbre de torsion | |

Figure II.9 : Schéma du bloc de distribution. [1]

c) Réservoir :



Figure II.10 : Réservoir d'huile. [1]

Il contient le liquide hydraulique, son bouchon est pourvu d'une jauge permettant de contrôler le niveau aussi bien à chaud qu'à froid.

Un filtre monté sur l'arrivée du retour permet d'épurer le liquide, il est plaqué sur la conduite de retour par un ressort, celui-ci permet au filtre de se soulever si la pression de retour est trop importante et laisser passer l'huile directement dans le réservoir.

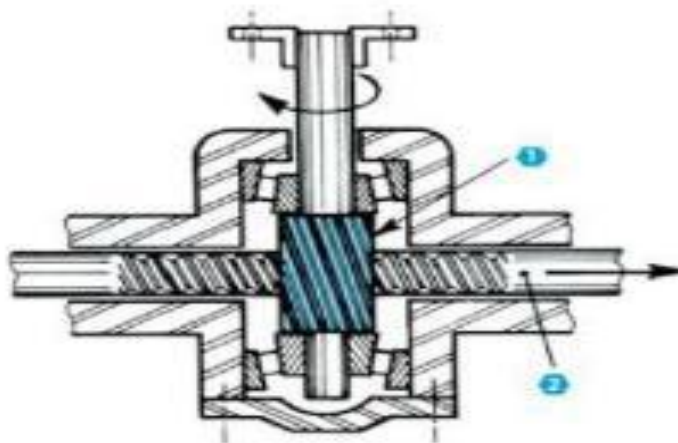
Le réservoir d'huile doit avoir une capacité suffisante pour assurer un bon fonctionnement de l'huile.

II.7.3.2. Types de direction assistée hydraulique :

Les directions assistées hydrauliques sont associées à deux grands types de directions mécaniques: à vis écrou et à pignon crémaillère.

Plusieurs familles d'assistance hydrauliques peuvent être définies en fonction de deux critères suivant le principe d'utilisation de l'énergie ou le principe de commande du distributeur.

a) Direction à crémaillère :



1 : Pignon. 2 : Crémaillère.

Figure II.11 : Crémaillère de direction. [4]

C'est le système de direction le plus utilisé dans le domaine des voitures particulières et des camions légers, avec une démultiplication directe, une grande rigidité et un bon rendement. La liaison entre la direction et les roues directrices n'exige qu'un petit nombre de pièces. Cette direction est couramment utilisée car elle présente beaucoup d'avantages.

Avantages :

- Légèreté et précision
- Faible prix de revient
- Faible encombrement de l'ensemble crémaillère-timonerie.
- Une réduction des articulations et des jeux

Inconvénients :

- Réversible
- Faible démultiplication.

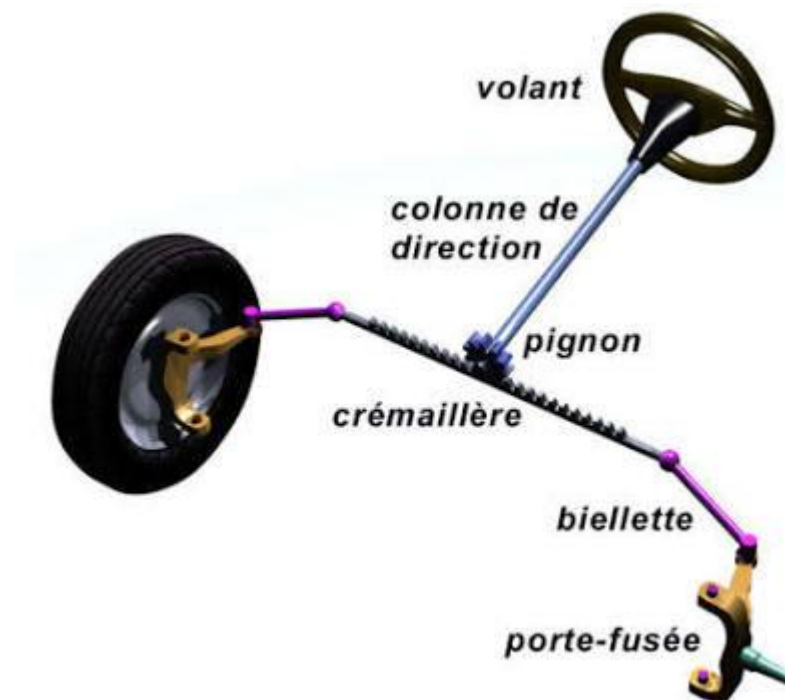
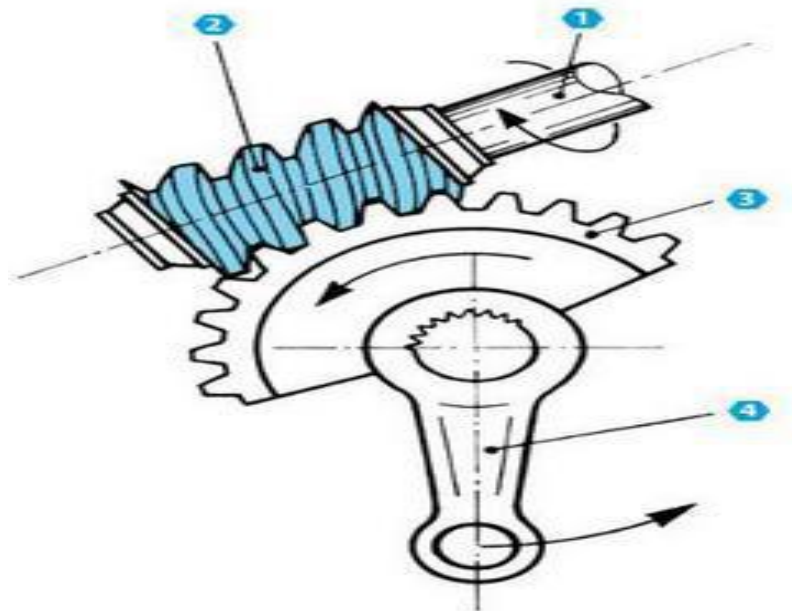
 Principe de fonctionnement :

Figure II.12: Système de direction à crémaillère.

Le volant fait tourner un pignon par l'intermédiaire de la colonne de direction qui doit être articulée. Ce pignon peut déplacer la crémaillère d'un côté ou de l'autre.

La crémaillère est reliée aux leviers par des biellettes qui permettent le débattement en hauteur des roues.

Les biellettes sont parfois fixées au milieu de la crémaillère et non à chaque bout.

b) Direction à boîtier :

1 : Colonne de direction. 2 : Vis sans fin.
3 : Secteur de route dentée. 4 : Bielle pendante.

Figure II.13: Boîtier de direction à vis et secteur. [4]

La direction à boîtier assure la démultiplication du mouvement entre la colonne de direction et la bielle, elle réalise l'irréversibilité du système de direction grâce à l'utilisation du système de roue et vis sans fin. Intégré généralement avec système d'assistance hydraulique.

Le boîtier de direction est un mécanisme robuste qui permet une multiplication importante du couple. Pour ces raisons, il est couramment utilisé en poids lourds où la charge supportée par l'essieu directeur est tellement grande que ça va produire un couple important et ça va nécessiter également une grande irréversibilité.

Avantages :

- Démultiplication importante de couple
- Grande irréversibilité

Inconvénient:

- Manque de sensibilité et de précision.

✚ Principes de fonctionnement

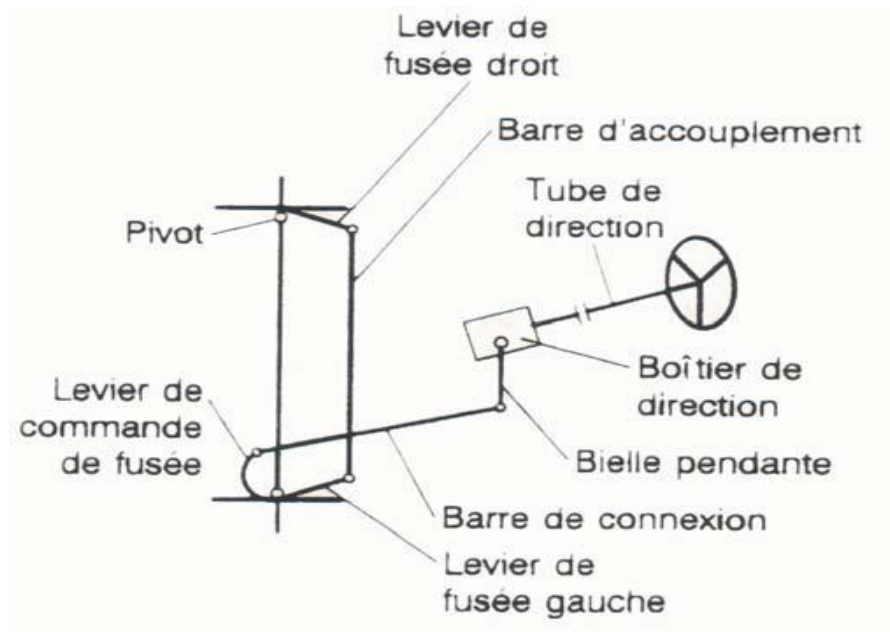


Figure II.14 : Système de direction à boîtier

En tournant le volant à droite ou à gauche, le conducteur fait tourner la colonne de direction (tube de direction), l'extrémité de cette dernière est liée à l'arbre d'entrée du boîtier par un emmanchement cannelé et une bride de serrage boulonnée, cet arbre tourne sur lui-même.

Le boîtier de direction démultiplie ce mouvement en une rotation de l'arbre de sortie placé perpendiculairement au premier. Cette rotation fait pivoter en arrière ou en avant la bielle pendante qui est fixée sur l'arbre de sortie du boîtier.

La bielle pendante tire ou pousse la barre de connexion qui fait pivoter la roue gauche, en agissant sur le levier de commande de fusée.

La roue droite pivote dans le même sens que la gauche grâce aux leviers de fusée et à la barre d'accouplement.

II.7.3.3. Les composants principaux d'un système de direction:

Ce schéma nous donne les principaux composants qui constituent le système de direction assistée automobile :

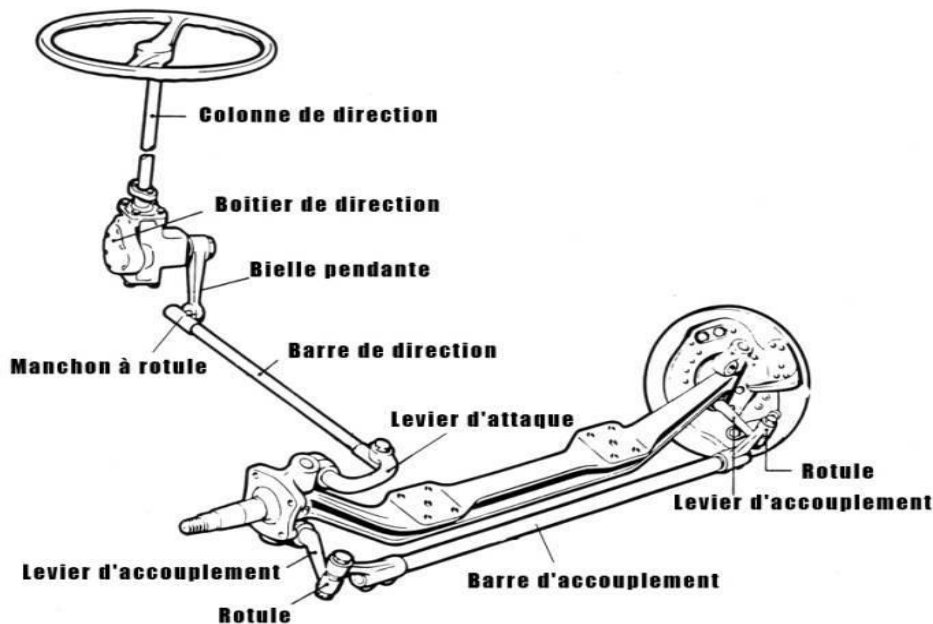


Figure II.15 : Principaux composants de la direction. [2]

a) Le volant :

Le volant est un disque métallique qui est assemblé à un flasque, et manœuvré par le conducteur, il est généralement en fonte ou en acier et comporte un ou plusieurs repères.

Le volant constitue un élément important du système de direction car il est la pièce qui entraîne toutes les autres. Il permet de transformer l'effort du conducteur en un effort de rotation, son rayon permet l'amplification de l'effort fourni, de plus il comporte diverses commandes électriques (autoradio, régulateur de vitesse...) et l'airbag conducteur. Pour cette raison la dépose du volant et de ses connecteurs doit être réalisée selon les préconisations du constructeur.

Il est primordial que la prise en main du volant soit naturelle et confortable pour le conducteur car il l'utilisera tout au long des différentes épreuves.

b) La colonne de direction :

C'est la pièce qui relie le volant à l'ensemble du boîtier de direction, elle est constituée d'une barre longue de forme cylindrique sollicitée principalement à la torsion.

Elle transmet le mouvement de rotation du volant au boîtier de direction.

c) Support du boîtier de direction

Fixe le boîtier de direction au châssis.

d) Boîtier de direction

La pièce maîtresse du système dont la fonction est d'assurer la démultiplication du mouvement entre la colonne de direction et le levier pendant.

Il réalise l'irréversibilité du système de direction grâce à l'utilisation du système de roue et vis sans fin, généralement muni d'un système d'assistance hydraulique.

e) Levier pendant

C'est le levier de braquage, il assure les angles de braquage et relie l'axe de sortie du boîtier de direction à la bielle de direction. Sa position est repérée par rapport à l'axe de sortie du boîtier afin de respecter le point milieu lors du remontage.

f) Bielle de direction

La bielle de direction est l'organe qui transmet le mouvement du levier pendant au levier d'attaque de l'essieu (pont), les rotules de fixation de la bielle assurent le passage du couple en tous points de la trajectoire du levier pendant sur le plan horizontal du levier d'attaque. Sa longueur est réglable et permet de modifier l'angle de l'axe de direction de l'essieu sans interférer sur le parallélisme.

g) Levier de direction ou d'attaque

Il relie la bielle de direction à la fusée à laquelle il est solidaire.

h) Les fusées

Elles supportent la roue, montées sur pivot elles peuvent tourner par rapport à l'essieu.

i) Les leviers d'accouplement

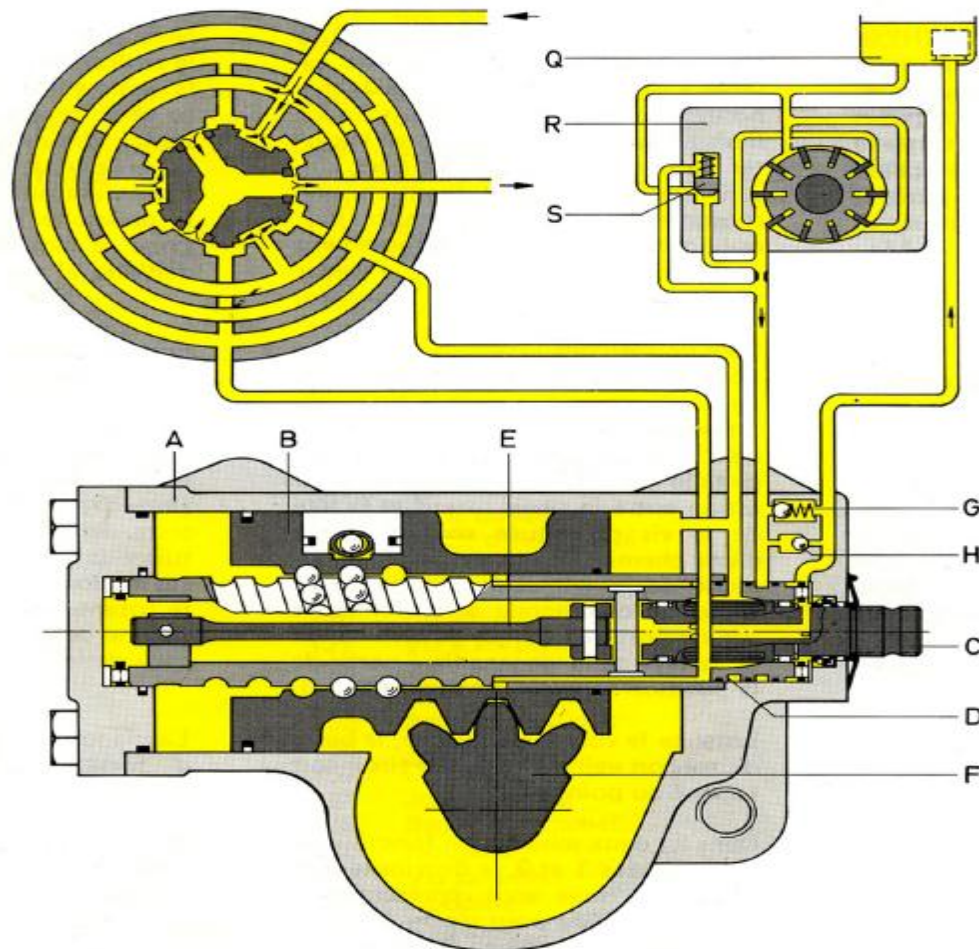
Ils permettent de transmettre les mouvements via la barre d'accouplement d'une fusée à l'autre.

j) La barre d'accouplement

Elle relie les fusées et permet par l'intermédiaire des manchons à rotule d'agir sur le parallélisme des roues.

II.7.3.4. Construction et fonctionnement du « Boitier de direction ZF, type 8095 » :

a) Description du boitier ZF 8095 :



- | | | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| A. carter | B. Piston | C. Tiroir rotatif / vis de direction |
| D. Chemise de commande / vis sans fin | E. Barre de torsion | G. soupape de limitation de pression |
| F. arbre de secteur | H. soupape de ré aspiration | Q. Réservoir d'huile |
| R. pompe à palette ZF | S. soupape de limitation de débit | |

Figure II.16 : Boitier de direction à assistance hydraulique. [1]

Le distributeur, le vérin de travail de même qu'une boîte de direction mécanique complète sont réunis dans le boîtier de la direction hydraulique à écrou à billes **Servocom ZF**, la pompe à huile entraînée par le moteur, dont le réservoir d'huile peut être monté sur la pompe ou disposé séparément, fournit l'huile sous pression nécessaire à la direction. Le carter de la direction (A) (Voir à cet effet la Figure II.16) est conçu sous la forme d'un vérin pour le

piston (B), qui assure la mission de convertir la rotation de la vis de la direction (C) en un mouvement axial et de transférer celui-ci à l'arbre de secteur (F). Les dentures de l'arbre de secteur et du piston sont droites et d'un état de surface élevée, de telle manière qu'un réglage unique sans jeu dans la position en ligne droite, puisse être réalisé en moyen des deux couvercles latéraux du carter conçus de façon excentrique.

b) Fonctionnement :

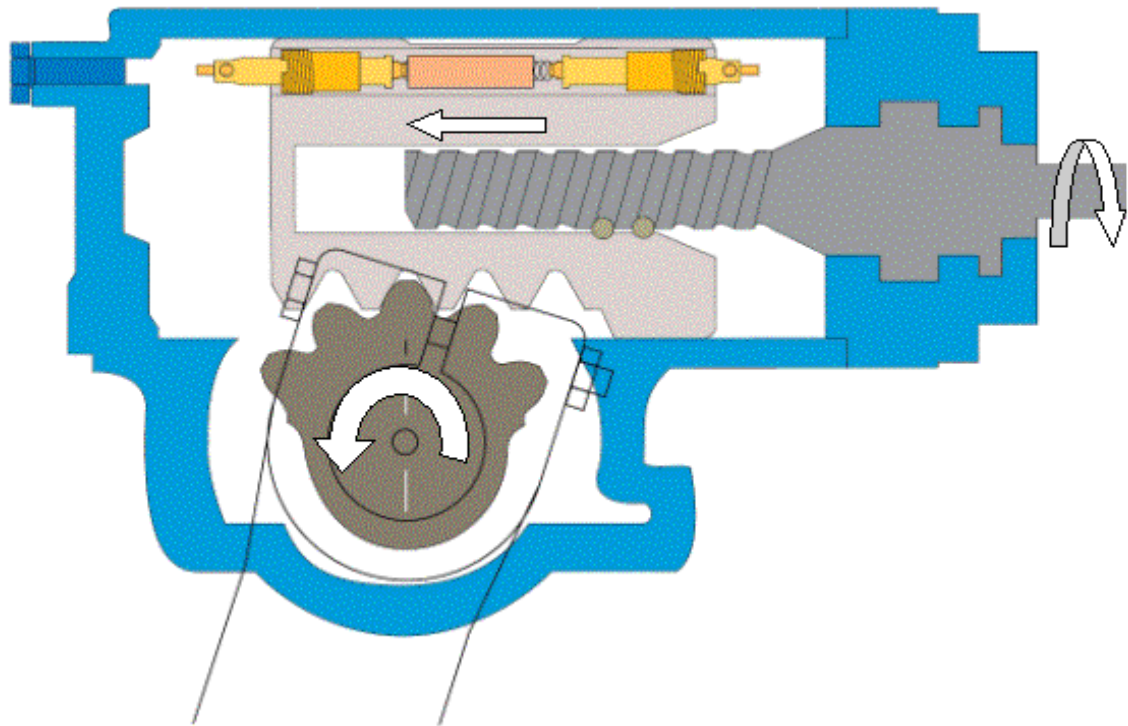


Figure II.17 : Schéma de fonctionnement du boîtier

Volant au point milieu :

Lorsque le volant est au point milieu aucun effort n'est transmis à l'arbre d'entrée, il n'y a donc pas de décalage entre les canaux de l'arbre d'entrée et ceux de la vis sans fin. Dans cette position le liquide hydraulique circule librement dans les deux chambres et vers le canal de retour via l'arbre d'entrée.

Les limiteurs d'angle de braquage sont tous les deux ouverts laissant passer l'huile d'une chambre à l'autre.

 Braquage à droite :

L'effort de rotation transmis à l'arbre d'entrée permet grâce à l'élasticité de l'arbre de torsion de mettre en communication les canaux d'alimentation avec les canaux reliés à la chambre de droite.

Les canaux de retour sont mis en communication avec les canaux de la chambre de gauche.

Le limiteur d'angle de braquage gauche est plaqué sur son siège bloquant ainsi la circulation entre les deux chambres.

La pression dans la chambre droite augmente assistant ainsi l'effort de commande sur le secteur denté.

 Braquage à gauche :

L'effort de rotation transmis à l'arbre d'entrée permet grâce à l'élasticité de l'arbre de torsion de mettre en communication les canaux d'alimentation avec les canaux reliés à la chambre de gauche.

Les canaux de retour sont mis en communication avec les canaux de la chambre de droite.

Le limiteur d'angle de braquage droit est plaqué sur son siège bloquant ainsi la circulation entre les deux chambres.

La pression dans la chambre gauche augmente assistant ainsi l'effort de commande sur le secteur denté.

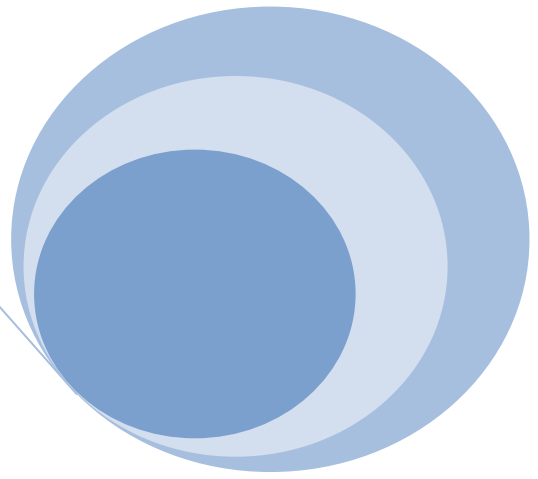
c) Limiteur de braquage :

Dans le véhicule étudié, le braquage des roues se limite au contact des roues contre les butées de pont avant.

Dans le boîtier ZF existe un limiteur de braquage à réglage automatique, sa fonction est de causer une chute de pression au système de direction avant que les butées du pont et des roues ne soient en contact.

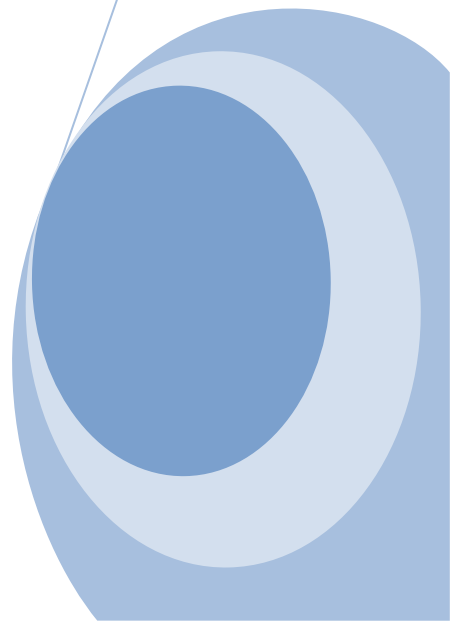
II.8. Conclusion :

Ce deuxième chapitre nous a permis de consolider nos connaissances, en premier lieu sur les véhicules à quatre roues motrices, aussi sur la direction automobile en général, ainsi que la direction assistée. Cette partie nous permettra de bien entamer la suite de ce travail.



Chapitre III :

Conception et dimensionnement du système de direction assistée



III.1. Introduction :

La conception d'un produit industriel passe par une phase de tests qui permettra de déterminer sa tenue en service face à son environnement, elle permet de formaliser les étapes préliminaires de développement d'un système et de décrire son fonctionnement afin de faciliter sa réalisation.

Dans ce dernier chapitre nous allons commencer par l'étude du braquage, centre instantané de rotation et l'épure de JEANTAUD. Ensuite nous passerons à la conception du système de direction en citant les liaisons entre ses composants. Enfin, nous terminerons avec les calculs de résistance des boulons.

III.2. Braquage :

III.2.1. Comportement du véhicule en virage :

A l'entrée du virage le conducteur agit sur le volant : les roues avant changent d'orientation alors que le véhicule est toujours sur une trajectoire rectiligne. Ceci met les pneumatiques avant en situation de dérive et ils produisent des efforts de guidage orientés vers l'intérieur du virage.

Les premiers véhicules motorisés étaient équipés par des roues à forte rigidité, pour lesquelles les déformations transversales du pneumatique sont considérées petites. Ce qui fait que la dynamique transversale se réduisait au schéma de JEANTAUD.

Le schéma JEANTAUD décrit la dépendance de la position du centre instantané de rotation du véhicule aux axes des essieux avant et arrière.

III.2.2. L'épure de direction (Centre instantané de rotation) :

Pour qu'aucune des roues ne ripe, dans un virage, il est nécessaire que les quatre roues se déplacent par rapport à un centre de rotation commun ou centre instantané de rotation O. Les roues arrière ne pouvant être orientées, le centre O devra obligatoirement se situer dans le prolongement de leur axe commun.

Les axes des fusées des roues avant devront être orientés de telle sorte que leurs prolongements soient concourants au point O.

La roue directrice extérieure décrit un cercle plus grand que celui de la roue intérieure, son angle de braquage est donc plus faible.

Dans un virage à droite, l'angle α_G doit donc être inférieur à l'angle α_D et dans un virage à gauche α_G doit être supérieur à α_D .

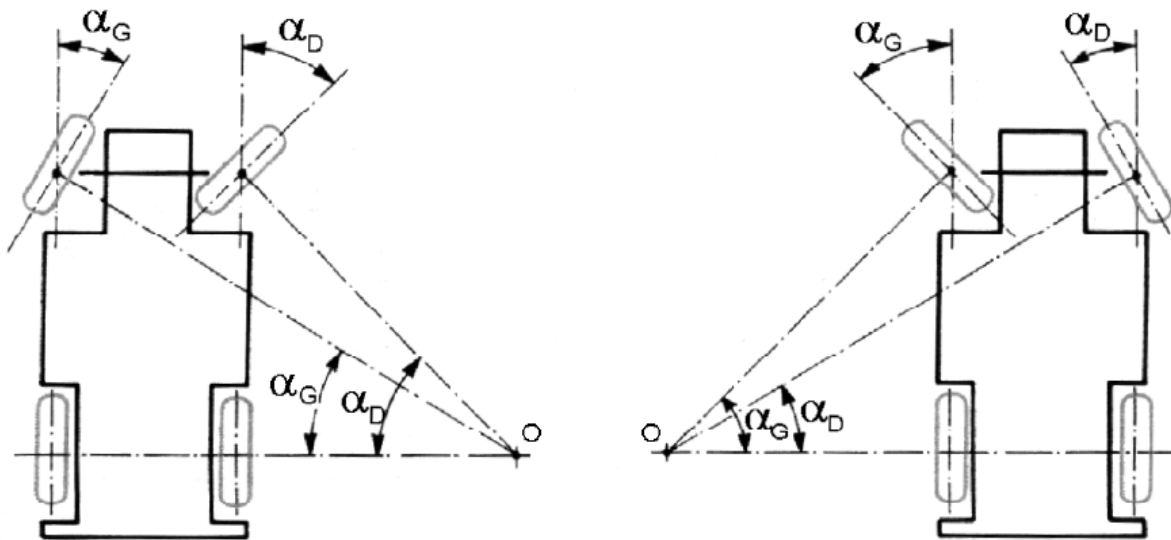


Figure III.1 : Centre instantané de rotation [6]

III.2.3. Epure de JEANTAUD :

Dans une courbe à très basse vitesse, les efforts latéraux sur les pneus sont négligeables, et le roulis quasiment nul. La condition de non-glissement des roues implique que les roues directrices doivent être braquées d'un angle différent selon qu'il s'agit de roue intérieure ou de roue extérieure. C'est l'épure de JEANTAUD.

Pour avoir un système de direction convenable et permettre aux roues directrices de pivoter en restant perpendiculaires au rayon d'un même C.I.R, JEANTAUD s'est aperçu qu'il fallait, en ligne droite, que les prolongements des deux leviers de fusée se rejoignent au milieu de l'essieu (pont) arrière.

De nos jours, l'épure de JEANTAUD n'est pas respecté exactement, les axes ont plutôt tendances à se rejoindre un peu en avant de l'essieu arrière donc ce n'est pas tout les véhicules qui utilisent une géométrie de direction 100% JEANTAUD et cette solution approchée n'est pas toujours vérifiée.

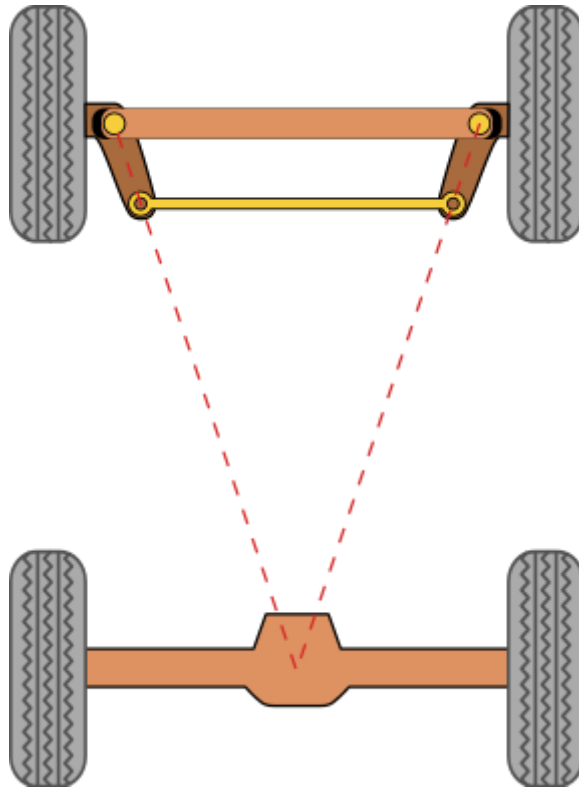


Figure III.2 : Epure de JEANTAUD.

Dans les virages, les pneumatiques ne suivent pas toujours la trajectoire désirée du fait de la force centrifuge :

- Dérive des pneumatiques
- Reports de charge sur la roue avant extérieure et du délestage de la roue avant intérieure (roulis) qui provoquent des variations de braquage de celles-ci (mouvement angulaire des biellettes de direction)

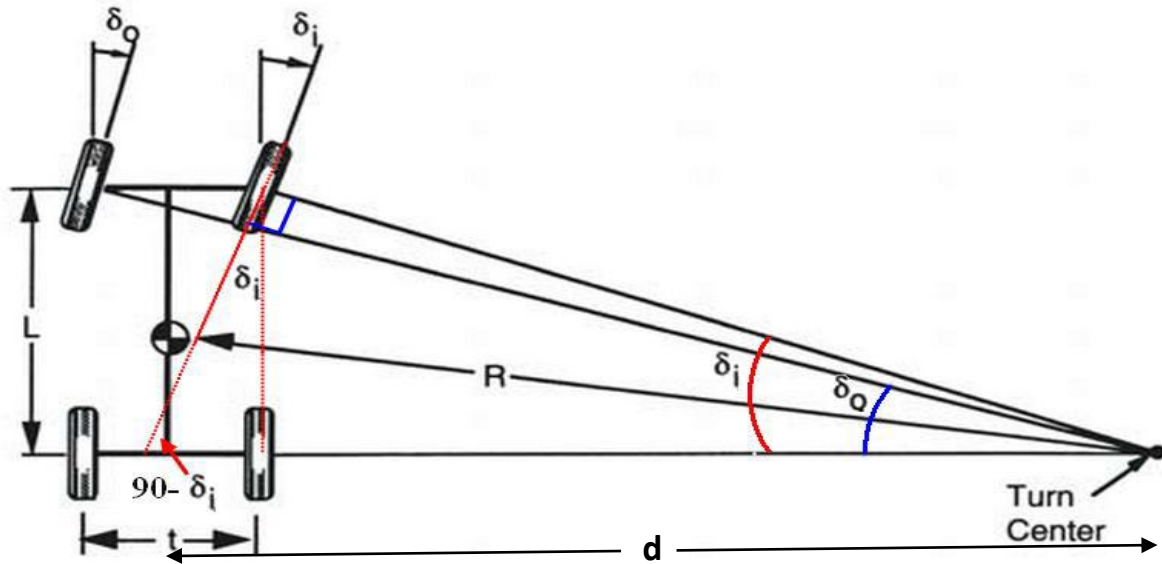
Pour ces raisons, les dispositions définies par l'épure de JEANTAUD, qui reste une base de référence, doivent être adaptées à chaque type de véhicule.

III.2.4. Angle de braquage :

En suivant la norme :

- Le rayon de braquage extérieur pour les autocars ne doit pas dépassé 12m. [1]
- L'angle de braquage maximal est : 40°. [1]

A partir de l'épure on va tirer l'équation de JEANTAUD



δ_i : Angle de braquage de la roue intérieure.

δ_o : Angle de braquage de la roue extérieure.

Figure III .3 : Angles de braquage. [4]

$$\tan \delta_i = \frac{L}{d - t/2}$$

$$\tan \delta_o = \frac{L}{d + t/2}$$

Ce qui donne la condition de JEANTAUD

➤ **La condition de JEANTAUD :** [7]

$$\cot \delta_o - \cot \delta_i = t/L \quad \text{avec } \delta_o \leq \delta_i \quad (1)$$

$$\rightarrow \delta_o = \text{arctg}[\cot \delta_i + (t/L)] \quad (2)$$

✚ **Calcul de l'angle de braquage extérieur maximal:**

Sur le véhicule 38L4 l'angle de braquage maximal est fixé par la butée mécanique de pont à 39°. [1]

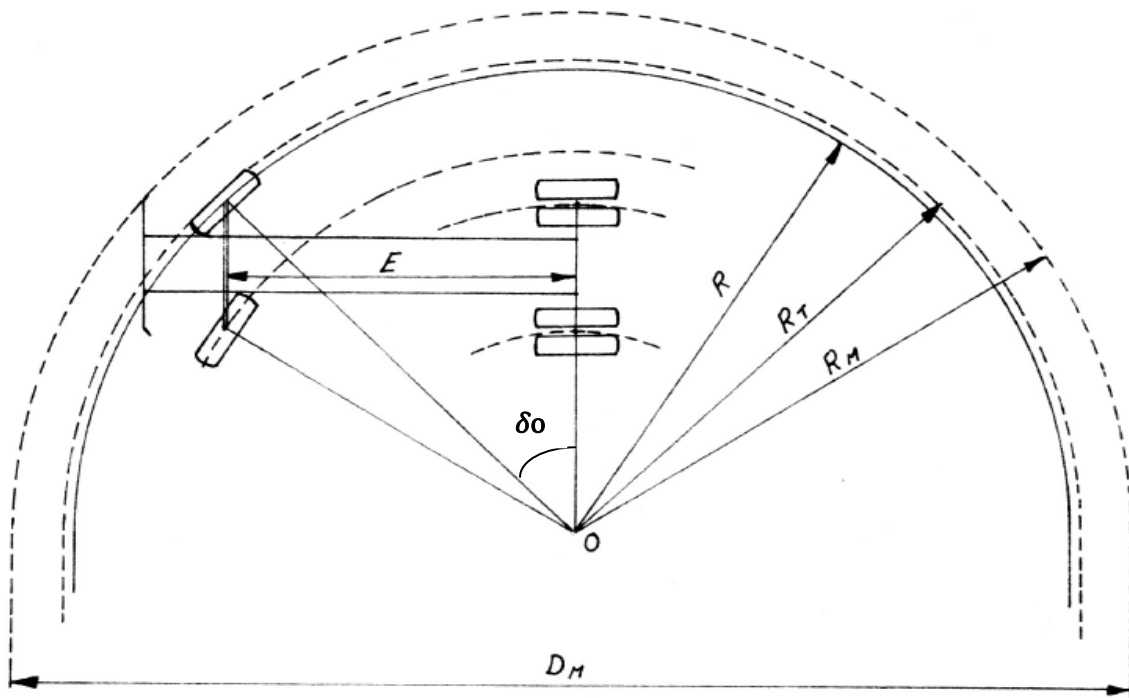
$$\delta_o = \text{arctg}[\cotg(39^\circ) + (2,002 / 5,8)]$$

$$\delta_o = 32,4^\circ$$

L'angle de braquage extérieur maximal est : $32,4^\circ$

✚ Calcul de rayon braquage:

Le rayon de braquage est la distance du centre de braquage au centre de l'aire de contact au sol du pneu qui décrit le plus grand cercle pendant que le véhicule exécute la rotation la plus accentuée possible (habituellement ; le rayon du cercle décrit par la roue avant extérieure).



O : Centre de braquage (centre instantané de rotation)

E : Empattement

R : Rayon de braquage

R_T : Rayon de dégagement de trottoir

R_M : Rayon de braquage hors-tout

D_M : Diamètre de braquage hors-tout

δ_o : Angle de braquage

Figure III.4 : Dégagement rayon de braquage. [1]

pour un angle de braquage $32,4^\circ$:

$$R = E / \sin \delta_o = 5,8 / \sin(32,4^\circ) = 10,84\text{m}$$

Le rayon de braquage est : 11m

III.3. Conception et Dimensionnement :

III.3.1. Etude et dimensionnement du support de boitier de direction :

Le dimensionnement d'une pièce mécanique est le calcul de ses paramètres capitaux pour permettre à celle-ci de fonctionner dans les conditions de travail usuel en tenant compte de la durabilité et de la sécurité. Nous n'allons pas dimensionner l'intégralité des pièces mais uniquement le support de boitier qui est susceptible de se détériorer avant les autres pièces.

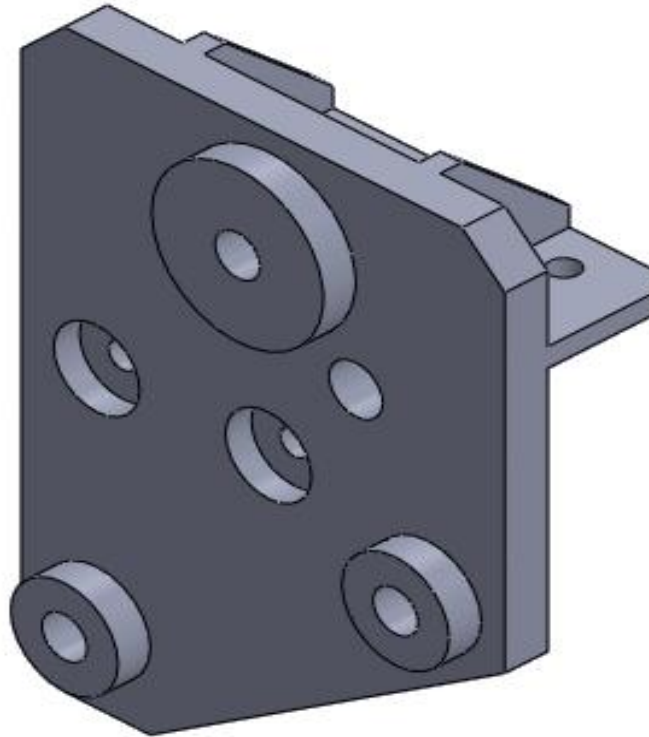


Figure III.5 : Support de boitier.

III.3.1.1. Critères de choix des matériaux :

Avant de commencer les calculs de dimensionnement du support, il est bien sage de faire un choix minutieux de matériaux pour cette pièce. Chaque matériau possède ses propres caractéristiques (le module de Young (E), la limite d'élasticité...).

Une grande multiplicité de facteurs s'offre à l'ingénieur lorsque celui-ci se préoccupe du choix des matériaux pour la conception d'une pièce ou d'un ensemble de composants réalisant une fonction donnée. Ces critères peuvent être brièvement décrits comme suit :

- Les critères techniques intrinsèques sont reliés à des propriétés mécaniques (résistance, rigidité, usure, etc.) ou à des propriétés spécifiques (résistance à la corrosion, au vieillissement, conductibilité thermique ou électrique, etc.).
- Les critères techniques industriels sont ceux qui correspondent à la mise en œuvre et à la transformation des matériaux par usinage, emboutissage, fonderie, injection...
Ces critères sont très importants parce que ces procédés de mise en œuvre influencent les propriétés finales de la pièce.
- Les critères économiques concernent, d'une part, le prix du matériau lui-même lié à sa disponibilité, à l'évolution du marché et à son caractère spéculatif. Ils englobent, d'autre part, le prix de la mise en œuvre lié à des investissements et des coûts de production.
- Les critères sociaux sont des critères liés à des problèmes de société qui vont conditionner les orientations de la clientèle : économies d'énergie, amélioration de la sécurité, respect de l'environnement.

III.3.1.2. Choix du matériau : Les fontes à graphite sphéroïdale.

La SNVI a opté pour la fonte à graphite sphéroïdale pour ses nombreux avantages.

a) Définition :

Les fontes sont des alliages de fer et de carbone où la proportion de carbone est comprise entre 2 % et 4,2 %. Les fontes sont obtenues dans des hauts-fourneaux par le traitement d'un mélange de minerai de fer, déchets ferreux, de coke (carbone pur) et d'éléments d'addition appelés fondants. Elles ont une excellente coulabilité et elles permettent donc d'obtenir des pièces de fonderie (pièces moulées) aux formes complexes.

❖ Fontes à graphite sphéroïdal :

Les fontes à graphite sphéroïdale sont obtenues par adjonction d'une faible quantité de magnésium aux fontes grises avant moulage. Elles sont plus légères et ont une meilleure résistance mécanique que les fontes grises.

Ce sont des fontes dans laquelle le graphite se trouve sous forme de nodules (sphéroïdes). Elle sont les plus utilisées après les fontes lamellaires et elles ont la particularité de réagir d'une manière équivalente à l'acier en traction.

La forme sphéroïdale du graphite rend ces fontes particulièrement résistantes à la traction et au choc (résilience).

La micrographie suivante présente les formes sphéroïdales du graphite :

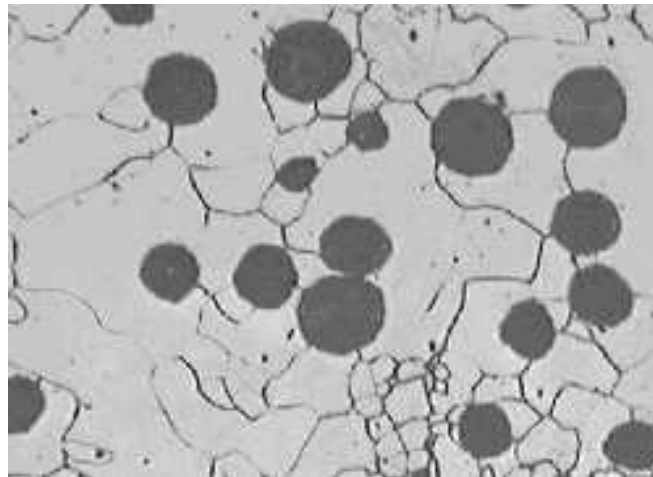


Figure III.6 : Forme de graphite sphéroïdale.

b) Désignation :

Les fontes sont désignées par le symbole (GJMW, GJMB, GJS) suivi de la valeur en méga Pascals de la résistance minimale à la rupture par extension et du pourcentage de l'allongement après rupture.

EN-GJS-400-18 : Fonte à graphite sphéroïdale de résistance $R_m = 400\text{MPa}$ et d'allongement $A\% = 18$.

c) Avantages :

- Excellente coulabilité (aptitude au moulage)
- Facile à usiner
- Bonne résistance à l'usure
- Grande capacité d'amortissement des vibrations
- Soudabilité
- Peu chère (60% du prix du plus mauvais acier)
- Résistance à la traction comparable à celle des aciers

d) les principales utilisations :

- Industrie automobile / pièces de liaison au sol
- Canalisations

Les fontes à graphite sphéroïdal (GS) subissent impérativement un traitement thermique d'austénitisation à une température égale ou supérieure à 870°C et un refroidissement approprié pour obtenir la structure demandée.

e) Spécifications :

Composition chimique imposée											
Symbole	Désignation	Exemple D'emplois	Analyse chimique						Traitement	Structure micrographique	
			C	SI	Mn	S	P	Balance		Graphite	Matrice
66	Fonte à graphite sphéroïdal ferritique	Cuves de ponts (exemple)	3.5	2.8	≤	≤	≤	≤	Avec	Sphérules >85 %	Ferrite Cémentite <2 %
			3.9	2.8	0.5	0.02	0.05	93			

Tableau III.1 : Composition chimique imposée de la fonte à graphite sphéroïdale traitée. [8]

Caractéristique mécaniques					
Dureté sur pièces	R _m (Mpa)	R _p (Mpa)	A(%)	K _M (J/cm ²)	Lf(N/mm ²)
HB 137-179	≥400	≥250	≥15	≥15	≥210

Tableau III.2 : Caractéristiques mécaniques de la fonte à graphite sphéroïdale traitée. [8]

III.3.1.3. Etude de la résistance du support :

L'étude de résistance consiste à mettre le produit dans les conditions réelles de travail, à savoir ; sa fixation et les efforts qu'il subit.

Cette simulation a été faite à l'aide de logiciel SOLIDWORKS.

a) Matériau et propriétés :

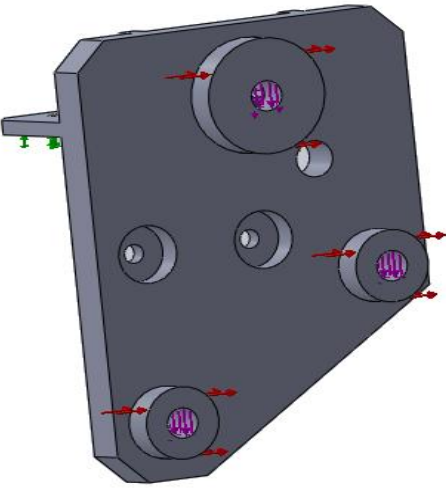
Modèle	Propriétés du matériau
	Nom : 0.7040 (EN-GJS-400-15) Type de modèle : Linéaire élastique isotropique Limite d'élasticité : 250 N/mm² Limite de traction : 400 N/mm² Masse volumique : 7250 kg/m³ Module d'élasticité : 1.2 e+005 N/mm² Coefficient de Poisson : 0.26 Module de cisaillement : 6500 N/mm² Coefficient de dilatation thermique : 1.2e-005 /Kelvin Conductivité thermique : 58 W/(m*K) Chaleur spécifique : 460 J/ (kg*K)

Tableau III.3 : Propriétés du matériau utilisé.

b) Déplacement imposé :

Le support est fixé sur le châssis par cinq boulons type HM 12, trois boulons fixent la face horizontale et deux autres fixent la face latérale.

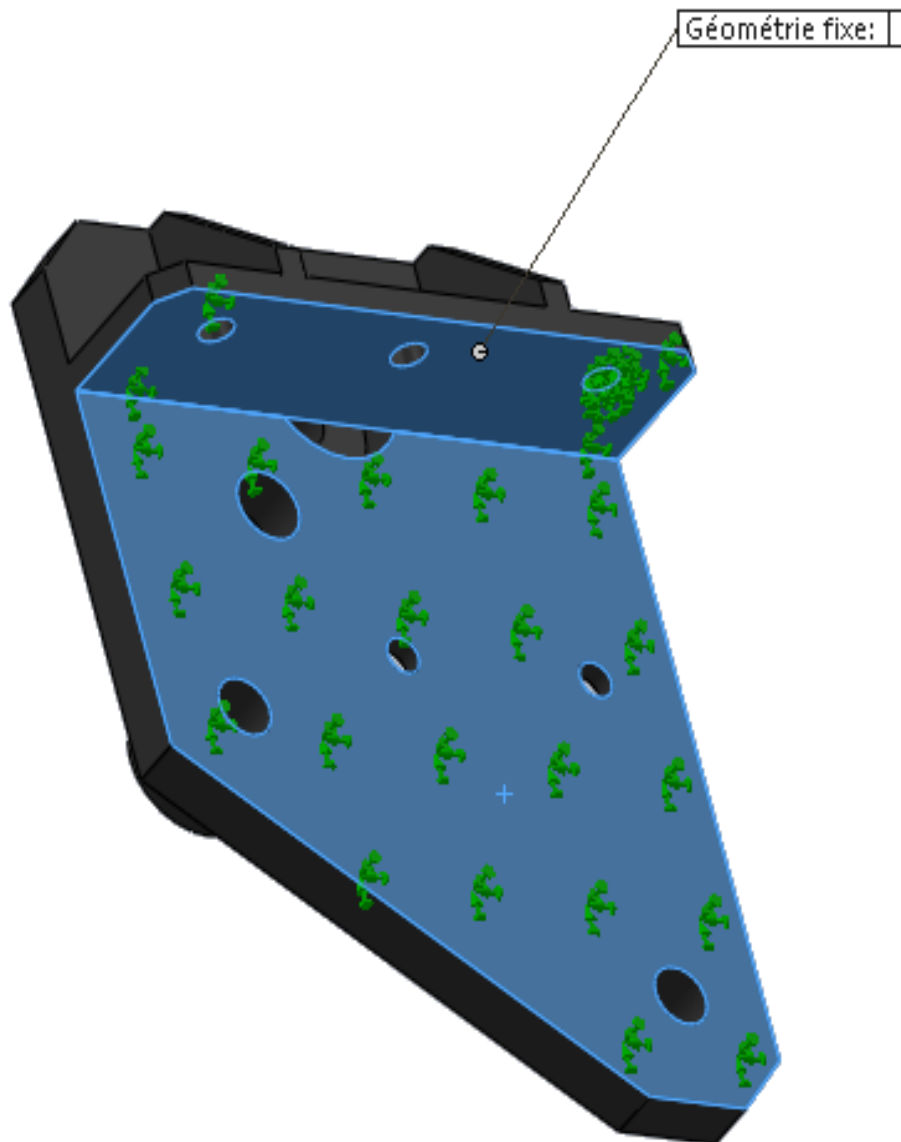


Figure III.7: Déplacement imposé au support.

c) Chargement :

Le support subit une pression totale de 165 bars générée par le boîtier de direction ZF 8095 équivalent à 16.5 N/mm^2 et une charge totale de 339N : le poids de l'ensemble (boîtier, levier pendant et la bielle)

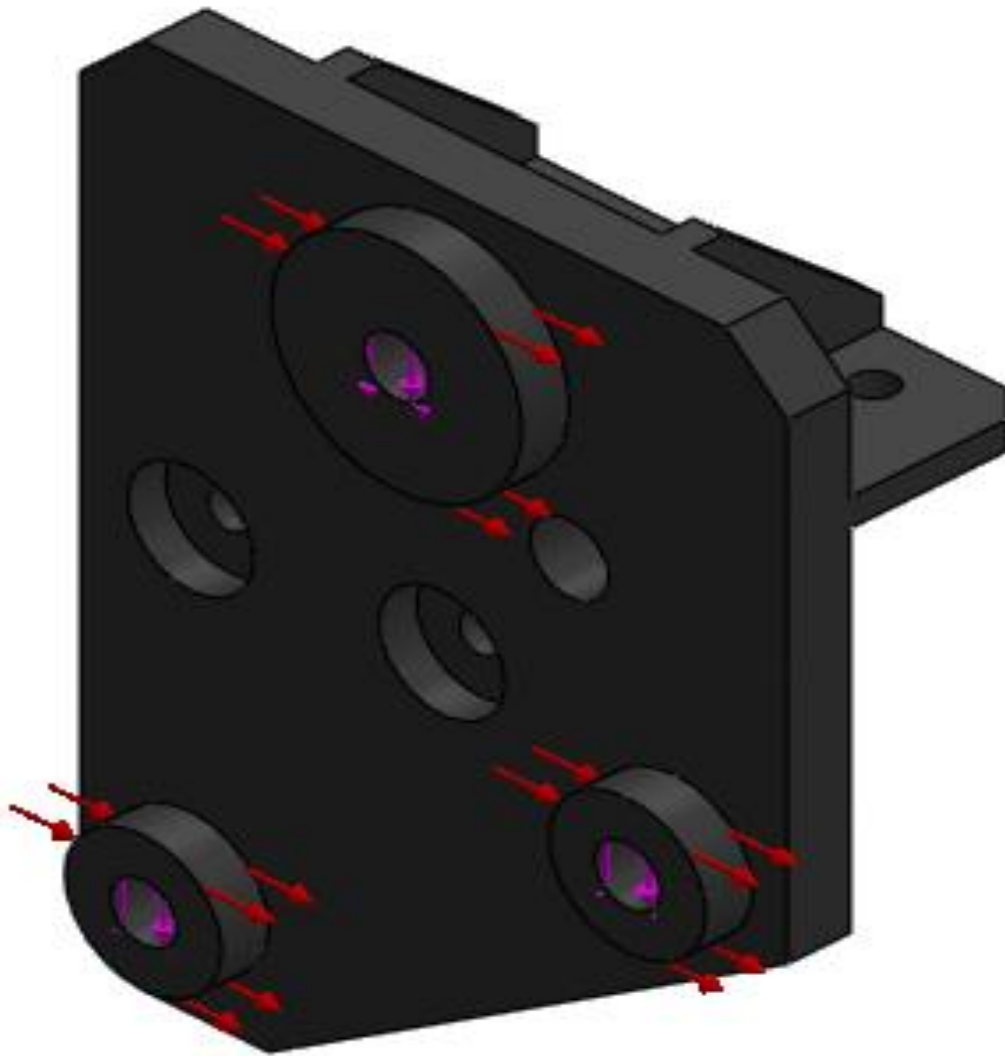


Figure III.8: Chargement appliqué sur support.

d) Résultats de la simulation :

Après exécution de l'analyse statique des données précédentes, nous obtenons les résultats que nous présentons dans ce qui suit. La figure suivante montre les contraintes que le support peut subir lors de son travail.

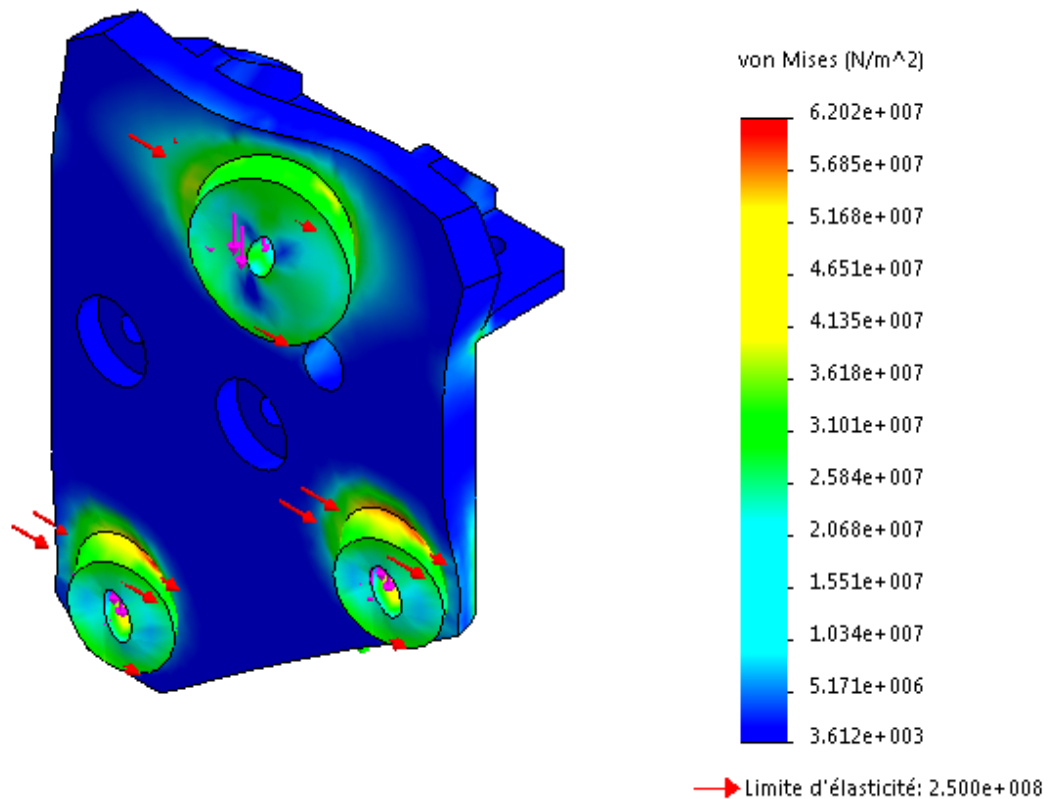


Figure III.9: Contraintes de Von Mises subit par le support.

Les résultats montrent que la contrainte maximale que peut subir le support du boîtier est 62.02 Mpa, cette valeur n'atteint pas la limite à la rupture du matériau utilisé qui est 400 Mpa .

On conclut donc que le support résistera à la pression appliquée par le boîtier et aux poids de l'ensemble (boîtier, levier pendant et bielle de direction).

III.4.Liaisons entre les composants de système de direction :

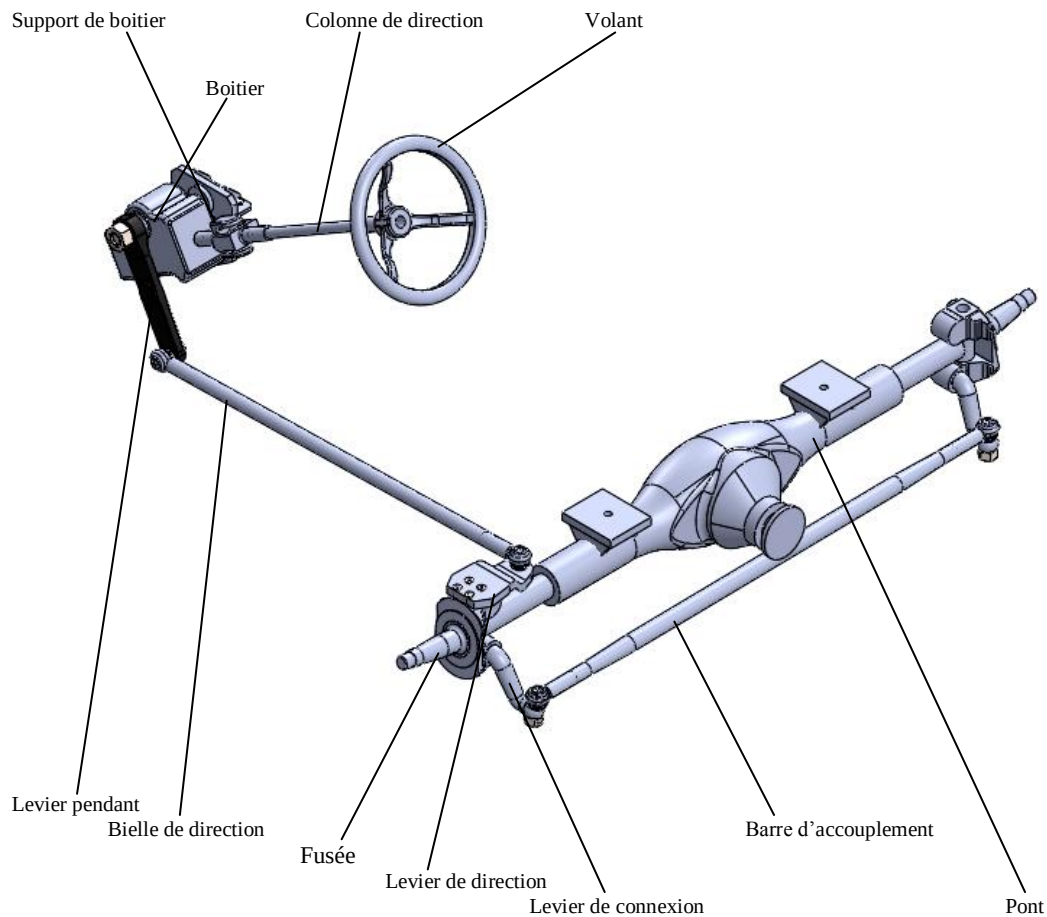


Figure III.10: Système de direction assistée.

III.4.1 : Liaison volant-colonne de direction :



Figure III.11 : Assemblage volant-colonne de direction.

La colonne de direction permet de régler longitudinalement et angulairement la position du volant afin que le conducteur soit dans la position la plus confortable pour conduire.

La bague cannelée de volant est fixée à l'extrémité de l'arbre principale de la colonne de direction, coté roulement supérieur.

La rotation du volant est transmise au boîtier de direction par l'intermédiaire de la colonne de direction.

Pour l'autocar 38L4 le nombre de tours de volant maximal est de 2.2 tours à gauche ou à droite à partir de la position neutre de levier pendant.

III.4.2 : Liaison colonne de direction-boîtier :

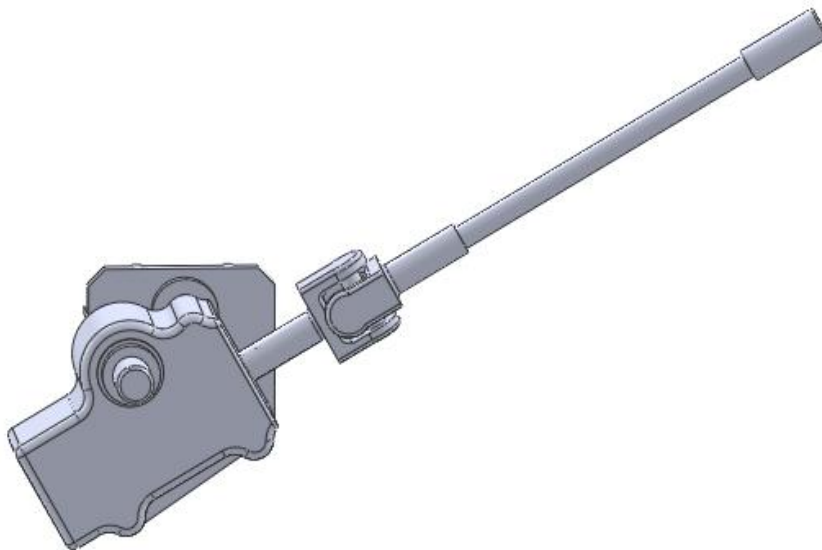


Figure III.12 : Fixation de la colonne sur le boîtier.

L'entrée de mouvement au boîtier par la colonne de direction est assurée par des cannelures cylindriques 1*79 ZGN 715. Pour la fixation de la colonne au boîtier de direction, nous utilisons un boulon ajusté et un écrou à six pans suivant recommandation du constructeur ZF.

III.4.3 : Liaison boitier-support :

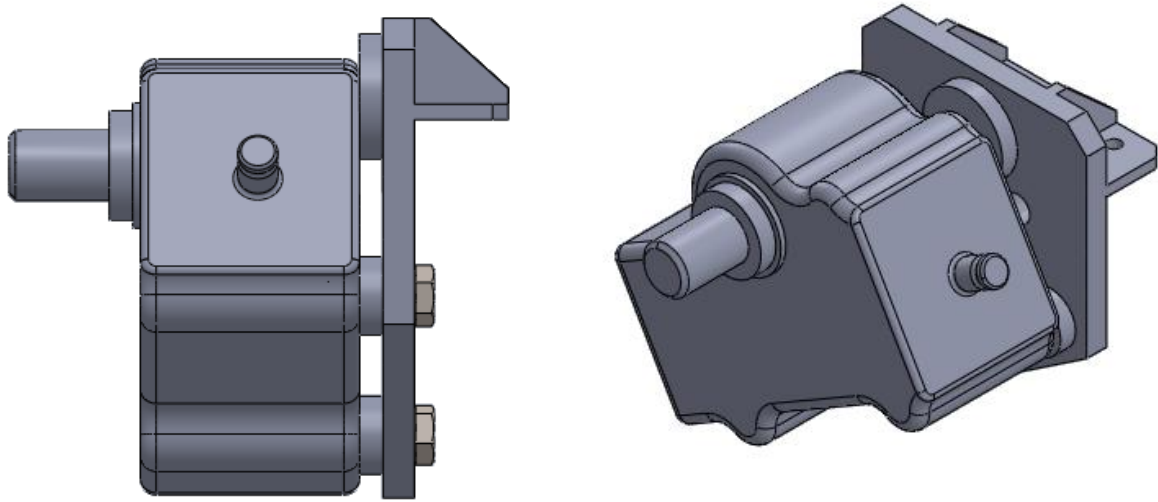


Figure III.13 : Assemblage boitier de direction-support.

Pour la fixation du boitier sur le support, le constructeur a prescrit la visserie nécessaire :

Le boitier est muni de 3 trous taraudés M20*1.5 /20 de profondeur, il doit être fixé par trois vis 6 pans M20*1.5 selon ISO 8765, qualité 10.9

Deux vis de longueur 55mm et une vis de longueur 60 mm

Le couple de serrage est : 520 Nm $\pm$ 10%.

L'angle d'inclinaison maximale du boitier est 105° et sur le véhicule 38L4 le boitier est incliné de 30°

III.4.4 : Liaison boitier-levier pendant :

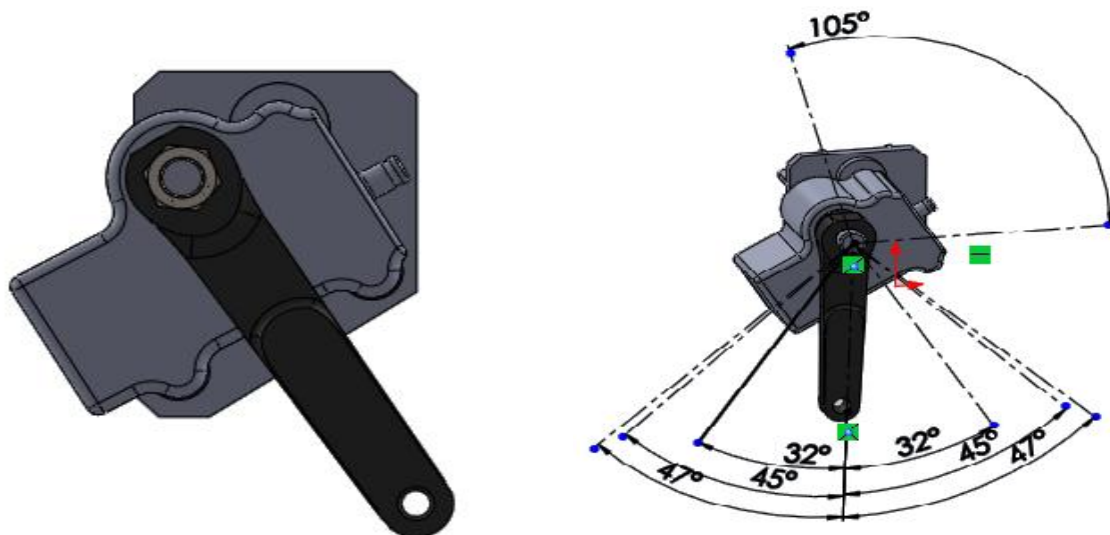


Figure III.14 : Fixation de levier pendant sur le boitier.

La sortie de mouvement est assurée par l'arbre du secteur denté du boîtier qui est lié au levier pendant en transmission du mouvement via des cannelures coniques B 2°*48 ZGN 738. Le levier pendant est fixé par un écrou M42*1.5. L'angle maximal admissible de débattement du levier pendant est fixé à 47°.

III.4.5 : Liaison levier pondant-bielle de direction :

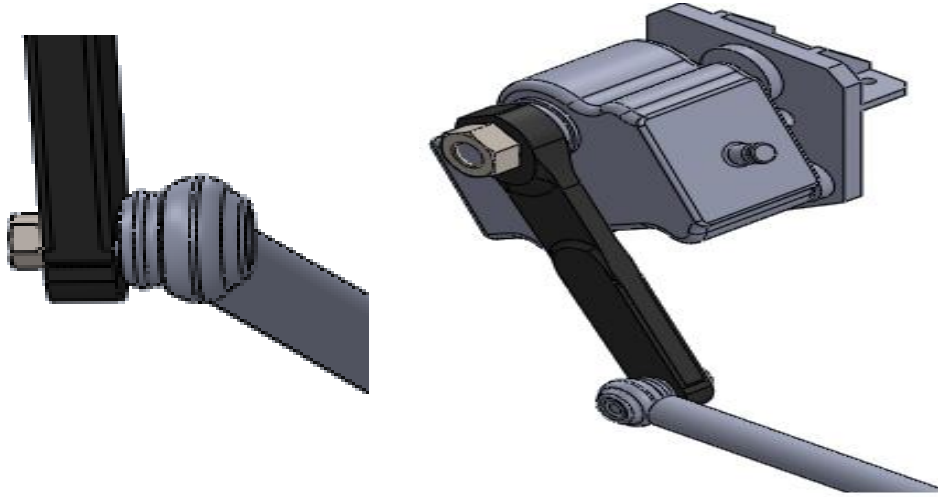


Figure III.15 : Fixation de la bielle au levier pondant

La fixation de la bielle sur le levier pondant est assurée par un emmanchement forcé avec serrage par écrou à couple de serrage dominant M 20 10.9 à pas fin, épinglé à travers l'écrou sur la tige de la rotule pour assurer le freinage.

III.4.6 : Liaison bielle de direction-levier de direction :

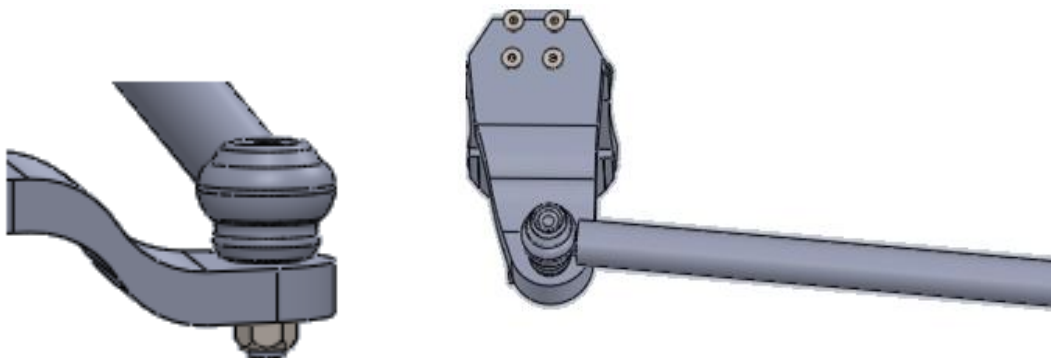


Figure III.16 : Fixation de la bielle au levier de direction.

La fixation du levier de direction à la bielle est assurée par un écrou à couple de serrage dominant, épinglé à travers la rotule pour assurer le freinage.

III.4.7:Liaison levier de direction-fusée :

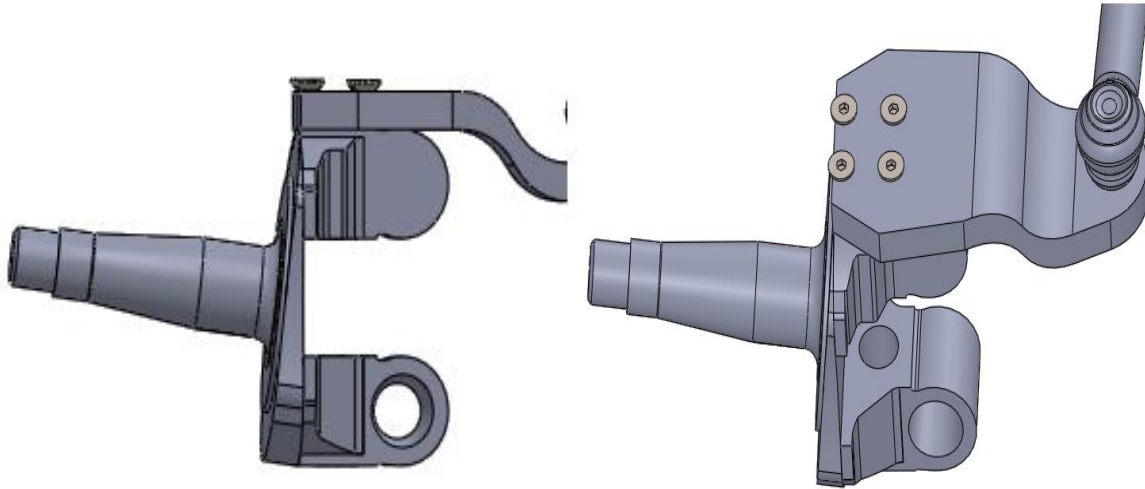


Figure III.17 : Fixation de levier de direction sur la fusée gauche.

La fixation de levier de direction sur la fusée est assurée avec quatre vis M12*1.5 de qualité 10.9.

III.4.8:Liaison levier pendant-levier de direction :

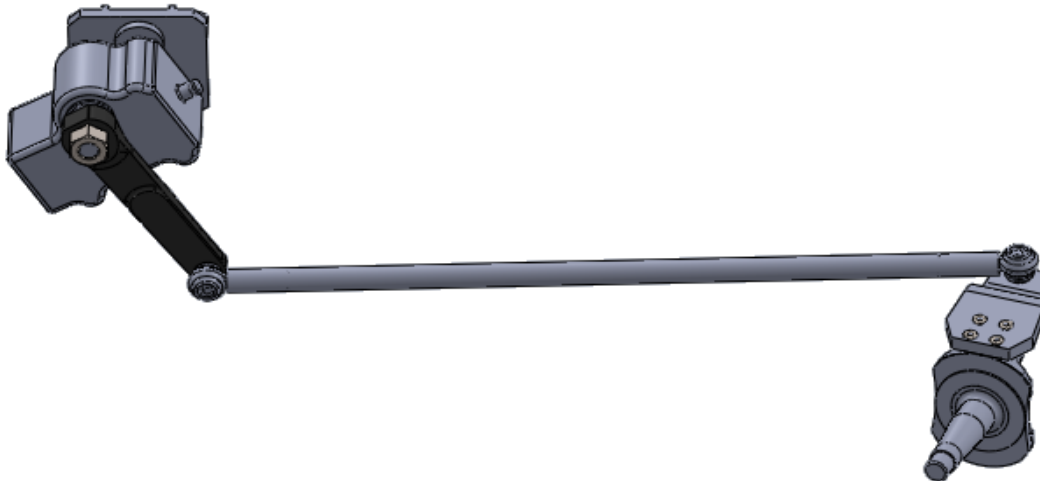
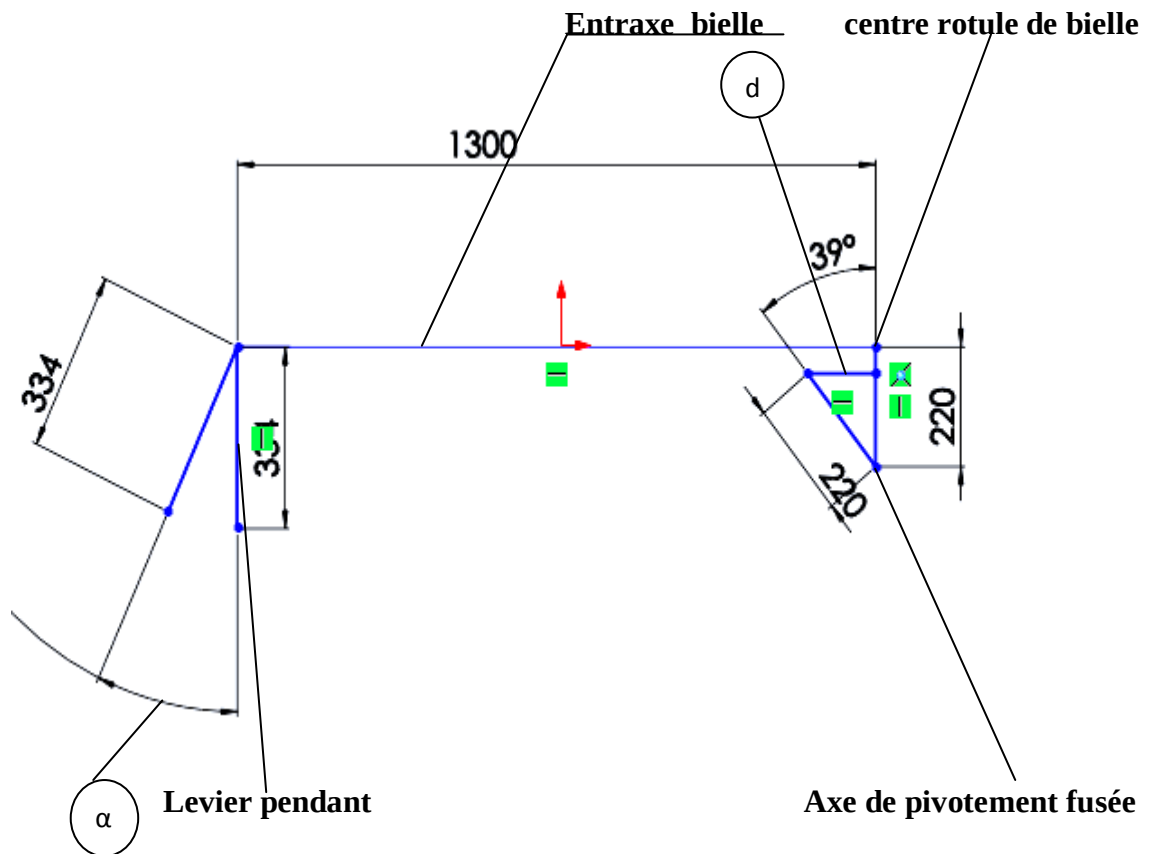


Figure III.18 : Liaison levier pendant-levier de direction.

Cette liaison est assurée par l'intermédiaire de la bielle de direction qui a pour longueur **1260mm** avec une tolérance fixée à ± 10 mm.

La butée mécanique est fixée à 39° (angle intérieur maximale de braquage) qui nous permet de calculer l'angle de pivotement maximal de levier pendant α sur le véhicule 38L4.

 Braquage à gauche :



$$d = \sin(39^\circ) * 220$$

$$d = 138.45 \text{ mm}$$

$$\alpha = \sin^{-1} (d/334) \quad (3)$$

$$\alpha = 24.48^\circ$$

L'angle de pivotement maximal de levier pendant sur le véhicule 38L4 lors de braquage à gauche est : $\alpha = 24.48^\circ$

Braquage à droite :



$$d = \sin(32.4^\circ) * 220$$

$$d = 117.88 \text{ mm}$$

$$\beta = \sin^{-1} (d/334) \quad (4)$$

$$\beta = 20.66^\circ$$

L'angle de pivotement maximal de levier pendant sur le véhicule 38L4 lors de braquage à droite est : $\beta = 20.66^\circ$

III.4.9: Liaison fusée gauche-fusée droite :

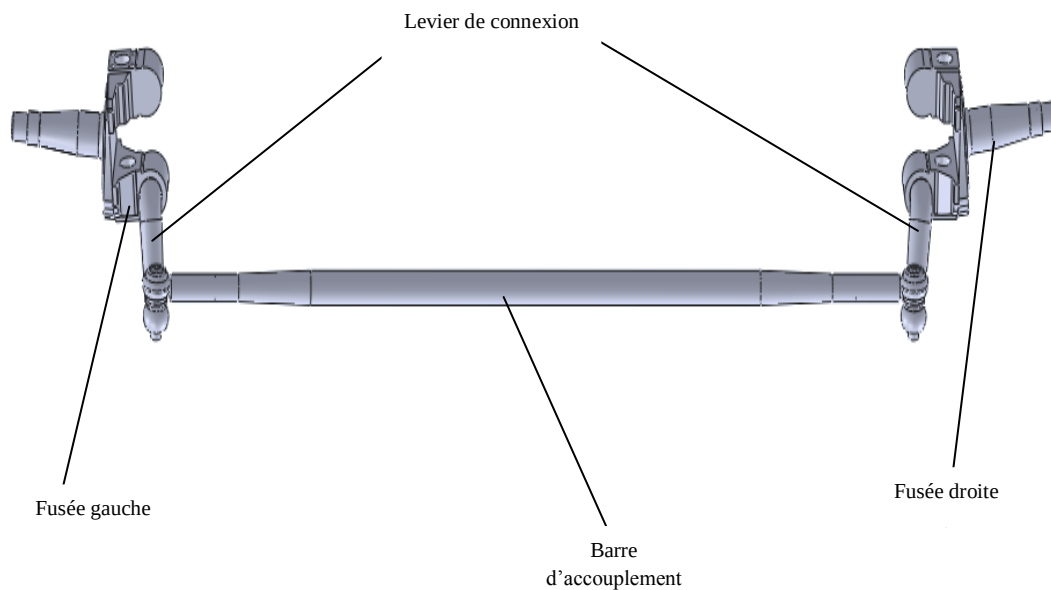


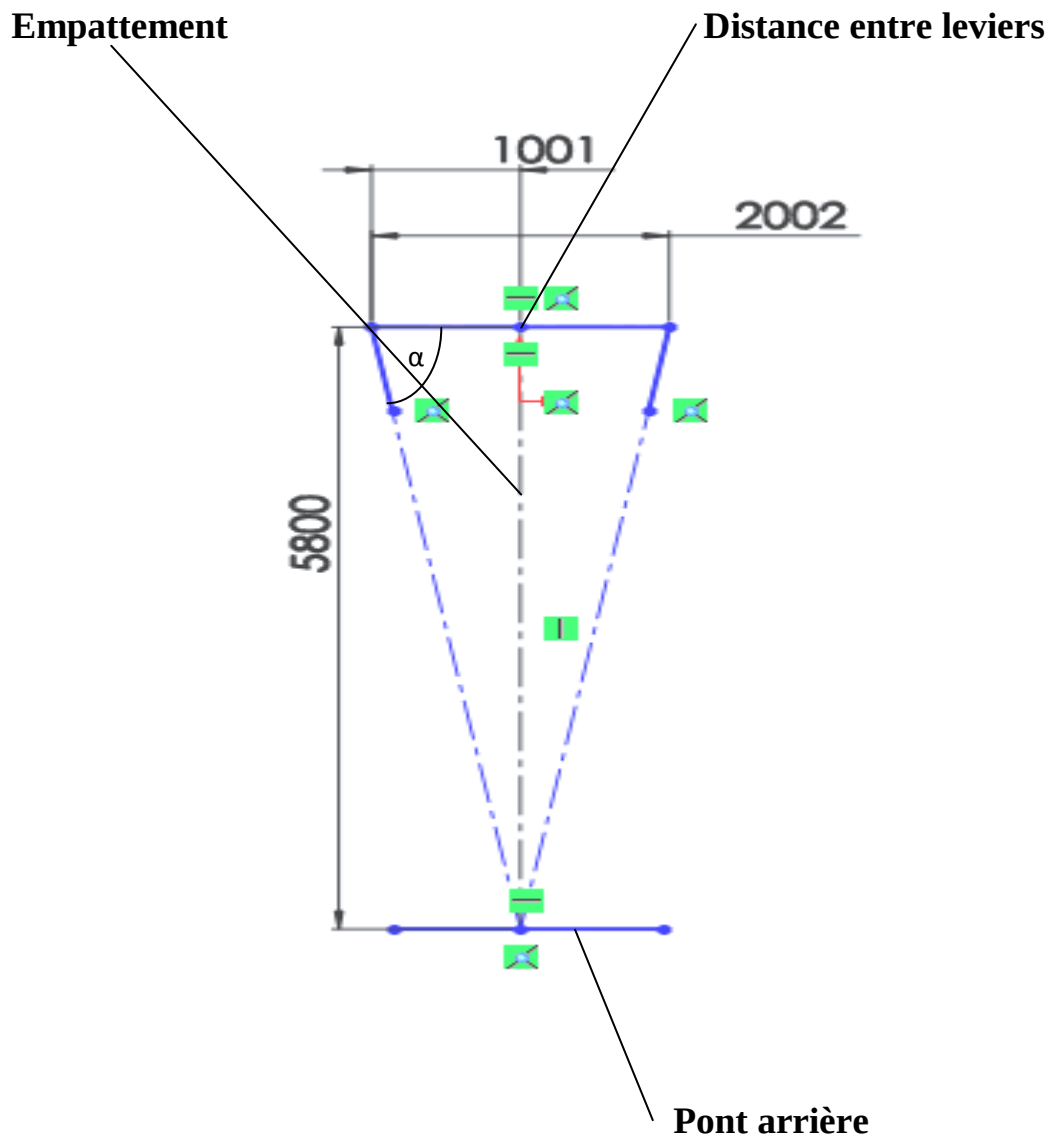
Figure III.19 : Liaison fusée gauche-fusée droite.

En s'appuyant sur le pont et en tournant suivant l'axe pivot La fusée gauche transfère le mouvement, venant du volant par le boîtier de direction, vers la roue directrice gauche par où elle est montée serrée dans le moyeu par deux roulements.

Le transfert du mouvement entre les deux roues directrices est assuré par la barre d'accouplement et deux leviers de connexion.

La fusée est fraisée pour recevoir les deux faces d'appui de pont, supérieur et inférieur, puis percée pour centrer l'axe pivot entre le pont et la fusée, et un autre perçage pour monter le levier de connexion.

✚ Calcul de l'angle de réglage des deux leviers de connexion :



Afin de respecter l'épure de JEANTAUD sur le véhicule 38L4 il faut que les axes des deux leviers de connexion se croisent au milieu du pont arrière et pour ça, un réglage de la position des deux leviers à la fabrication du véhicule est nécessaire.

$$\alpha = \tan^{-1} (5800/1001) = 80.2^\circ$$

L'angle d'inclinaison du levier de connexion par rapport à l'axe horizontale quand le véhicule est en ligne droite est de : 80.2° .

Ce calcul nous permet de régler les deux leviers de connexion et de trouver la longueur de la barre d'accouplement, néanmoins des essais sur le véhicule après construction sont toujours nécessaires pour s'assurer que les roues ne ripent pas au virage.

III.5. Position de boîtier sur le châssis :

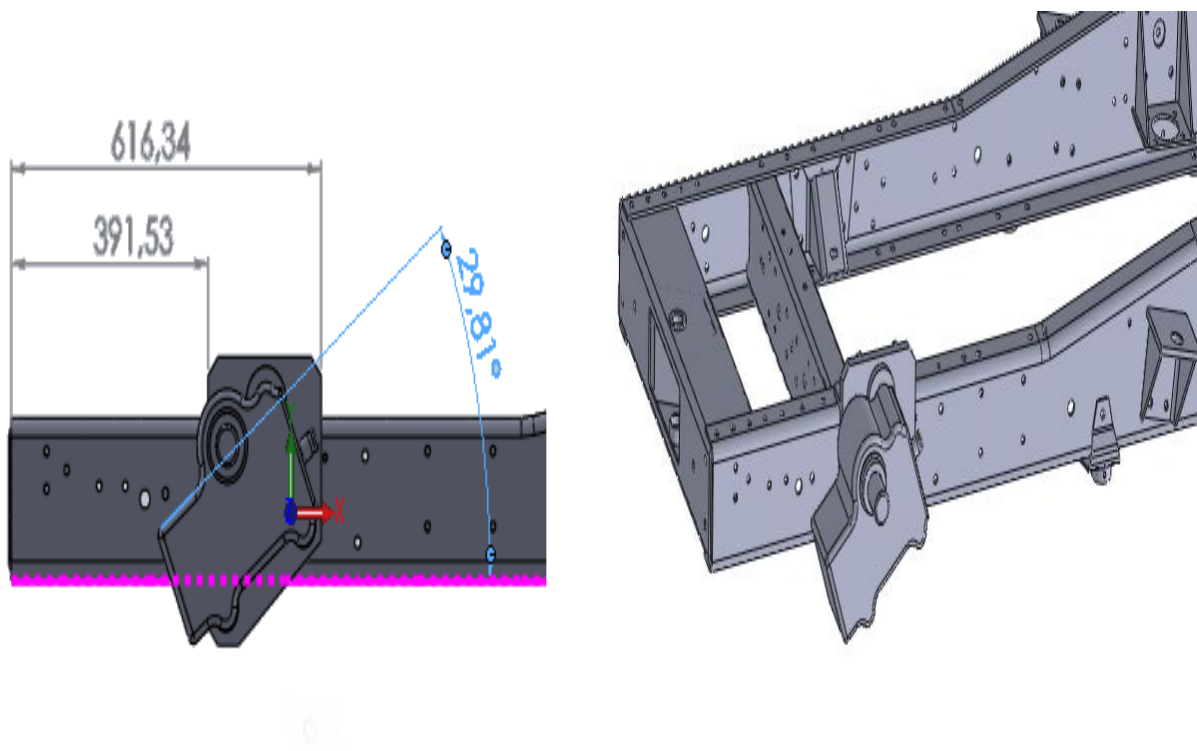


Figure III.20 : Position de boîtier sur le châssis

La position du boitier par rapport au châssis du véhicule est conditionnée par plusieurs paramètres :

- Assurer un bon alignement de l'entrée du boitier par rapport à la position de la sortie de la colonne de direction, ceci pour que la transmission à cardans soit bien alignée.
- Encombrement existant au niveau du véhicule : capot, accessoires, suspension, ferrures sur châssis.
- Position de la sortie du boitier par rapport au levier de connexion, ceci pour permettre une connexion de ces deux points par la bielle de direction sans interférence (roue, châssis et suspension)
- La position du boitier de direction par rapport au châssis est également choisie de telle façon à définir et concevoir le support boitier sur châssis et en tenant compte de :
 - La forme
 - Usinabilité
 - Cout
 - Conception rationnelle (porte à faux minimum, bonne répartition des contraintes).

III.6. Fixation du support sur le châssis :

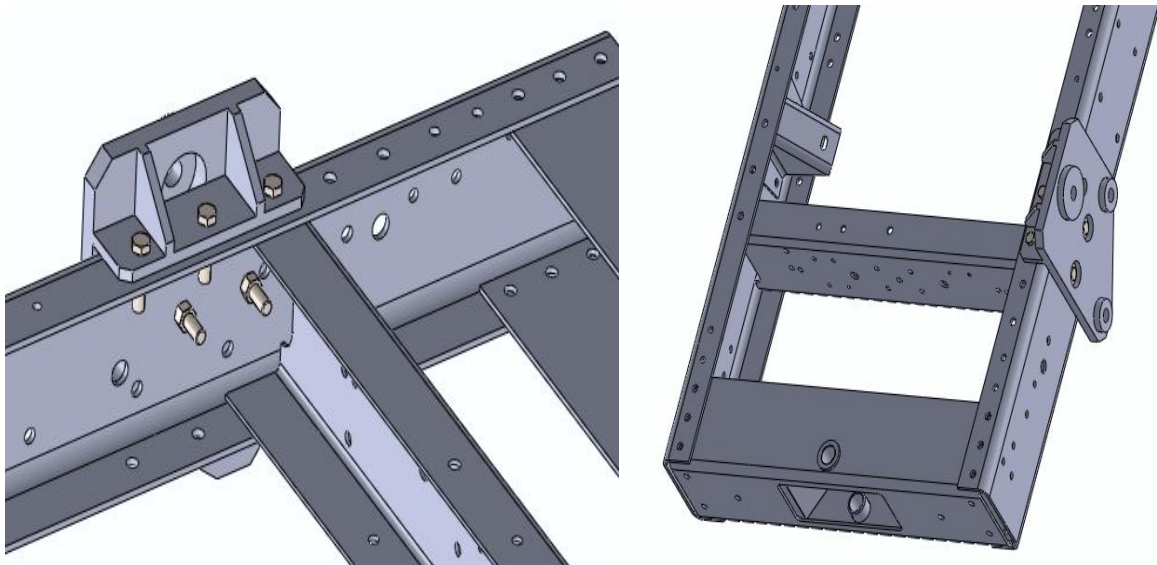


Figure III.21 : Fixation du support de boitier sur le châssis

Le support est fixé sur le châssis avec cinq boulons M12 de qualité 10.9, trois boulons fixent la face horizontale et deux autres fixent la face latérale.

III.7. Vérification de la résistance de l'assemblage boulonné :

On considère que les boulons sont sollicités en traction. L'assemblage est soumis à l'ensemble des poids des ; support, le boîtier de direction, le levier pendant et la bielle de direction avec l'ensemble des vis et des écrous.

✚ Caractéristiques dimensionnelles de la vis

$L=10 + 6 = 16$ mm (épaisseur de châssis plus l'appui de support)

$d = 12$ mm

$d' = d - 0.65 \cdot P = 10.862$ mm

$d'' = d - 0.226 \cdot P = 11.604$ mm

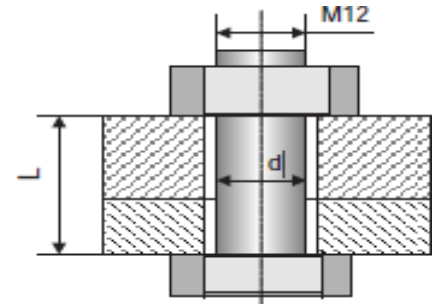


Figure III.22 : Rigidité des pièces assemblées. [9]

d : diamètre nominal

d' : diamètre de flanc

d'' : diamètre de fond de filet de la vis

$P = 1.75$ « pas de filetage »

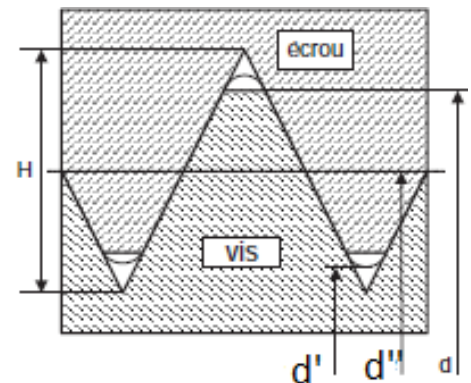


Figure II.23 : Assemblage vis-écrou. [9]

• Section de la vis :

$$A = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d' + d''}{2} \right)^2 \quad (5)$$

Pour le serrage par écrou :

Il s'agit d'une section fictive qui, considérée dans les calculs, donne une valeur assez précise de la résistance de boulon en traction. En effet, dans ce cas la ruine se produit dans la zone filetée et la surface de rupture n'est évidemment pas plane. Section résistante « A » qui est définie comme étant la section calculée en considérant le diamètre moyen entre le diamètre à fond de filet et le diamètre à flanc de filet.

A.N:

$$A = \frac{\pi}{4} \left(\frac{10.862 + 11.604}{2} \right)^2$$

La section $A = 99.051 \text{ mm}^2$. Pour 1 seul boulon

Pour les 5 boulons, la section résistante totale est $A_t = A * 5 = 495.255 \text{ mm}^2$

$A_t = 495.255 \text{ mm}^2$.

- **Précontrainte minimale prescrite :**

La précontrainte minimale prescrite est la suivante

$$F_p = 0.7 * f_{ub} * A \quad (6)$$

A : section équivalente résistante totale.

f_{ub} : la résistance nominale à la rupture en traction avec la valeur suivante 1000 N/mm^2 pour les boulons de classe 10.9

A.N :

$$F_p = 0.7 * 1000 * 99.051 = 69335.7 \text{ N}$$

$$F_p = 69335.7 \text{ N}$$

- **Couple de serrage pour un seul boulon :**

L'assemblage est assuré par cinq boulons, la précontrainte est partagée par cinq

$$f_p = F_p / 5 \quad (7)$$

$$f_p = 69335.7 / 5 = 13867.14 \text{ N}$$

$$f_p = 13867.14 \text{ N}$$

$$\text{La précontrainte maximum est } f_{p \max} = Y * f_p \quad (8)$$

Ou Y est le coefficient d'incertitude de serrage ; $Y = 1.5$

$$f_{p \max} = 1.5 * 13867.14$$

$$f_{p \max} = 20800.71 \text{ N}$$

Le couple de serrage normalisé pour cette précontrainte, est :

$$C_s = 54 \text{ N.m} \pm 5 \%$$

Manuel portatif : clé dynamométrique électrique.

- **Rupture statique des boulons :**

L'effort maximum que peuvent supporter les boulons en traction, on associe la contrainte ;

$$\sigma_{re} = F_{max} / A_t \quad \Rightarrow \quad F_{max} = \sigma_{re} * A_t \quad (9)$$

$\sigma_{re} = 900 \text{ MPa}$; limite d'élasticité de boulon

$A_t = 495.255 \text{ mm}^2$; aire équivalente des 5 boulons

$$F_{max} = 900 * 495.255 = 445729.5 \text{ N}$$

$$F_{max} = 445729.5 \text{ N} = 445.729 \text{ KN}$$

L'effort statique que les boulons supportent dans cet assemblage est le poids de l'ensemble des composants : le support du boîtier, le boîtier, le levier pendant et la bielle de direction.

Masse du support : $M_S = 9.94 \text{ Kg}$

Masse du boîtier : $M_b = 28 \text{ Kg}$

Masse du levier pendant : $M_L = 6 \text{ Kg}$

Masse de la bielle : $M_{BL} = 10 \text{ Kg}$

La gravité : $g = 9.81 \text{ m.s}^{-1}$

- **Calcul du poids de l'ensemble PT :**

$$P_T = \sum M * g = (9.94 + 28 + 6 + 10) * 9.81 = 529.15 \text{ N}$$

$$P_T = F = 529.15 \text{ N}$$

Remarque : On remarque, l'effort que développe le boîtier de direction est largement inférieur à l'effort que les 5 boulons peuvent supporter

$$F \lllll F_{max}$$

- **Tenue des boulons sous l'effort de charge dynamique**

La sollicitation d'un boulon à la fatigue correspond à la superposition d'un effort moyen F_m constant et d'une charge dynamique alternée F_a tel que ;

$$F_{E \text{ dyn max}} = F + F_a \text{ max} \quad (10)$$

Pour une contrainte due à la charge statique $\sigma = 0.7 R_e$ de la classe de qualité, nous pouvons trouver les valeurs des contraintes dynamiques admissibles

$$[\sigma_{dyn}] = \sigma \text{ a max}$$

Le tableau qui suit, nous montre les limites en contraintes admissibles de certains boulons en fatigue :

Classe de qualité des boulons	Dimension des boulons		
	M4 a M8	M10 a M16	M18 a M30
8.8 10.9 12.9	60 MPa	50 MPa	40 MPa

Tableau III.4 : Contraintes admissible. [9]

La pression que le boîtier développe est considérée comme la source de l'effort alterné :

$$P = \sigma = 16.5 \text{ MPa} \rightarrow F_{a \text{ max}} = \sigma * A_T$$

$A_T = 495.255 \text{ mm}^2$: Section équivalente totale des boulons.

$F_{a \text{ max}}$: effort dynamique alterné.

A.N:

$$F_{a \text{ max}} = 16.5 * 495.255 = 8171.707 \text{ N}$$

$$F_{a \text{ max}} = 8171.707 \text{ N}$$

▪ **Calcul de l'effort dynamique :**

$$F_{e \text{ dyn}} = F + F_{a \text{ max}} \quad (11)$$

$$F_{e \text{ dyn}} = 529.15 + 8171.707 = 8700.857 \text{ N}$$

$$F_{e \text{ dyn}} = 8700.857 \text{ N}$$

▪ **Calcul de la contrainte dynamique :**

$$\sigma_{dyn} = F_{e \text{ dyn}} / A_T \quad (12)$$

$$\sigma_{dyn} = 8700.857 / 495.255 = 17.568$$

$$\sigma_{dyn} = 17.568 \text{ MPa} < [\sigma_{dyn \text{ max}}] = 50 \text{ MPa}$$

Par conséquent l'assemblage boulonné résiste aux efforts qu'il subit.

- **Allongement et effort dynamique dans l'assemblage :**

Allongement du boulon sous précharge:

$$\Delta L_B = F_0 / K_B \quad (13)$$

Contraction des éléments assemblés

$$\Delta L_A = F_0 / K_A \quad (14)$$

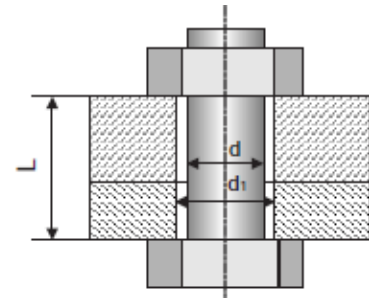


Figure III.24 : Assemblage de deux pièces boulonnées. [9]

Avec :

$F_0 = 14157.3$ « précontrainte » due à l'effort de serrage en N

K_A est la rigidité respective des pièces assemblées

K_B est rigidité respective du boulon

- **Calcul de la rigidité des pièces assemblées K_A :**

Nous supposons que la pression de serrage se répartit uniformément sur une surface A_A

$$K_A = \frac{E_A * A_A}{L}$$

Avec :

$$A_A = \frac{\pi}{4}(9d^2 - d_1^2) \quad \text{en mm}^2 \quad [2]$$

$E_A = 169.10^3$ MPa : module d'élasticité longitudinale du matériau des pièces

$L = 16$ mm : épaisseur des deux pièces « support + châssis »

$d = 12$ mm

$d_1 = 13$ mm

AN :

$$A_A = \frac{\pi}{4}(9 * 12^2 - 13^2) = 885.14 \text{ mm}^2$$

$$A_A = 885.14 \text{ mm}^2$$

$$K_A = \frac{16 \cdot 10^3 \cdot 885.14}{16} = 9349221.25 \text{ N/m}$$

$$K_A = 9349221.25 \text{ N/m}$$

- **Calcul de la rigidité du boulon K_B :**

$$\frac{1}{K_B} = \left(\frac{L_1 + (0.4 \cdot d)}{E \cdot A''} \right) + \left(\frac{L_2 + 0.4d}{E \cdot A} \right) \quad (15)$$

$E = 220.10^3 \text{ MPa}$; module d'élasticité longitudinale

A'' : aire du fut de boulon comprise entre la tête et l'écrou

$$A'' = 2\pi r (L_1 + L_2) = 2 \cdot \pi \cdot 6 \cdot 23.5$$

$$A'' = 885.92 \text{ mm}^2$$

$$L_2 = 3.5 \text{ mm}$$

A.N:

$$\frac{1}{K_B} = \left(\frac{20 + (0.4 \cdot 12)}{220 \cdot 10^3 \cdot 885.92} \right) + \left(\frac{3.5 + 0.4 \cdot 12}{220 \cdot 10^3 \cdot 84.27} \right)$$

$$K_B = 1740052.88 \text{ N/m}$$

- **Calcul de l'allongement du boulon sous la précharge :**

$$\Delta L_B = F_0 / K_B = \frac{14157.36}{1740052.88}$$

$$\Delta L_B = 8.1 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$$

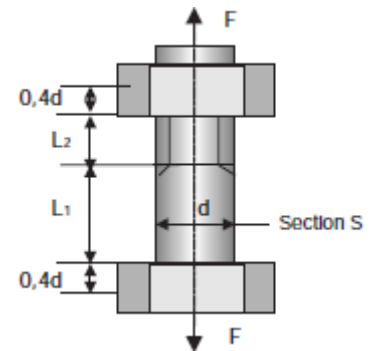


Figure III.25: Rigidité K_B du boulon. [9]

- **Calcul de la contraction des éléments assemblés sous la précharge :**

$$\Delta L_A = F_0 / K_A = \frac{14157.36}{9349221.25}$$

$$\Delta L_A = 1.5 \cdot 10^{-3}$$

Dans ce modèle de calcul il est supposé que la charge extérieure F s'applique sur l'assemblage complet ramené à un boulon. F se traduit par deux parties : un effort de tension F_B et un effort F_A qui réduit la contraction des pièces

assemblées. Ou la force extérieure ; $F = 6952 \text{ N}$

Les efforts F_B et F_A sont :

$$F_B = \left(\frac{K_B}{K_B + K_A} \right) * F \quad (16)$$

$$F_A = \left(\frac{K_A}{K_A + K_B} \right) * F$$

A.N:

$$F_B = \left(\frac{1740052.88}{1740052.88 + 9349221.25} \right) * 6952$$

$$F_B = 1090.86 \text{ N}$$

$$F_A = \left(\frac{9349221.25}{9349221.25 + 1740052.88} \right) * 6952$$

$$F_A = 5861.13 \text{ N}$$

En général et comme ce fut le cas dans notre calcul, l'effort extérieur appliqué dans l'axe se distribue inégalement entre la vis et les pièces assemblées.

$K_A \gg K_B$ et $F_A \gg F_B$

III.8.Assemblage complet de système de direction :

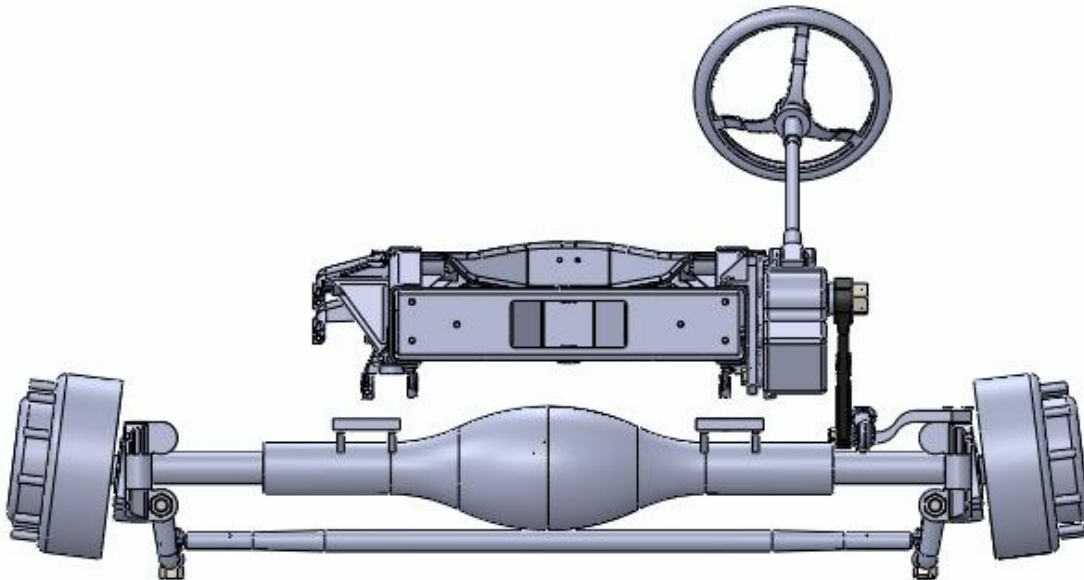


Figure III.26 : Vue de face du système de direction.

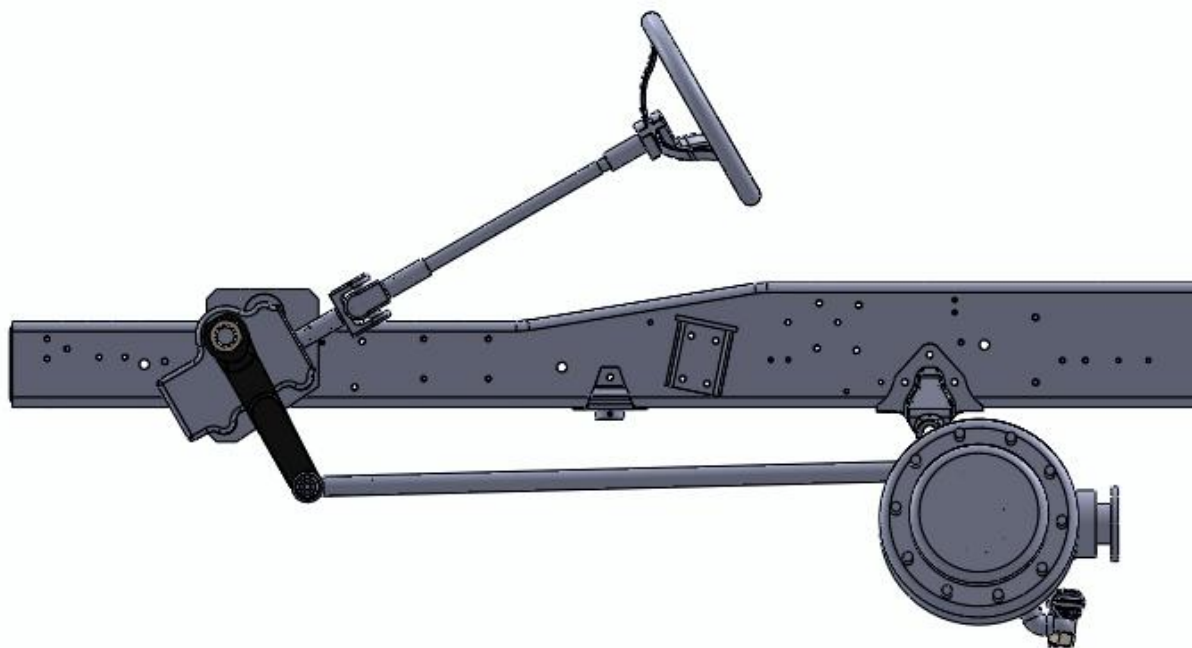


Figure III.27 : Vue de gauche du système de direction.

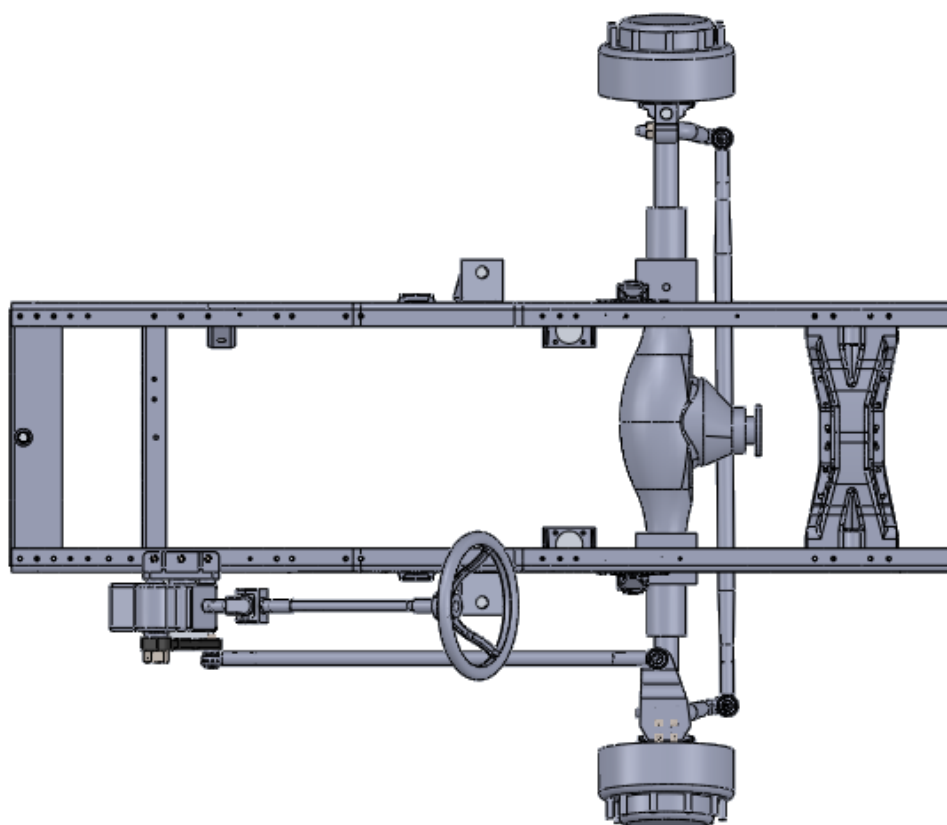
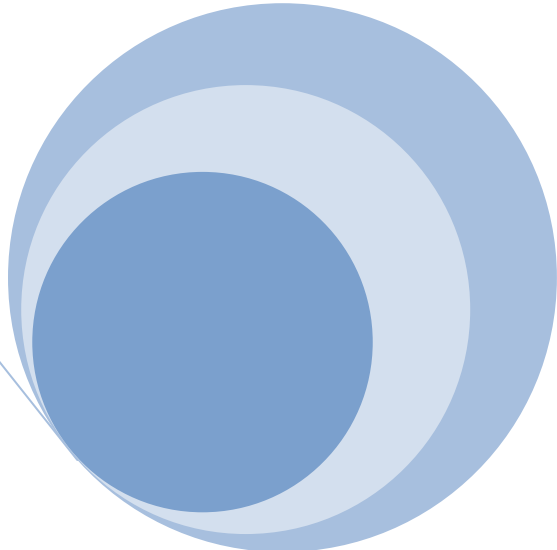


Figure III.28 : Vue dessus du système de direction.

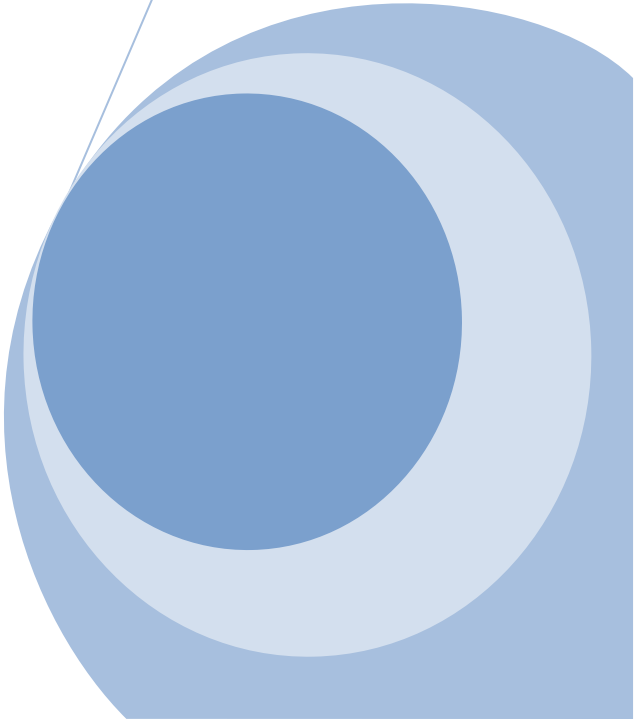
III.9. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons abordé le comportement du véhicule au virage, ainsi que l'épure de JEANTAUD. Ensuite nous avons conçu le système de direction et la simulation pour le support de boîtier avec le logiciel solidworks.

A la fin nous avons procédé au calcul de vérification de la résistance des boulons.



Conclusion générale



Conclusion générale :

Le but principal du ce présent projet est l'étude et la conception des différents organes qui vont permettre l'adaptation du système de direction assistée sur l'autocar 4*4

« ATAKOR2» de l'entreprise SNVI.

Nous avons entamé la conception et la modélisation 3D de ces organes, avec un logiciel de conception assisté par ordinateur (SOLIDWORKS).

Par la suite, nous avons effectué une étude de vérification de résistance du support et de l'assemblage boulonné.

La direction assistée hydraulique présente l'avantage de braquer tout en limitant l'effort exercé sur le volant, cependant un des inconvénients de ce mécanisme est le manque de force de réaction sur le volant de direction : on perd le « sens de la direction ».

L'étude de la direction assistée sur un véhicule 4*4 ne diffère pas de celle sur le véhicule à deux roues motrices, en effet le boîtier sur le premier est placé sur le châssis connecté à l'aide du levier pendant au pont avant et non à l'essieu qui est le cas de véhicule 4*2. On constate aussi que les nouveaux boîtiers de direction de type ZF, assurent un bon fonctionnement tout en réduisant l'espace, ainsi réduire l'encombrement à l'avant du véhicule.

Notre stage effectué au sein de la SNVI Rouïba, et plus précisément au sein de l'UER, nous a aidé à concrétiser nos connaissances théoriques acquises durant les années d'étude, dans le domaine pratique et d'affronter de vraies expériences professionnelles. Et aussi, apprendre davantage sur le monde des véhicules industriels.

On constate que malgré les améliorations apportées aux systèmes de direction à assistance hydraulique, cette dernière a quand même quelques inconvénients comme la consommation du carburant.

En perspective, il est plus que nécessaire de remplacer l'assistance hydraulique par une assistance électrique qui est plus performante, afin d'éviter la consommation d'énergie du moteur.

Références bibliographiques

[1] Documentation SNVI ; Bureau d'étude.

[2] Massinissa MAHOUR, Ali GHARDANE " Etude , conception et adaptation d'un système de direction à droite du véhicule K120/SNVI" -mémoire de master, Université MOULOUD MAMMERI, Tizi-Ouzou, 2017.

[3] Hubert MEMENTEAU ; Technologie fonctionnelle de l'automobile ; Tome2 ; Transmission, train roulant, La direction ; DUNOD.

[4] Aflah ELOUNEG " Conception et étude de fabrication du système de direction" -mémoire de master, Ecole Nationale Polytechnique, ALGER, 2016.

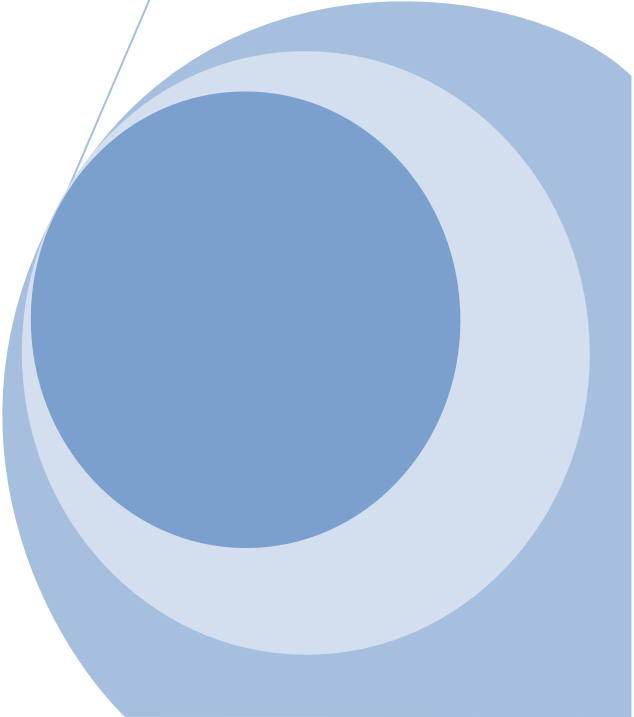
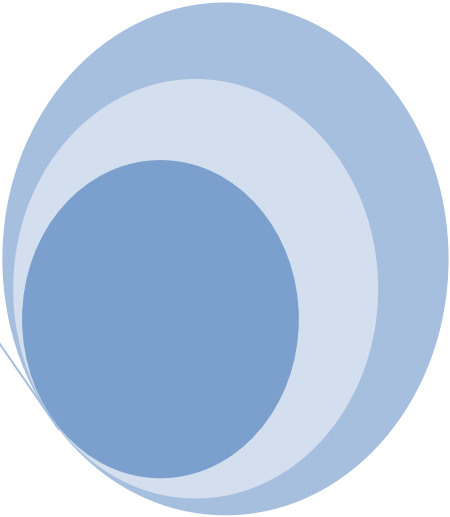
[5] La direction un des éléments de sécurité active www.eurecar.org

[6] G. Monge, P. Mohen ; " La géométrie des trains roulants ", 2009.

[7] JEAN – PIERRE BROUSSARD ; Dynamique du véhicule : Modélisation des systèmes complexe; Presses polytechniques et universitaires ; ROMANDES ; 2004.

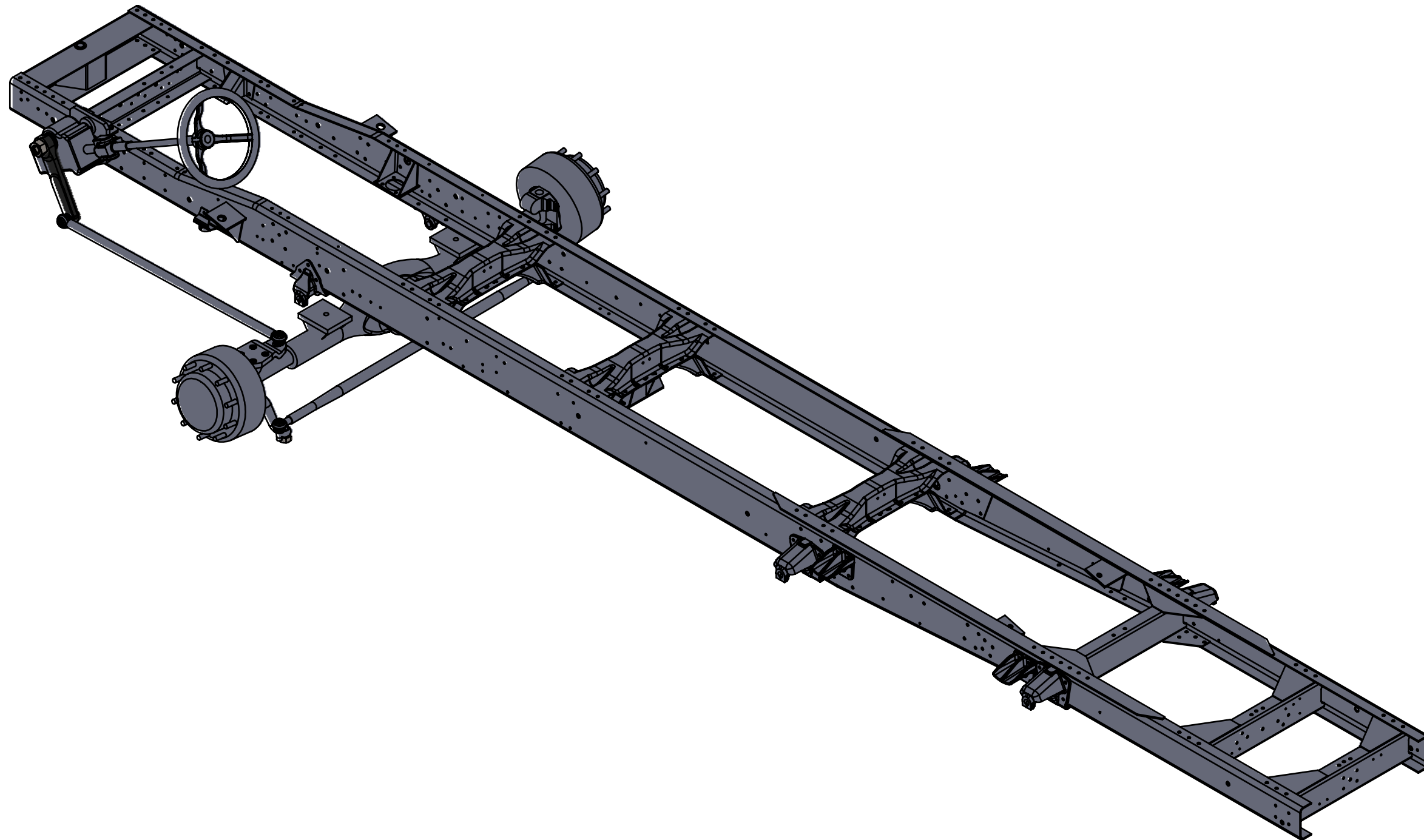
[8] G.BAL-FONTAINE ; Fonte pour pièces de véhicule ; Norme : 02.21.4001/F.

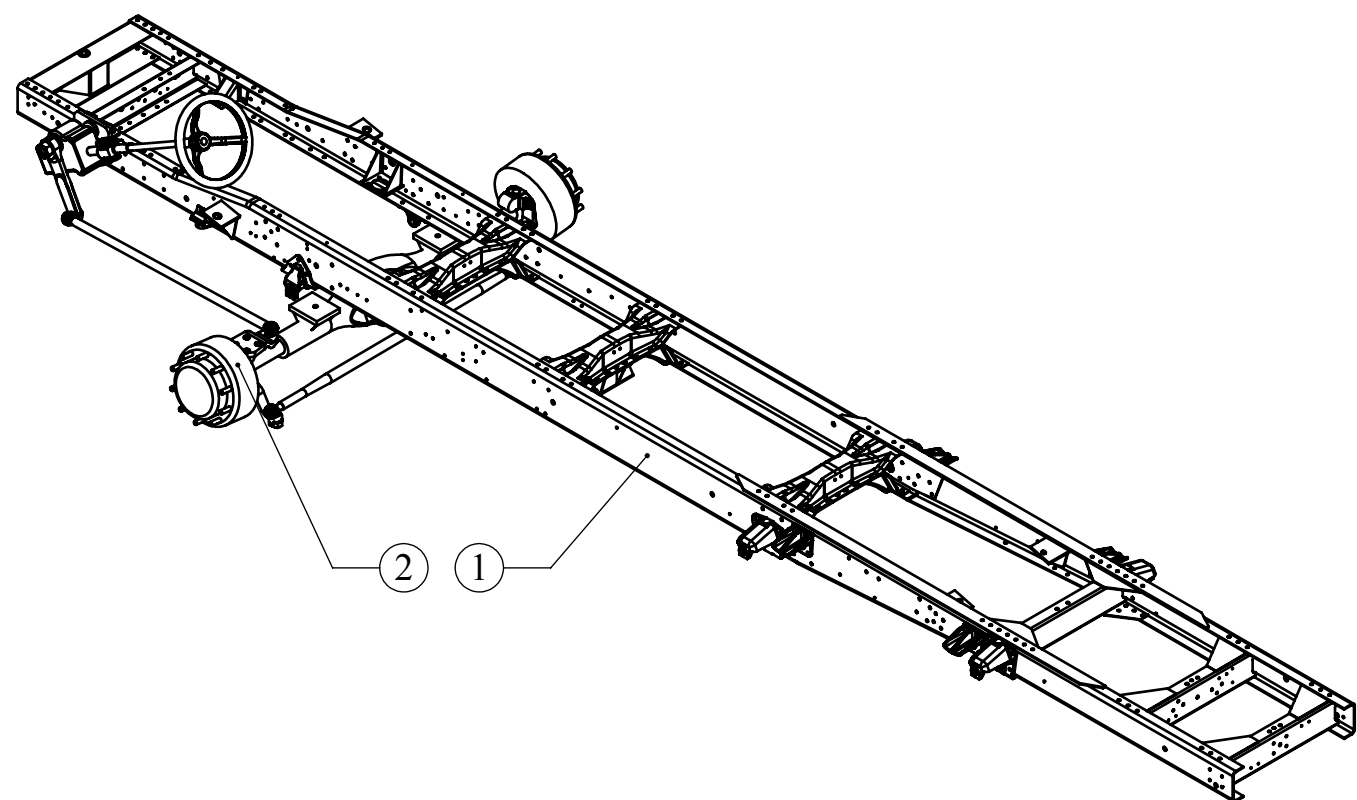
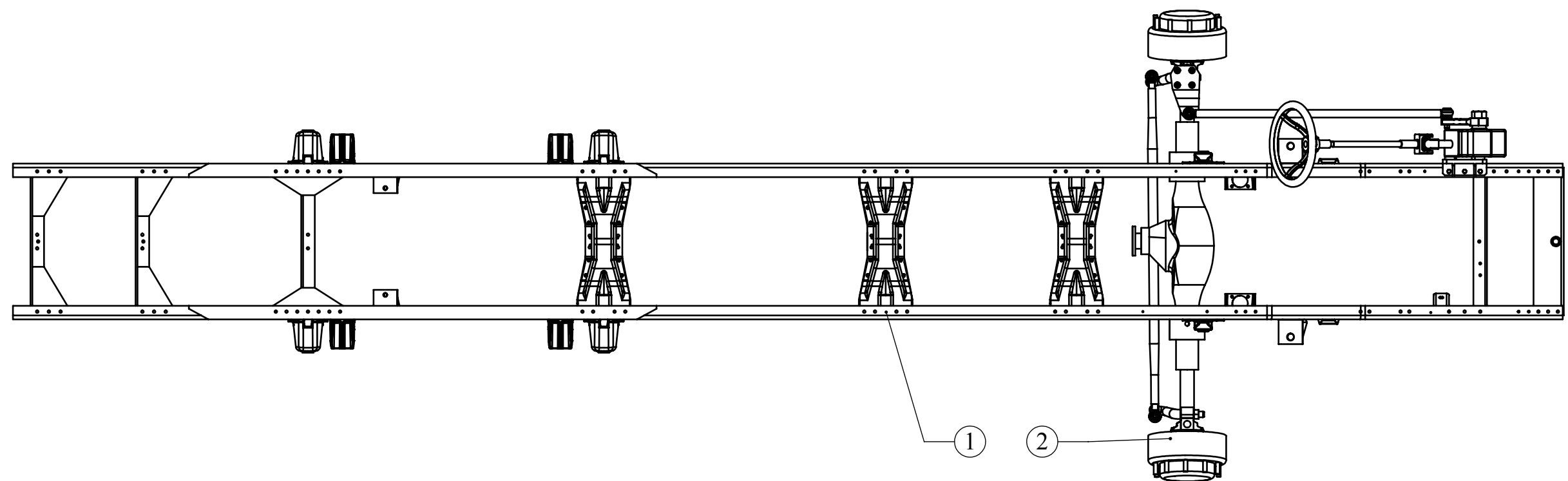
[9] YONDE XIONG ; Formulaire de mécanique ; Pièces de constructions ; EYROLLES ; 2001.

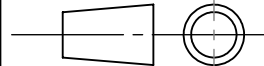


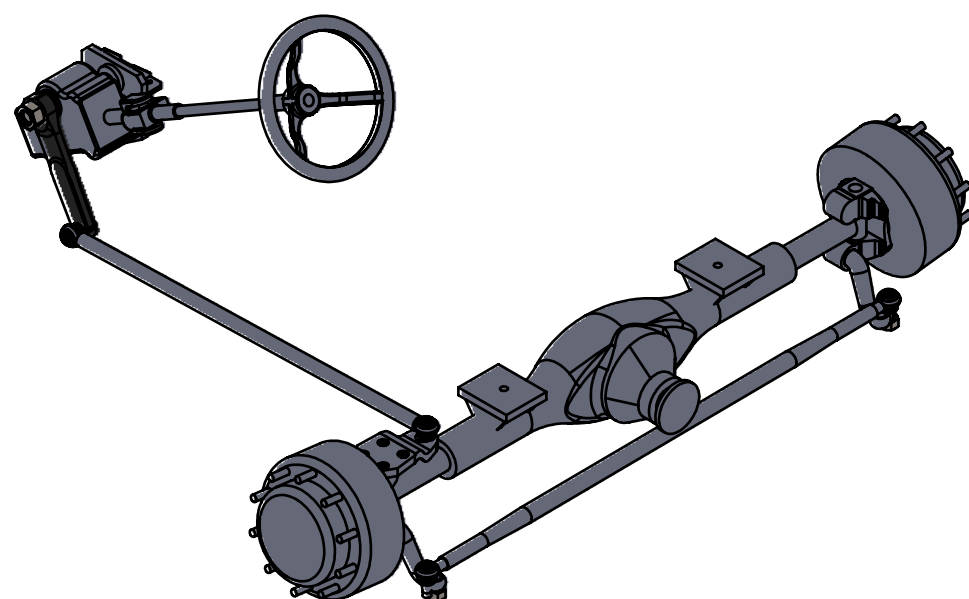
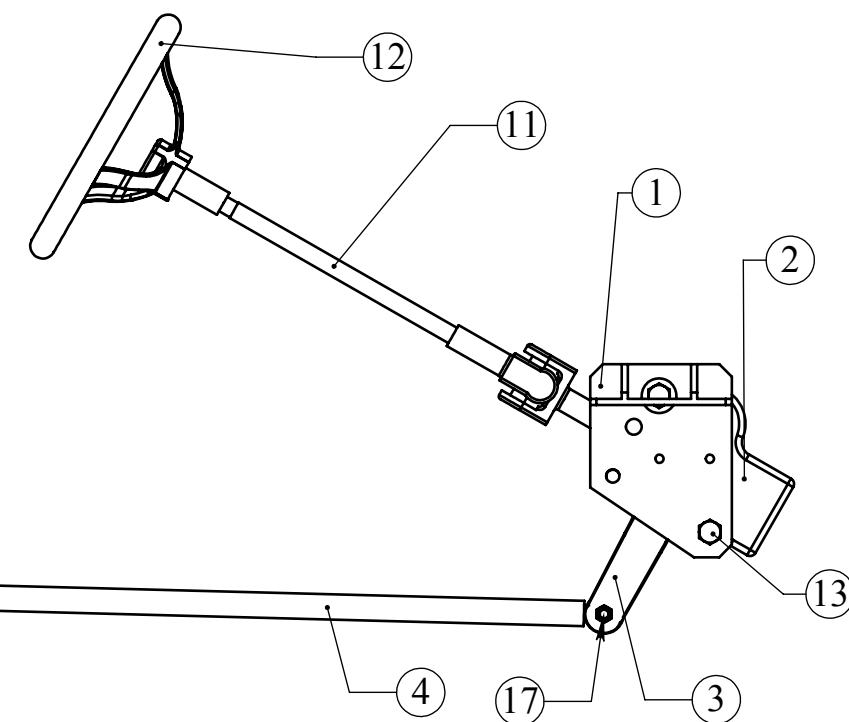
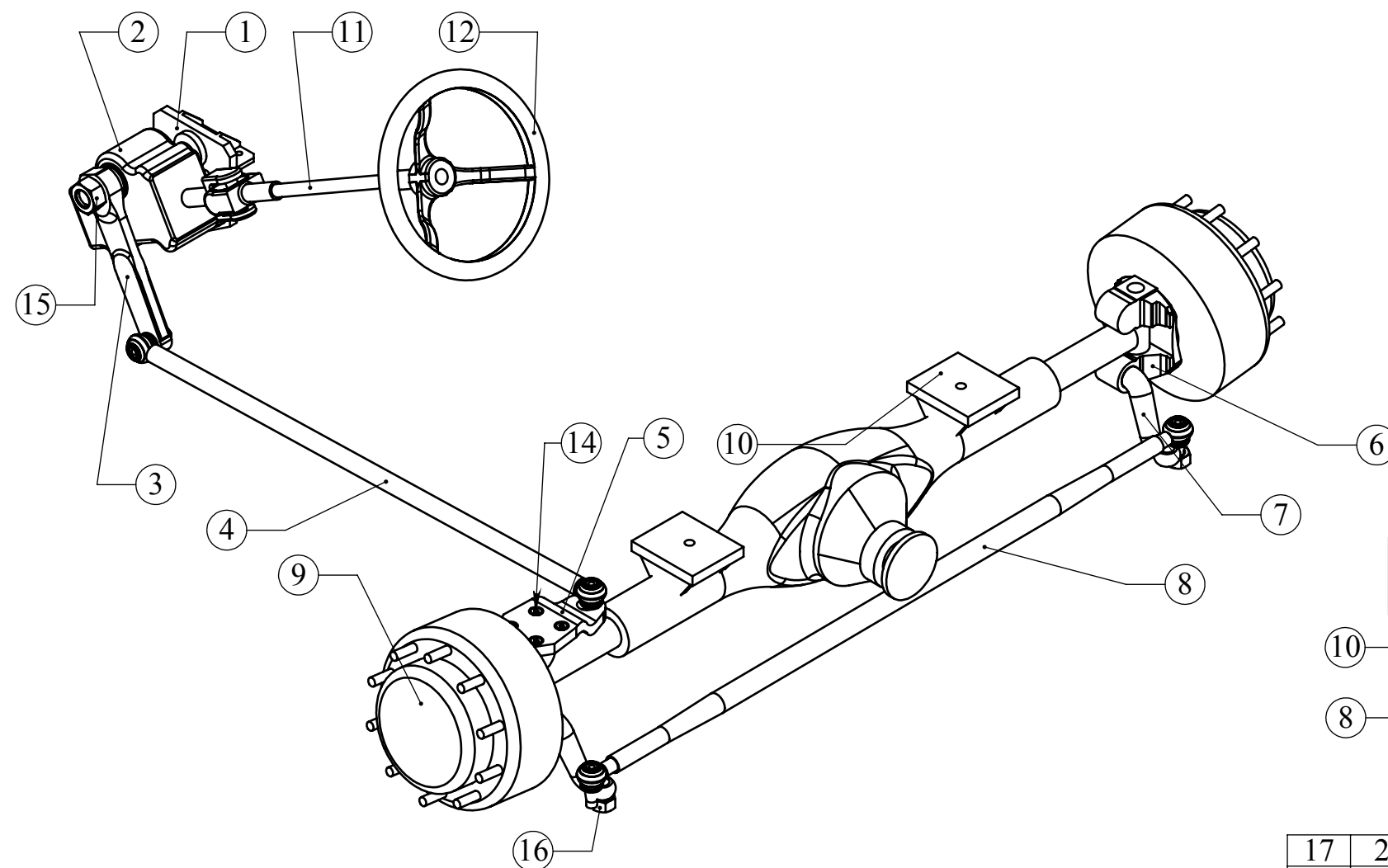
Annexes

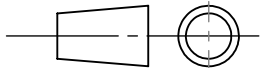
Systeme de direction assistée

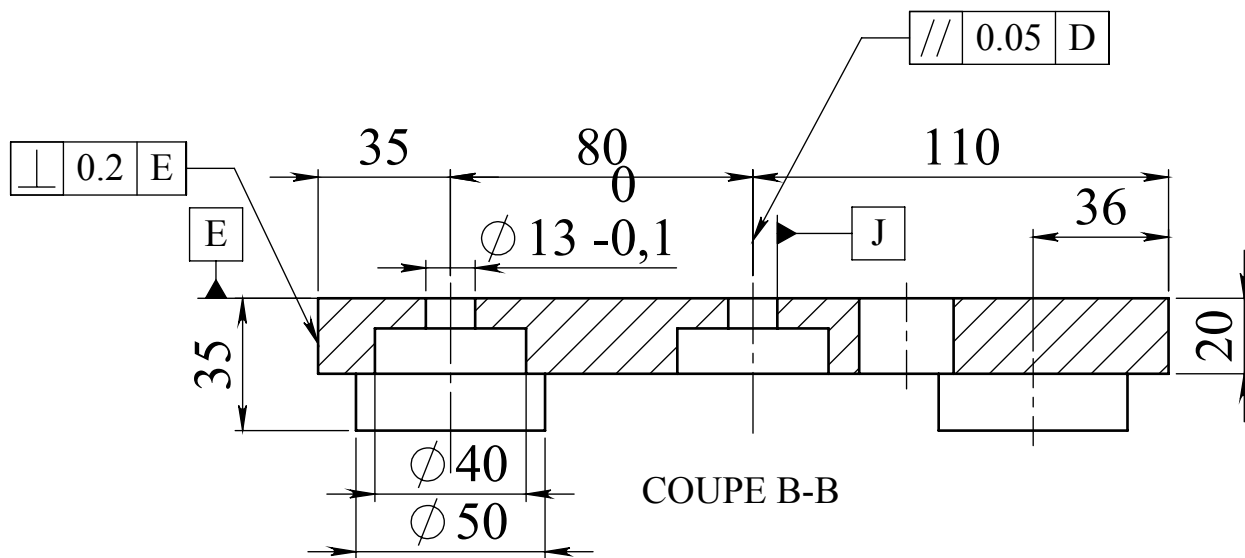




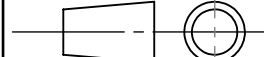
2	1	Système de direction assistée	/	
1	1	Chassis	/	
REP	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE: 1:25		SYSTEME DE DIRECTION ASSISTEE		REALISE PAR: OURRAD NASSIMA NAROUN FADHILA
				29/10/2018
A3		FGC DGM UMMTO		MASTER II

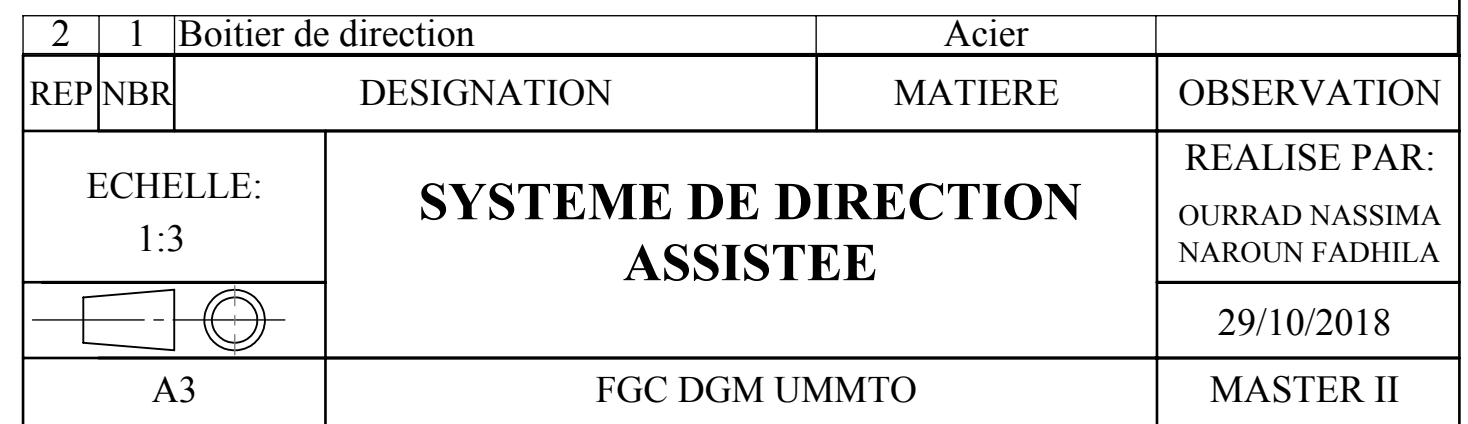
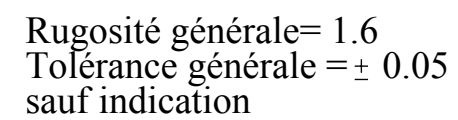


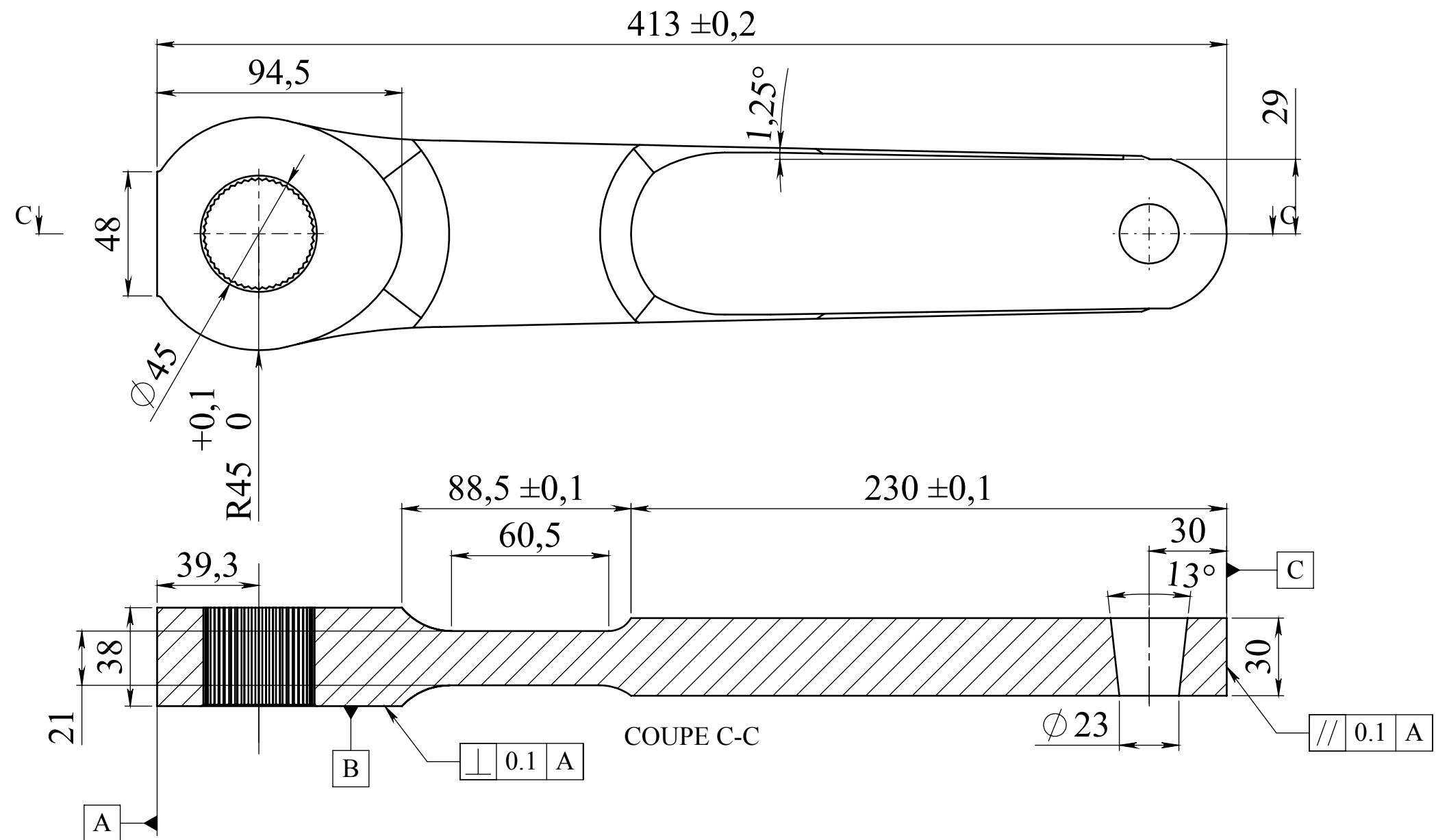
17	2	Ecrou H M16	/	
16	4	Ecrou H M30	/	
15	1	Ecrou H M42	/	
14	4	Vis FHC M12x35	/	
13	2	Vis H M20x55	/	
12	1	Volant	/	
11	1	Colonne de direction	Acier	
10	1	Pont	Acier	
9	2	Tambour de roue	Acier	
8	1	Barre d'accouplement	Acier	
7	2	Levier de connexion	Acier	
6	2	Fusée	Acier	
5	1	Levier de direction	Acier	
4	1	Bielle de direction	Acier	
3	1	Levier pendant	Acier	
2	1	Boitier de direction	Acier	
1	1	Support de boitier	Fonte	
REP	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE: 1:13		SYSTEME DE DIRECTION ASSISTEE		REALISE PAR: OURRAD NASSIMA NAROUN FADHILA
				29/10/2018
A3		FGC DGM UMMTO		MASTER II



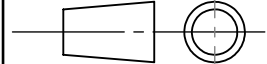
Rugosité générale= 1.6
Tolérance générale = ± 0.05
sauf indication

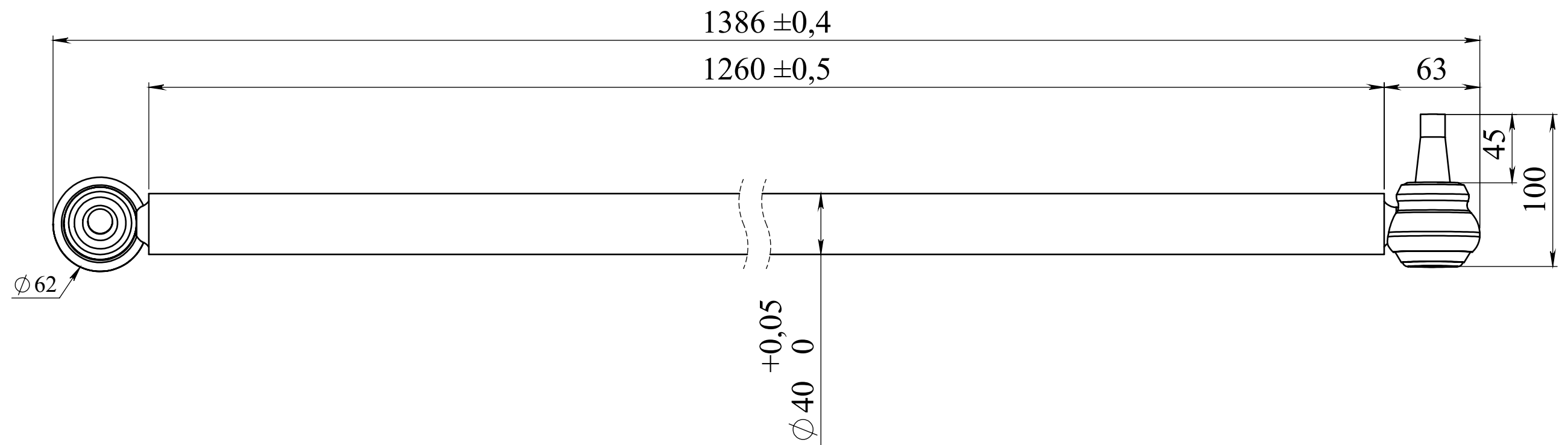
I	1	Support de boîtier	Fonte	
REP	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE: 1:2		SYSTEME DE DIRECTION ASSISTEE		REALISE PAR: OURRAD NASSIMA NAROUN FADHILA
				29/10/2018
A3		FGC DGM UMMTO		MASTER II



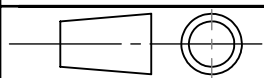


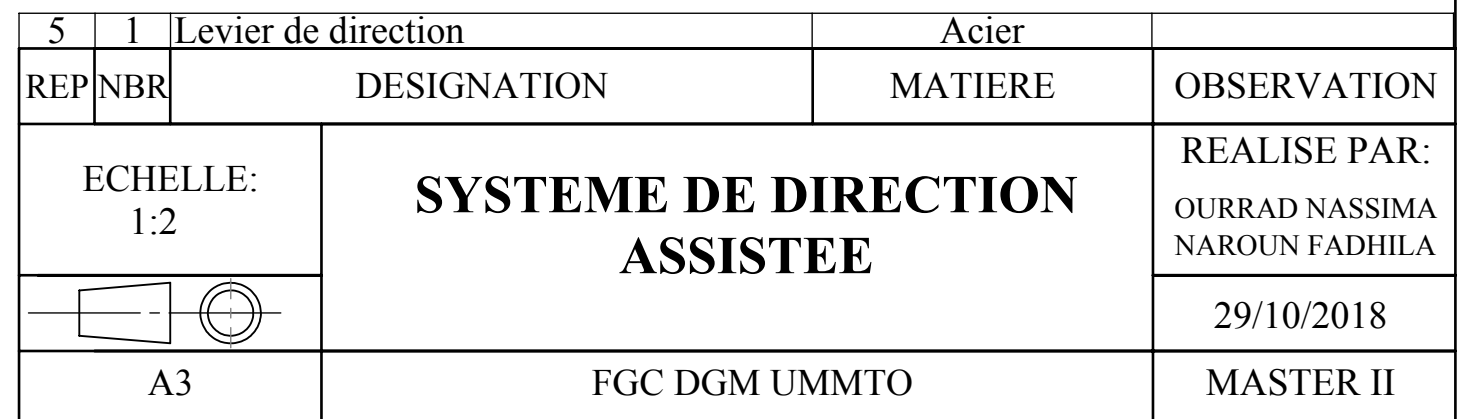
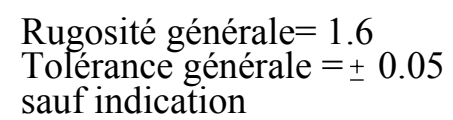
Rugosité générale= 1.6
Tolérance générale = ± 0.05
sauf indication

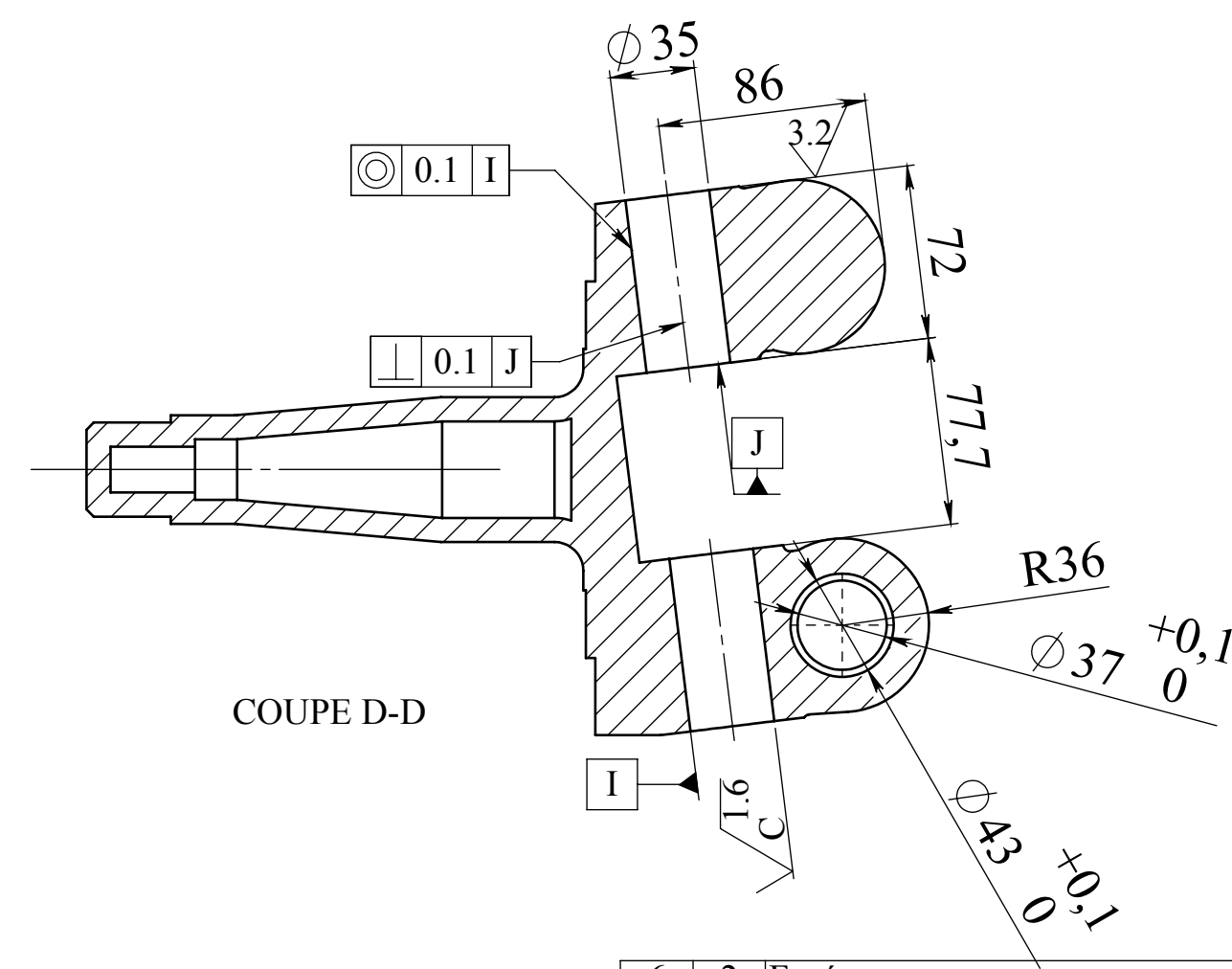
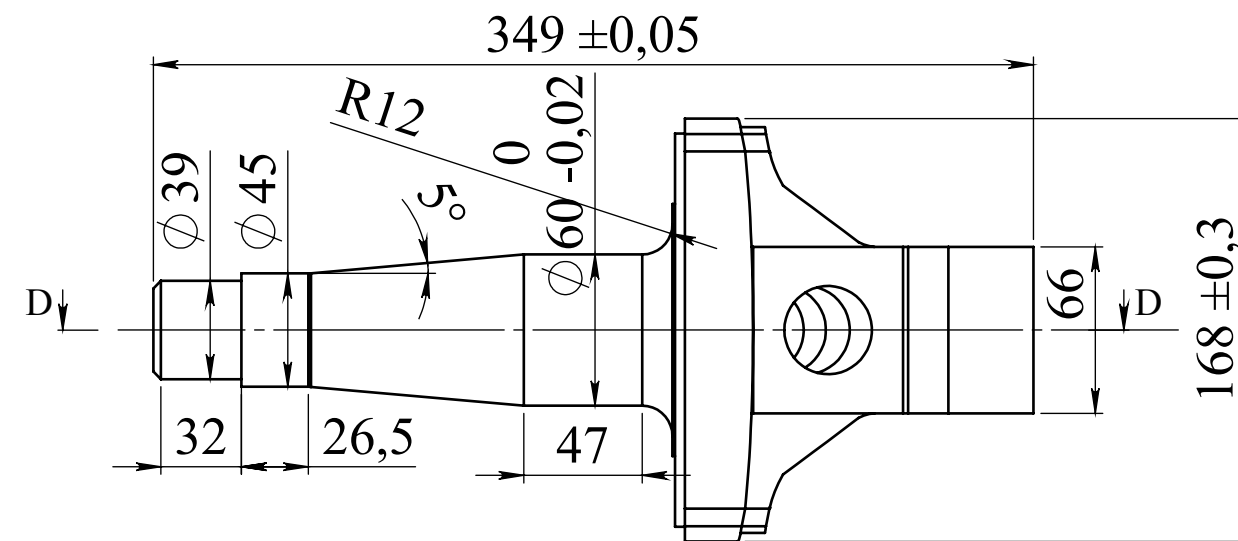
3	1	Bielle pendante		Acier	
REP	NBR	DESIGNATION		MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE: 1:2		SYSTEME DE DIRECTION ASSISTEE			REALISE PAR: OURRAD NASSIMA NAROUN FADHILA
					29/10/2018
A3		FGC DGM UMMTO			MASTER II



Rugosité générale= 1.6
Tolérance générale = ± 0.05
sauf indication

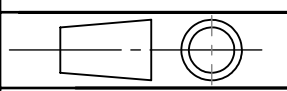
4	1	Bielle de direction	Acier	Trempé
REP	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE: 1:2		SYSTEME DE DIRECTION ASSISTEE	REALISE PAR: OURRAD NASSIMA NAROUN FADHILA	
			29/10/2018	
A3			FGC DGM UMMTO	
			MASTER II	

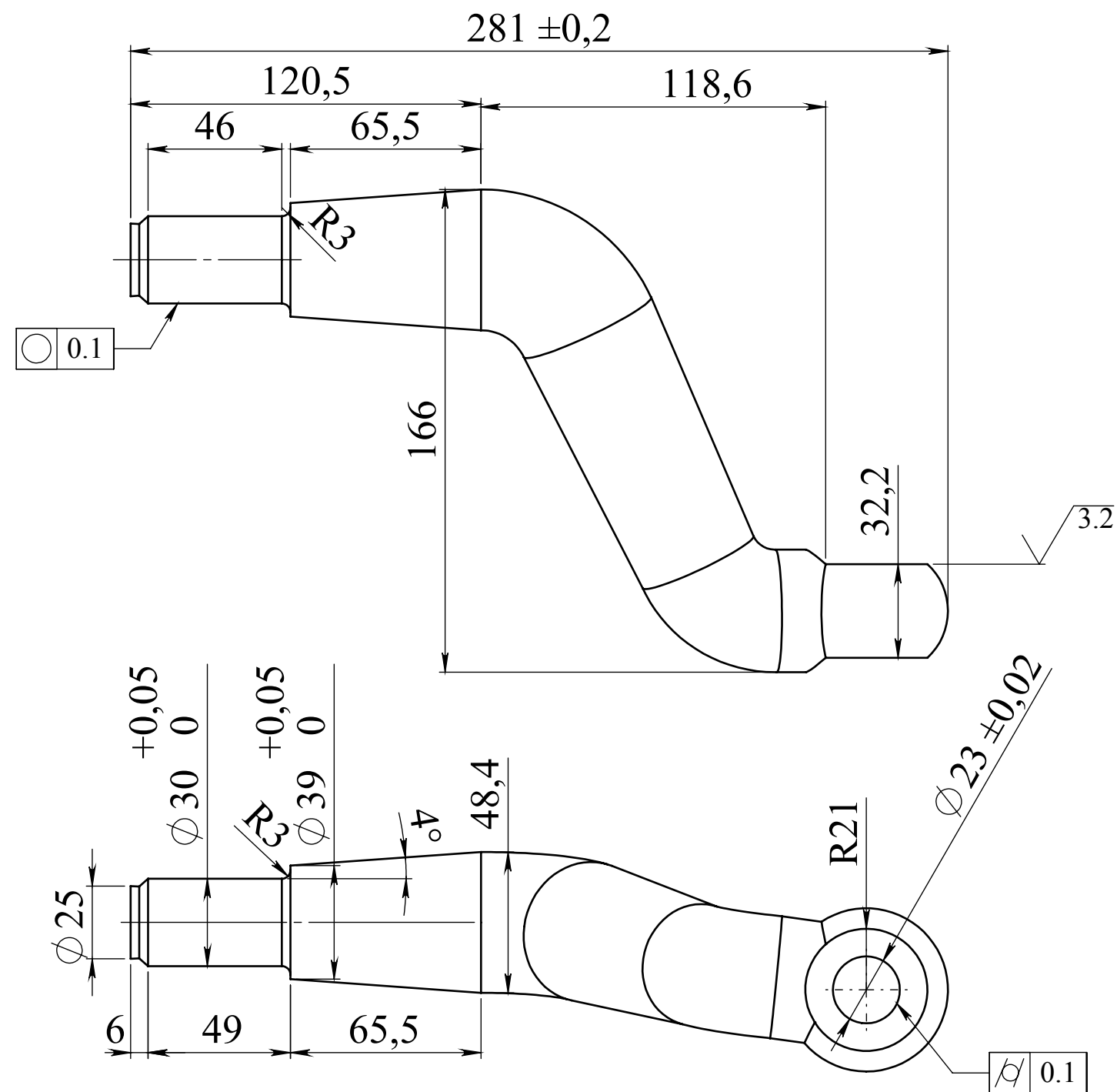




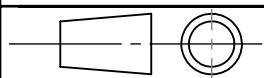
COUPE D-D

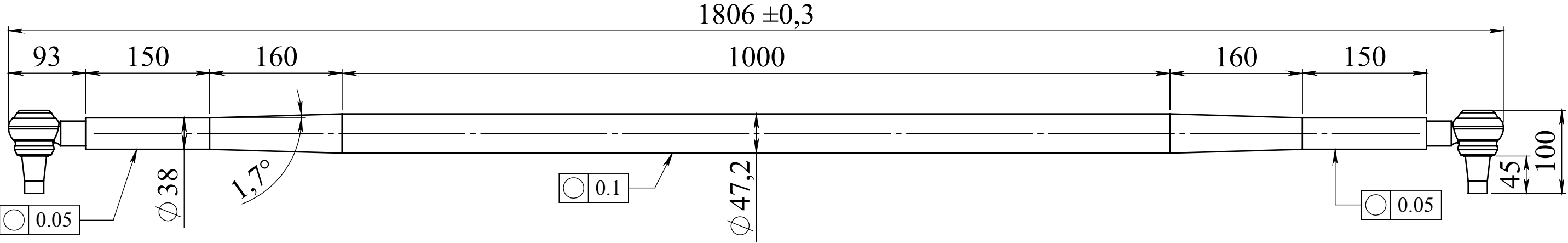
Rugosité générale= 1.6
Tolérance générale = ± 0.05
sauf indication

6	2	Fusée		Acier	
REP	NBR	DESIGNATION		MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE: 1:3		SYSTEME DE DIRECTION ASSISTEE			REALISE PAR: OURRAD NASSIMA NAROUN FADHILA
					29/10/2018
A3		FGC DGM UMMTO			MASTER II

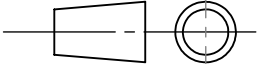


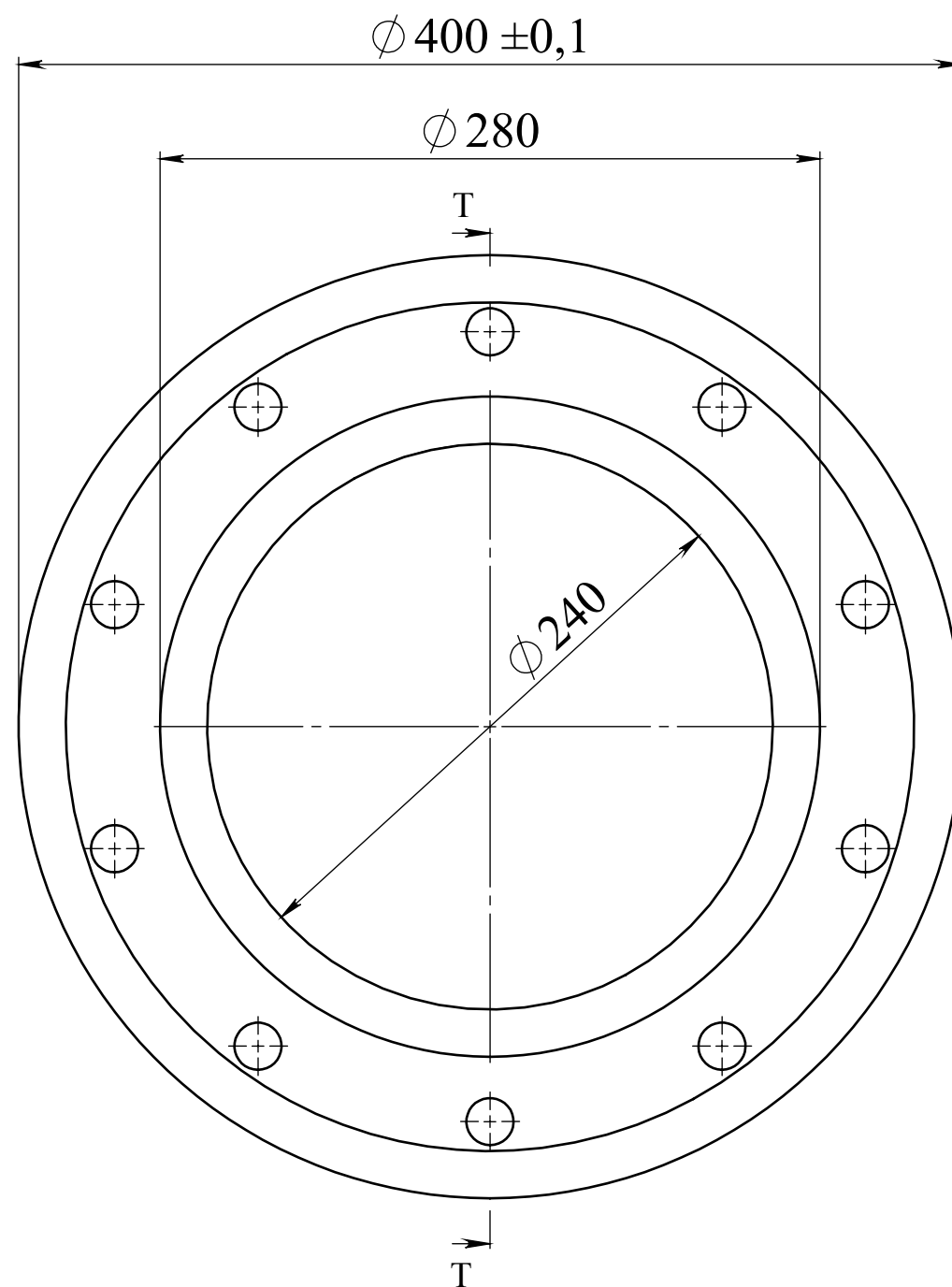
Rugosité générale= 1.6
Tolérance générale = ± 0.05
sauf indication

7	2	Levier de connexion	Acier	
REP	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE: 1:2		SYSTEME DE DIRECTION ASSISTEE		REALISE PAR: OURRAD NASSIMA NAROUN FADHILA
				29/10/2018
A3		FGC DGM UMMTO		MASTER II

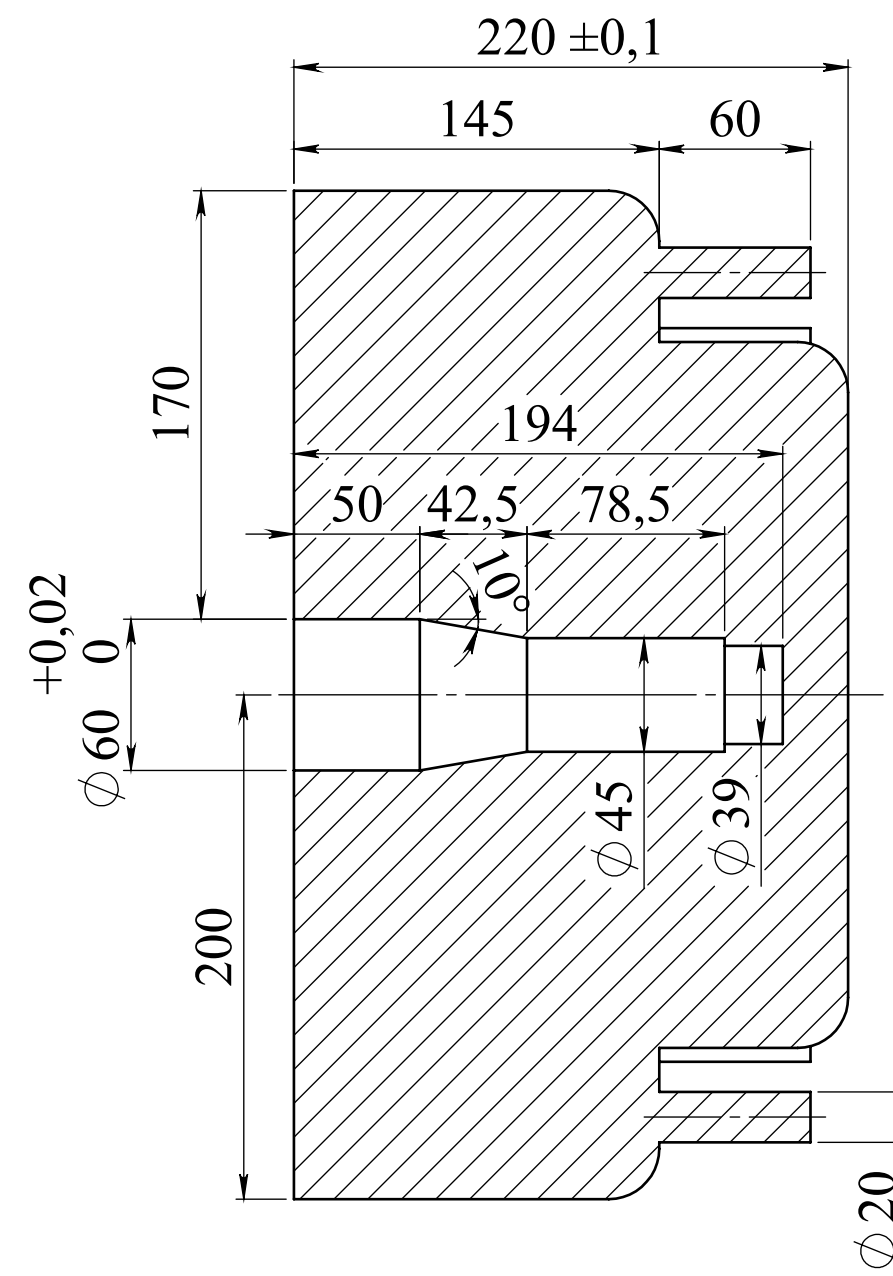


Rugosité générale= 1.6
Tolérance générale = ± 0.05
sauf indication

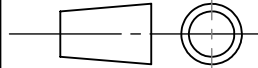
8	1	Barre d'accouplement		Acier	
REP	NBR	DESIGNATION		MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE: 1:5		SYSTEME DE DIRECTION ASSISTEE			REALISE PAR: OURRAD NASSIMA NAROUN FADHILA
					29/10/2018
A3		FGC DGM UMMTO			MASTER II

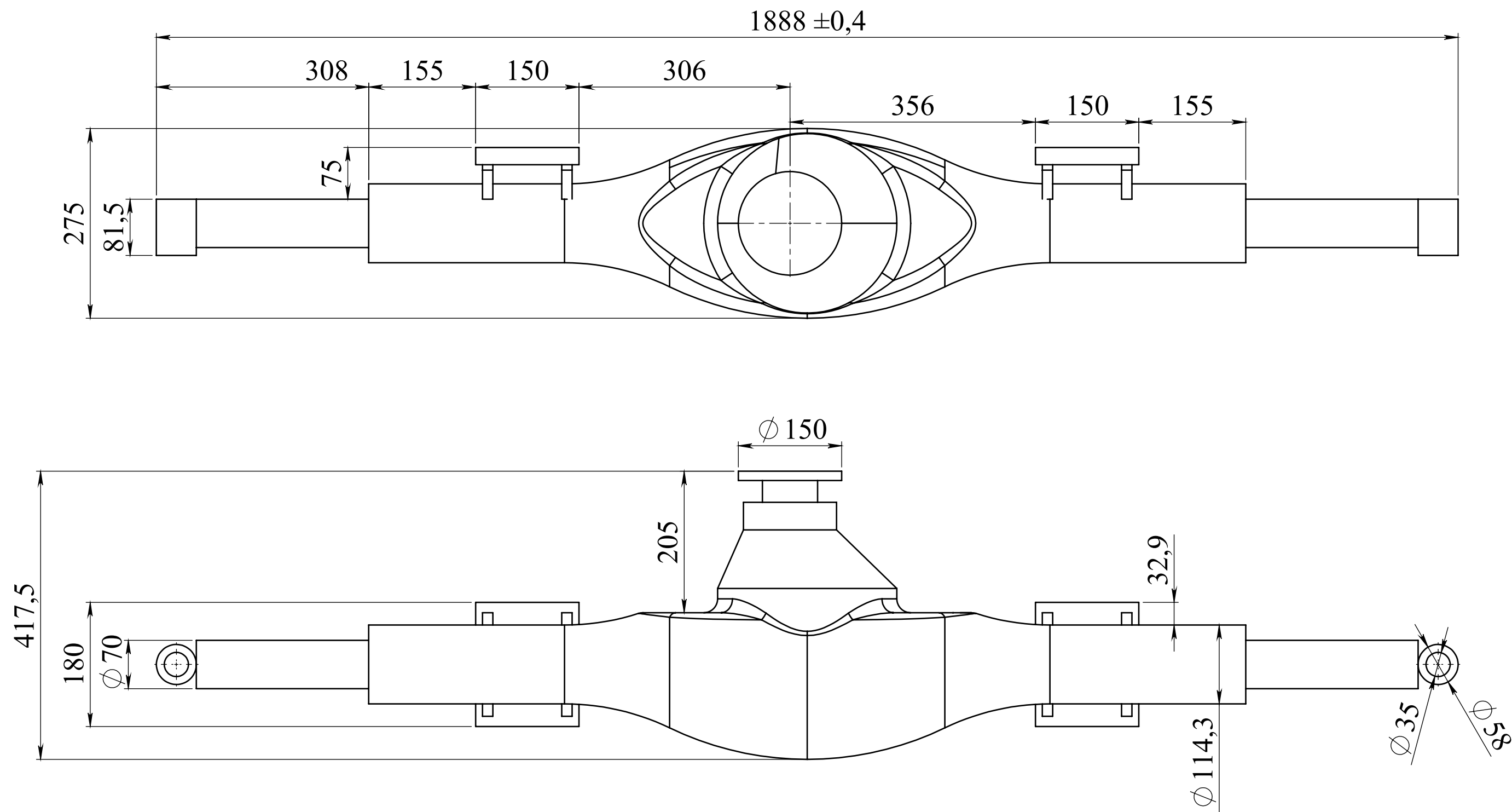


Rugosité générale= 1.6
Tolérance générale = ± 0.05
sauf indication

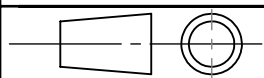


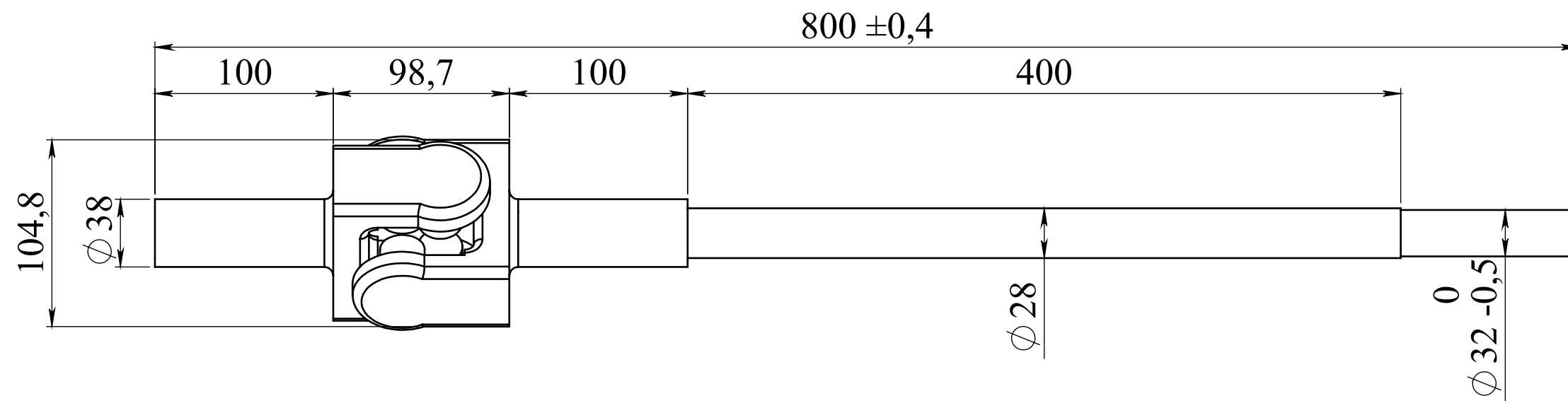
COUPE T-T

9	2	Tambour de roue		Acier	
REP	NBR	DESIGNATION		MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE: 1:3		SYSTEME DE DIRECTION ASSISTEE			REALISE PAR: OURRAD NASSIMA NAROUN FADHILA
					29/10/2018
A3		FGC DGM UMMTO			MASTER II

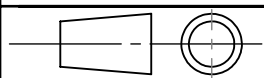


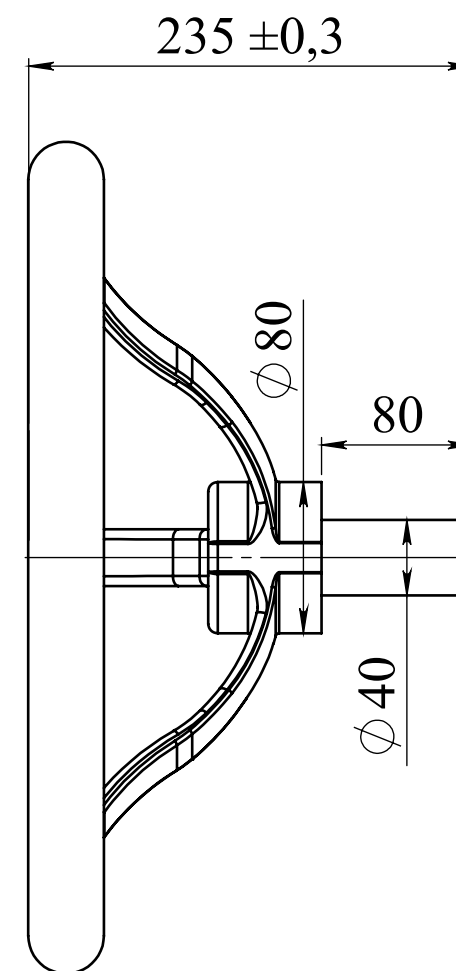
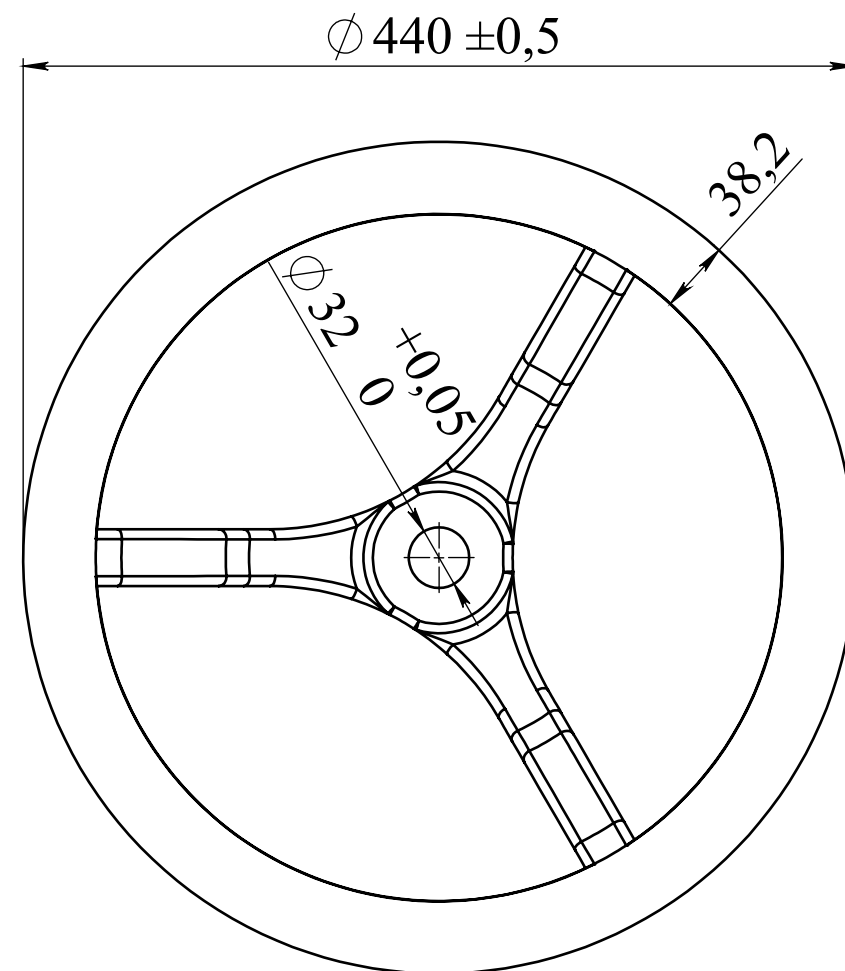
Rugosité générale= 1.6
Tolérance générale = ± 0.05
sauf indication

10	1	Pont		Acier	
REP	NBR	DESIGNATION		MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE: 1:6		SYSTEME DE DIRECTION ASSISTEE			REALISE PAR: OURRAD NASSIMA NAROUN FADHILA
					29/10/2018
A3		FGC DGM UMMTO			MASTER II

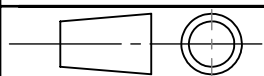


Rugosité générale= 1.6
Tolérance générale = ± 0.05
sauf indication

11	1	Colonne de direction	Acier	
REP	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE: 1:3		SYSTEME DE DIRECTION ASSISTEE	REALISE PAR: OURRAD NASSIMA NAROUN FADHILA	
			29/10/2018	
A3		FGC DGM UMMTO	MASTER II	



Rugosité générale: 1.6
Tolérance générale: ± 0.05
sauf indication

12	1	Volant		/	
REP	NBR	DESIGNATION		MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE: 1:4		SYSTEME DE DIRECTION ASSISTEE			REALISE PAR: OURRAD NASSIMA NAROUN FADHILA
					29/10/2018
A3		FGC DGM UMMTO			MASTER II