

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES

Faculté de Technologie
Département de Génie Mécanique



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de **Master**

Filière : Génie Mécanique

Option : Construction Mécanique

THEME

**Etude de résistance de l'arbre de
transmission à joint de Cardan et
Simulation sous CATIA de l'Autobus -
ATAKOR 2 -**

Réalisé par :

HAMDACHE Sarra

TOUALEB Angham

Encadreur :

F. SEMMOUD

2019/2020

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 **SEMMOUD FathEddine** 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 **MELLAL Abderrahim**. Nous tenons à le remercier vivement pour son soutien et ses conseils émanant d'une solide et riche expérience. Ainsi que Monsieur **NAIT-DJOUDI Mourad le** chef département des véhicules spéciaux.

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 domaine pratique.

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

Dédicaces

Ce travail est spécialement dédié à :

À la mémoire de ma mère que dieu l'accueille dans son vaste paradis

À ma chère grand-mère , cher grand-père et mon père qui ont consenti à beaucoup de sacrifices après la mort de ma mère pour assurer mon éducation

À ma tante Nora et mes chères sœurs

À mon fiancé

À tous mes amis de près ou de loin

Sarra

Dédicaces

Je dédie ce Modest travail à

Ma chère Maman et mon Père

Mon Mari qui me soutient toujours

Mes frères Rida et Zinne dine

Mon beau père et ma belle mère

Ma tante et ses enfants

Mes amies Intime

Mes beaux frères et Ma belle sœur

Mon chouchou Mohamed Djaouéd

ANQHAM

Sommaire

I-Introduction générale.....	11
 Chapitre I : Présentation de l'entreprise	
I.1 – Introduction.....	13
I.2. La Société Nationale des Véhicules Industriels.....	13
I.2.1 - Historique de la SNVI.....	13
I.2.2 - Le groupe de SNVI.....	13
I.2.3 - Organigramme de la SNVI.....	18
I.2.4. Les services de la SNVI.....	19
I.2.5. Produits de la SNV.....	19
I.2.5.1. Les gammes de produits.....	19
I.2.5.2 - Les structures de soutien à la production.....	23
I.2.5.3 - Infrastructure industrielles et capacité de production.....	23
I.3.Description de véhicule 38 L 4.....	24
I.3.1. Présentation de l'autocar 38L4.....	24
I.3.2. Fiche Technique.....	26
I.4. Conclusion.....	28
 Chapitre II : Généralité sur la transmission	
II.1. Introduction.....	30
II.2.Définition de système de transmission.....	30
II.3. Les différents modes de transmissions.....	30
II.3.1 - Véhicule à traction avant.....	30
II.3.2- véhicule à traction arrière ou à propulsion.....	31
A- moteur à l'arrière.....	31
B-moteur central.....	32
C- moteur à l'avant.....	32
II.3.3-véhicule à transmission intégrale.....	33
II.4.les éléments constitutifs de la transmission.....	35
II.5.Aperçus générale sur la transmission des véhicules.....	36
II.6. Conclusion.....	37
 Chapitre III : Etude d'un arbre de transmission à joint de cardan	
III.1.Introduction.....	39
III.2.Transmission par tube de poussé.....	39
III.3. Transmission HOTCHKISS.....	40
III.3.1 Tube d'acier.....	41
III.3.2 Dispositif de coulissement.....	41
III.3.2.1 Fonctionnement d'un joint coulissant.....	42
III.3.3 Joint universel simple.....	42
III.3.3.1 Fonctionnement.....	42

III.3.3.2 Joint homocinétique.....	43
III.3.3.3 Fonctionnement.....	44
III.4. Les Composants d'un Arbre De Transmission à Joint De Cardan.....	44
III.4.1 Domaine d'utilisation.....	44
III.4.2 Le rendement des joints.....	44
III.4.3 Le confort.....	44
III.4.5 Lubrification.....	44
III.4.6 Systèmes d'étanchéité.....	44
III.4.7 Propriétés des soufflets.....	45
III.4.8 Génération de vibration.....	45
III.4.9 Compensation de désalignements.....	45
III.4.10 L'Angle de brisure.....	46
III.4.11 Condition d'homocinétie.....	46
III.4.12 palier intermédiaire.....	46
III.5 Arbre Intermédiaire (Tube En Acier).....	47
III.5.1 Assemblage et parachèvement.....	48
III.6 Dispositif de coulissement.....	48
III.6.1 L'adoption des cannelures dans le domaine de transmission.....	49
III.6.2 présentations des types de cannelures et leurs utilisations.....	49
 Chapitre IV: CALCUL RDM (RESISTANCE DES MATERIAUX)	
IV.1 – Introduction.....	52
IV.2 – Calcul à la résistance du tube.....	52
Données de constructeur.....	52
2.1 - Contrainte de torsion.....	53
2.2 - Calcul de moment quadratique.....	53
2.3 - La Condition de Résistance.....	53
2.4 - La condition de Rigidité.....	54
IV.3 – Conclusion.....	55
 Chapitre V: Simulation de l'arbre de transmission	
V.1 – introduction.....	56
V.2 - Présentation de logiciel CATIA V5R20.....	58
V.2 Simulation de l'arbre de transmission.....	59
V.3 Résultats de la simulation.....	60
V.3.2 - TYPES D'ELEMENTS.....	60
V.3.3 - QUALITE DES ELEMENTS.....	61
V.3.4 - Matériaux.1.....	61
V.3.5 - Cas statique.....	61
Conclusion générale.....	72

Liste des figures

Chapitre I : Présentation de l'entreprise

Figure 1: Organigramme de la société nationale des véhicules industriels.....	18
Figure 2: Véhicule avant et après rénovation	19
Figure 3 : Aménagements personnalisés pour les produits de la gamme SNVI.....	20

Chapitre II : Généralité sur la transmission

Figure 1 : Véhicule à Traction Avant	30
Figure 2 : disposition moteur à l'arrière	31
Figure 3 : disposition moteur central	32
Figure 4 : disposition moteur à l'avant	33
Figure 5 : Véhicule à transmission intégrale	34
Figure 6 : Transmission « SIMPLE »	35
Figure 7 : Transmission « INTEGRALE »	36

Chapitre III : Etude d'un arbre de transmission à joint de cardan

Figure 1 : arbre de transmission à joint de cardan.....	39
Figure 2 : Transmission par tube de poussée.....	40
Figure 3 : Transmission Hotchkiss.....	41
Figure 4 : tube d'acier ou 'arbre intermédiaire.....	42
Figure 5 : joint coulissant.....	43
Figure 6 : joint universel simple.....	44
Figure 7 : Tableau des fluctuations des vitesses.....	45
Figure 8 : Joint universel montés en phase.....	46
Figure 9 : joint de cadran double – joint.....	47
Figure 10 : arbre de transmission à Palier.....	48
Figure 11 : Exemples de transmissions.....	49
Figure 12 : Joint de cardan coulissant avec ses cannelure	50

Figure 13 ; les cannelures à flancs parallèles.....51

Chapitre V: Simulation de l'arbre de transmission

Figure 1 : Interface du logiciel CATIA58

Figure 2 : Déformation de l'arbre de transmission au niveau des brides.....59

Figure 3 : Dessin du châssis avec.....59

Figure4:arbre de transmission60

Figure5 : Maillage de l'arbre de transmission61

Figure 6 : Affichage sur la surface déformée- Uniquement sur la peau70

Figure 7 : les Déformations.....70

Liste des tableaux

Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise et description de véhicule 38L4

Tableau .1 : Infrastructures industrielles et capacités de production	23
Tableau .2 : Dimensions du véhicule 38L4.....	25
Tableau. 3: Poids du véhicule 38L4	25

Chapitre II : Généralité sur les transmission

Tableau .1 : la différence entre les types de transmission	34
Tableau .2 : les éléments constitutifs de la transmission	36

Symboles :

τ [MPa] : la contrainte de torsion

M_t [N.m] : le moment de torsion

I [mm⁴] : le moment quadratique polaire

G [Mpa] : le module du young

θ [rad/mm] : l'angle de torsion unitaire

α [rad] : angle de rotation

Introduction générale

Dans un secteur aussi concurrentiel que vital pour l'économie nationale, le secteur des Véhicules industriels cherche en permanence à sécuriser et améliorer la fiabilité et les performances de ses véhicules. Parmi ses performances, le système de transmission 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 eu l'opportunité d'effectuer notre stage veut s'équiper un nouveau produit qui est l'autocar 38L4 «ATAKOR 2». Il est toujours en cours d'étude. Notre travail consiste beaucoup plus à faire la vérification de la rigidité et la résistance d'un arbre de transmission.

Après l'introduction générale où nous avons décrit l'objectif de ce mémoire et pour une bonne organisation de celui-ci, nous l'avons structuré en quatre 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 les types de transmission, nous décrivons le système de transmission en général et nous exposons les différents systèmes existants. .

Le troisième chapitre est entièrement consacré à l'arbre de transmissions à joint de cardan. nous avons défini quelques types de joint de cardan suivi par la fonction de chaque type , nous avons parlé aussi sur les composants d'un arbre de transmission à joint de cardan et leur domaine d'utilisation.

Le quatrième chapitre présente la vérification de la résistance et de la rigidité du système aussi la simulation de notre étude.

A la fin, nous avons terminé notre projet par une conclusion générale.

Présentation de l'entreprise et description de véhicule 38L4

I - Présentation de l'entreprise et description de véhicule 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 le cadre et 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 duquel notre étude est tirée.

I.2. La Société Nationale des Véhicules Industriels

I.2.1 - Historique de la SNVI

✚ Berliet-Algérie

En juin 1957, Berliet entreprend la construction d'une usine de poids lourd de type CKD. En octobre 1958, eu lieu la sortie du premier véhicule Berliet (entièrement monté en Algérie). La production de Berliet-Algérie a connu une progression régulière.

En juin 1964 et par l'intermédiaire de la Caisse algérienne du Développement, le gouvernement algérien 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 plan 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 ...), la formation intensive des hommes (ouilleurs / régleurs / techniciens /agents de maitrise).

✚ Société Nationale de Véhicules Industriels (S N V I)

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 5^{ème} filiale.

1.2.2 - 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 (Emirats 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 (Emirats 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.

La 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)

Créé en juillet 1970, le Complexe des Véhicules industriels de Rouïba, érigé en Filiale le 1^{er} 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, la capacité de production installée est de 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' **Unité d'Etude et Recherche (U.E.R)** 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)

Filiale Carrosseries Industrielles de Rouïba (C.V.I)

La ***Filiale Carrosseries Industrielles de Rouïba (C.V.I)*** 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*** est située dans la commune de Ain Bouchekif (Tiaret) et à 3Km de l'aéroport de Tiaret et est spécialisée dans la conception et la fabrication de carrosseries industrielles portés et tractés dans les gammes suivantes : Plateaux, Bennes, Citernes à eau, Citernes hydrocarbures, cocottes à ciment, Portes engins, Fourgons frigorifiques/standards et véhicules spéciaux.

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

Ses activités sont la Production de carrosseries industrielles, utilisant les techniques et procédés de chaudronnerie

Production :

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

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

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

Les installations industrielles sont :

- ✓ Débitage
- ✓ Soudage.
- ✓ Usinage.
- ✓ Peinture.
- ✓ Contrôle et jaugeage.
- ✓ Menuiserie.
- ✓ Adaptation Prototypes.

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

- ✓ Plateaux 3 500 unités
- ✓ Bennes 4 150 unités.
- ✓ Citernes 500 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 SNMETAL. Elle a été transformée en S.P.A. Société par actions en 1989 au capital social de 2.254.100.000,00 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 objectif de faire 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 de 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.

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

1.2.3 - Organigramme de la SNVI

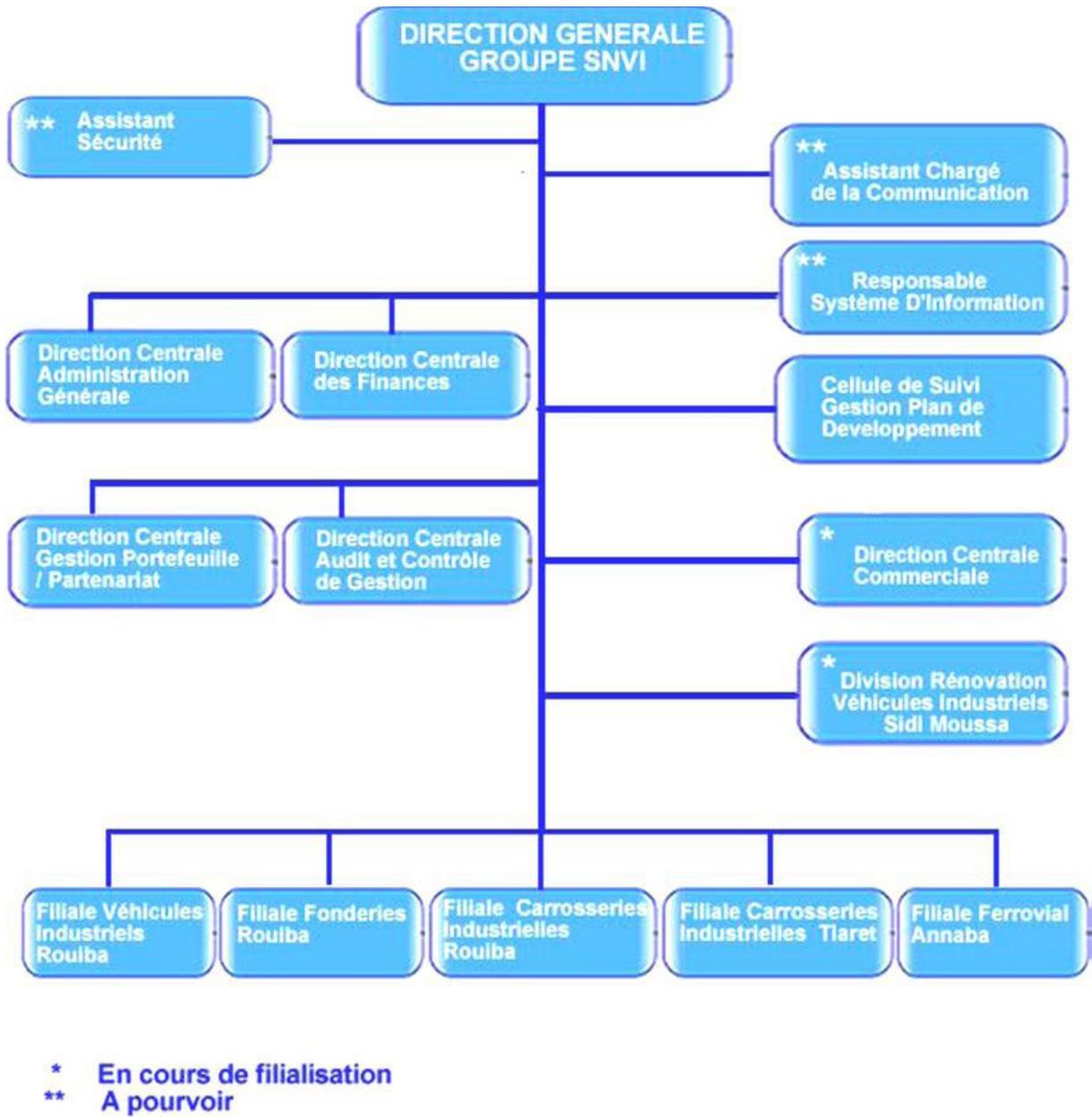


Figure I.1 : Organigramme de la société nationale des véhicules industriels.

1.2.4. 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, la 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 :

La 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 (exemple : Figure I.2).



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

Aménagements :

En plus des services cités précédemment, la 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, exemple : figure I.3



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

1.2.5. 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.

1.2.5.1. 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 VEHICULES 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 PORTEES :

- Plateaux à ridelles
- Bennes transporteurs, entrepreneurs et d'encrochement.
- Cellules isothermes
- Citernes (eau ou hydrocarbure).
- Equipements spéciaux (de voirie, de lutte contre les incendies ...)



✚ **TRACTEES :**

- Remorques plateaux et citernes
- Semi-remorques (plateaux, bennes, citernes, fourgons, porte-conteneurs, cocotte ciment, ...)
- 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

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.

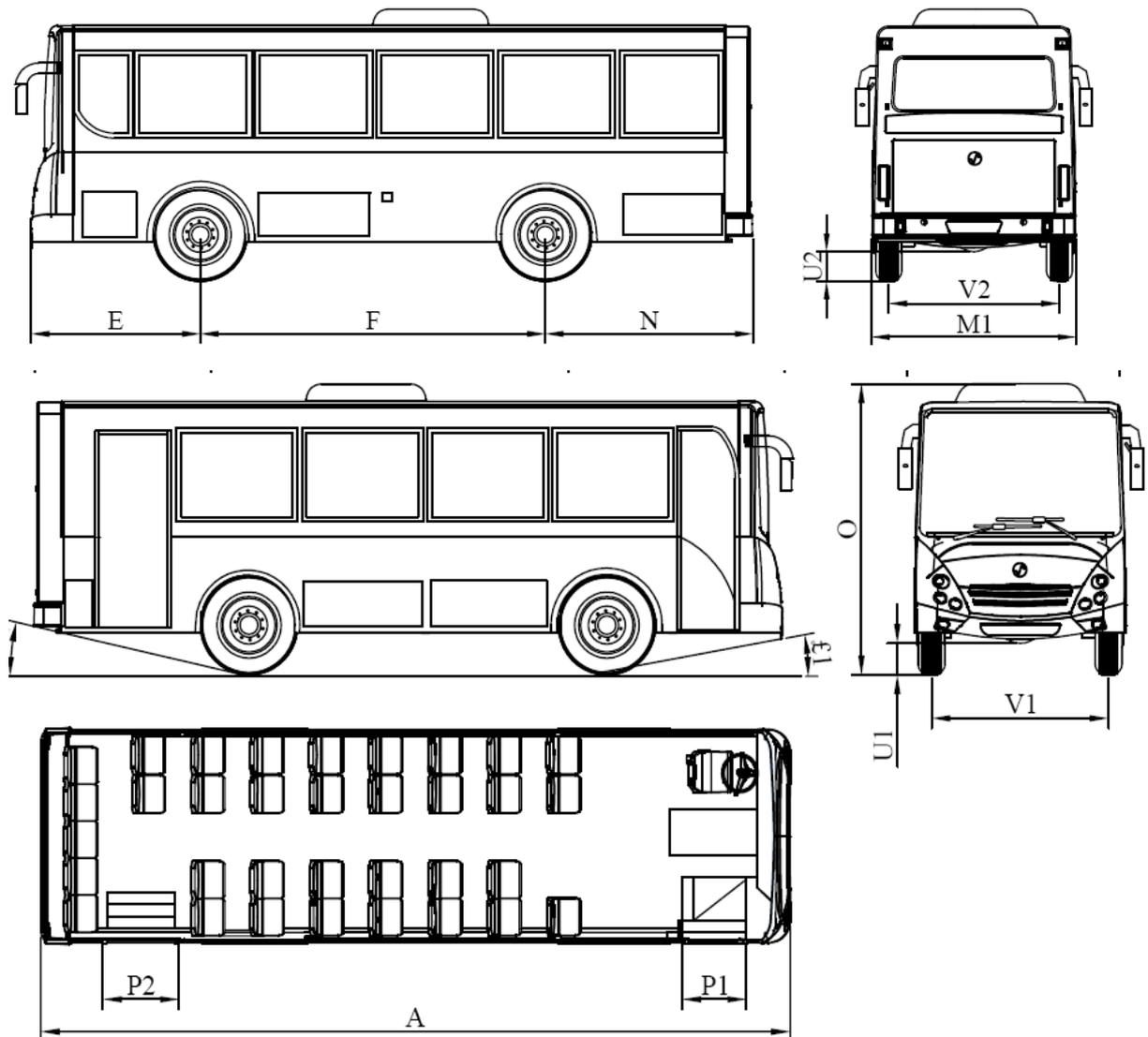
Tableau I.1 : Infrastructures industrielles et capacités de production. [1]

I.3. Description de véhicule 38 L 4

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

L'autocar 38 L 4 « ATAKOR 2 » est un véhicule 4x2 donc deux roues sont motrices. Il est conçu pour le transport scolaire d'élèves. Il est d'une capacité de 34 personnes assises. C'est un véhicule tout-terrain, capable de rouler sur des sols et de franchir des obstacles.

ATAKOR 38 Places assises +1



Dimensions (mm)

Empattement	F	5450	
Porte à faux AV	E	1200	
Porte à faux AR	N	3200	
Longueur hors tout	A	9700	
Largeur hors tout	M1	2445	
Hauteur à vide	O	3200	
Garde au sol	AVANT	U1	330
	ARRIERE	U2	320
Voix	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 :	Essieu Av	3290
	Pont Ar	3360
Poids Total Autorisé en charge (P.T.A.C)		12000
Charge maxi autorisé sur	Essieu 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 Célamine.

1.3.2. Fiche Technique

Autocar 38L4 « ATAKOR2 » (Version provisoire)

❖ MOTEUR

- Type : BF4M2012C
- Nombre de cylindres : 4 en ligne
- Injection : Directe
- Alésage/course: 101 mm /126 mm
- Cylindrée : 4,04 L.
- Taux de compression : 19
- Carburant : Gasoil
- Puissance maxi : 132 cv à 2800 tr/mn
- Couple maxi : 493 Nm à 1500 tr/mn.
- Aspiration : Naturelle
- Refroidissement : à eau.

❖ 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

❖ PONT ARRIERE

- Type : P821B à simple démultiplication par couple conique et réducteur dans les moyeux.
- Couple utilisé : 12x41 de réduction : 1/2.
- Rapport : 6,83.
- Capacité en huile: 7,5 L.
- Essieu avant
 - Type : E4A21
 - Rigide forgé en I

❖ 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 avant et arrière. Nombre de places assises : 34
- chauffeur : En mousse et revêtement en tissu ignifugé, Suspension pneumatique, réglable, avec dossier inclinable et ceinture de sécurité.
- ❖ **COFFRES ET SOUTE A BAGAGES**
 - Soute de bagage de 3 m3 entre les deux essieux, sur toute la longueur, avec portillons sur chaque face latérale
- ❖ **PLANCHER**
 - en contreplaqué marine recouvert de P.V.C sur ossature métallique, marche pied en tôle d'aluminium striée
- ❖ **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 parcage (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.
 - Alternateur de 80 A pour la climatisation en parallèle avec le circuit du véhicule
- ❖ **CLIMATISATION**
 - Air conditionné.
 - Système de chauffage autonome à soufflerie.
- ❖ **PNEUMATIQUES**
 - Dimensions : 1200/20 XS
 - AV : simple, AR : jumelés
- ❖ **RESERVOIR DE CARBURANT**
 - Capacité : 1 réservoir de 200 L
- ❖ **PERFORMANCES**

- Tableau des vitesses Km/h au régime maxi

Vitesse	1 ^{ère}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}	5 ^{ème}
Rap BV	5.72	2.94	1.61	1.00	0.76
Rap pont (6 .83)	13	26	47	75	92

❖ DIVERS

- hayon élévateur pour personne à mobilité réduite
- lot de bord
- Radio-CD.
- horloge + température
- rétroviseur extérieur réglable électriquement chauffant avec miroir grand angle et miroir d'observation
- porte bagage intérieur avec diffuseur individuel équipé de baffle, de lampe, de lecture et bouton d'appel
- tableau de bord ergonomique

❖ 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 présenter l'entreprise (*Société nationale de véhicule industriel – SNVI*), sa structure et le prototype duquel nous avons tiré notre projet qui consiste en l'étude de l'arbre de transmission à cardan.

Généralité sur la transmission

II - Généralité sur la transmission

II.1. Introduction

Dans le monde et dans le domaine des transports, la concurrence industrielle croît de jour en jour afin de répondre aux exigences du marché. L'autocar demeure le principal moyen de transport de passagers en Algérie. Le système de transmission de l'autocar a toujours fait l'objet d'une attention toute particulière de la part des constructeurs qui cherchent en permanence à améliorer les performances des véhicules.

Dans ce chapitre, nous allons présenter le système de transmission des véhicules en générale, nous parlerons sur les différents modes de transmission. Nous exposerons les éléments constitutifs du mécanisme.

II.2. Définition de système de transmission

La transmission est un dispositif mécanique qui est raccordé à l'arrière du moteur et dont le rôle est de transmettre la puissance de ce dernier aux roues motrices pour les tenir en mouvement. Reliée à la boîte de vitesses, la transmission transmet le couple et la vitesse vers les roues soit vers l'avant à des vitesses différentes, soit vers l'arrière quand le véhicule recule en inversant le sens du mouvement.

II.3. Les différents modes de transmissions

II.3.1 - Véhicule à traction avant

La traction est le type de transmission le plus couramment utilisé sur les automobiles actuelles. Les deux roues avant sont motrices et chacune est entraînée par un demi arbre de transmission qui est relié à la boîte de vitesse.

Il existe deux configurations possibles de la transmission avant : avec un groupe motopropulseur longitudinal (perpendiculaire à l'axe moteur) ou transversal (parallèle à l'axe moteur). Cette dernière est plus récente et beaucoup plus compacte. De plus, elle a l'avantage d'offrir une meilleure tenue de route.

Le système de traction offre plusieurs avantages :

- Tous les composants participant à la transmission se trouvent au même endroit ce qui permet au système de prendre peu de place. Ce gain de place profite à l'habitacle du véhicule.
- Le système possédant un meilleur rendement de transmission. Il consomme donc moins de carburant.



Figure II.1 : Véhicule à Traction Avant

Le principal inconvénient de la traction est le risque de patinage des deux roues avant lors d'un démarrage ou d'une accélération à faible rapport de vitesse. Ce risque augmente en hiver, sur la neige ou sur la glace.

Le véhicule bénéficie d'une très bonne force de traction dans toutes les conditions, y compris sur la neige ou sur les sols glissants. Il offre donc une meilleure sécurité en hiver.

II.3.2- véhicule à traction arrière ou à propulsion

Dans cette configuration, les deux roues arrière sont motrices. Ce sont toujours les roues avant qui donnent la direction du véhicule, mais les roues arrière sont là pour le propulser. Ce type de transmission se trouve beaucoup plus les véhicules de transport appelés poids lourds et sur les camionnettes.

Trois configurations sont possibles dans une transmission arrière, chacune possède des avantages et des inconvénients.

A- moteur à l'arrière

Sur certains véhicules propulsion, le moteur et la transmission se situent à l'extrême arrière du véhicule, derrière l'axe des roues. Cette configuration dite « en porte à faux » est assez courante chez Porsche. Elle présente plusieurs avantages :

- La motricité est renforcée à l'arrière, ce qui permet de meilleures performances au démarrage et durant les accélérations.
- Tout le groupe motopropulseur se concentre à l'arrière, ce qui permet de gagner de la place et d'offrir au véhicule une meilleure habitabilité.
- Cette configuration facilite la prise de virages et rend la conduite agréable sur les routes sinueuses.

Mais le moteur en porte-à-faux présente aussi des inconvénients :

- Le train arrière étant plus lourd, il aura plus tendance à entraîner le véhicule. Sur une route glissante ou dans la neige, les risques de tête-à-queue sont donc plus élevés.
- L'avant du véhicule étant plus léger, il est plus sensible au vent latéral ou aux faibles coups de volant. Une conduite en ligne droite à grande vitesse est donc plus difficile à tenir.

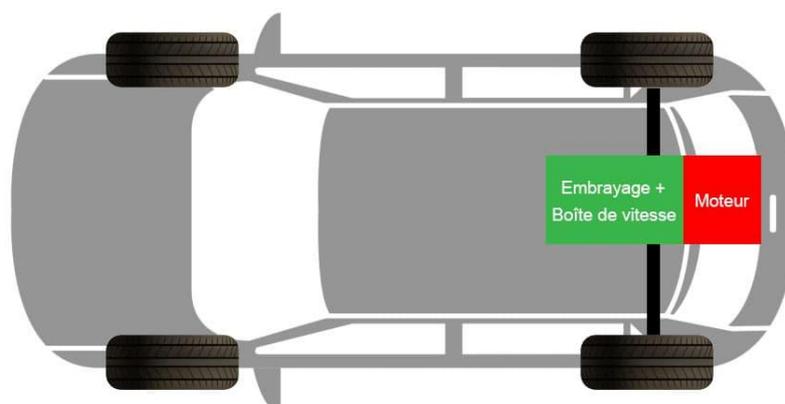


Figure II.2 : disposition moteur à l'arrière

B-moteur central

Dans cette seconde possibilité de configuration, le moteur se trouve devant l'axe des roues arrière, proche du centre du véhicule. La transmission est placée derrière le moteur, au niveau de l'axe des roues.

Le principal avantage d'un moteur central est une meilleure répartition des masses sur la longueur du véhicule et autour du centre de gravité. Cela induit une meilleure maniabilité. Cette configuration est donc idéale pour la compétition. Cependant, elle présente aussi quelques inconvénients :

- Le volume de l'habitacle est réduit, notamment au niveau des places arrière où l'espace est occupé par le moteur.
- Le moteur est moins accessible, son entretien est donc plus complexe.

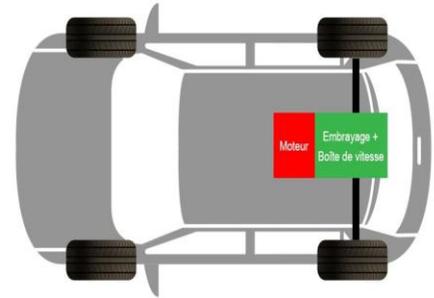


Figure II.3: disposition moteur central

C- moteur à l'avant

Enfin, le moteur peut être situé à l'avant même si les roues arrière sont motrices. Dans ce cas-là, un tube de transmission intermédiaire s'ajoute dans la longueur du véhicule, permettant de transmettre l'énergie du groupe motopropulseur (à l'avant) aux roues (à l'arrière).

Les avantages de cette configuration sont les suivants :

- Tout le groupe motopropulseur étant concentré à l'avant, le véhicule gagne en habitabilité.
- Le train avant est plus lourd grâce à la présence du moteur, la conduite offre donc plus de sécurité.

Le principal inconvénient d'un moteur placé à l'avant dans une propulsion est une perte de motricité, notamment en hiver ou la voiture aura beaucoup plus tendance à glisser. Ainsi, pour éviter les dérapages en hiver, il faudra conduire très prudemment et surtout ne pas oublier de s'équiper de pneus hiver.

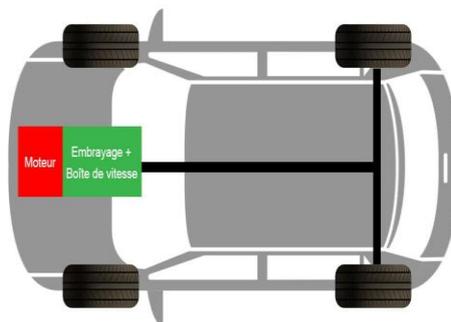


Figure II.4: disposition moteur à l'avant

II.3.3-véhicule à transmission intégrale

Dans ce cas, toutes les roues sont motrices. Pour les véhicules à roues motrices (4X4) possédant une transmission intégrale, celle-ci est soit semi-permanente (elle s'active par elle-même lorsque la vitesse des roues avant et arrière n'est pas la même) ou permanente (toujours activée), tout dépendant du véhicule. Le conducteur peut aussi enclencher (à l'aide d'une manette) le pont avant ou arrière lorsqu'il a besoin de plus d'adhérence.

Sur un véhicule à transmission intégrale, les quatre roues sont motrices. Le véhicule est alors doté d'un convertisseur de couple qui permet de répartir la puissance du moteur entre les quatre roues en fonction de la situation. Par exemple, un couple moteur 60-40 sera réparti à 60% à l'avant et 40% à l'arrière. Un 80-20 sera plus proche d'une traction tandis qu'un 20-80 sera proche d'une propulsion. On retrouve cette configuration sur les 4x4 et pickups, mais aussi sur certains SUV, breaks, coupés sportifs et berlines.

La transmission intégrale peut être enclenchable, semi-permanente ou permanente : Dans le cas d'une transmission intégrale enclenchable, le véhicule roule en traction ou propulsion. Mais il peut être réglé en quatre roues motrices par le conducteur dès qu'une perte d'adhérence se fait sentir.

Avec une transmission semi-permanente, le véhicule roule là aussi en traction ou propulsion par défaut et sur quatre roues motrices dès que c'est nécessaire. Mais dans ce système, la transmission intégrale se déclenche de manière automatique.

Enfin, dans une transmission permanente, le véhicule est en permanence sur quatre roues motrices. Si ce système est le plus efficace en termes de motricité, il est cependant beaucoup plus lourd et encombrant. Il consomme donc plus de carburant.

L'avantage d'une transmission intégrale est qu'elle offre une meilleure motricité, notamment dans les pentes. De plus, elle confère au véhicule une meilleure stabilité sur la neige ou sur une route mouillée. Cependant, conduire un véhicule à transmission intégrale ne dispense pas de s'équiper de pneus hiver ou, lorsque c'est nécessaire, de chaînes ou chaussettes neige !

Bien que la plupart des véhicules actuels soient équipés d'une transmission avant, de plus en plus de conducteurs sont séduits par les avantages qu'offre la transmission intégrale. Les constructeurs l'ont bien compris et proposent de plus en plus de véhicules (hors 4x4) avec quatre roues motrices. A vous de faire votre choix en fonction de vos habitudes de conduite...

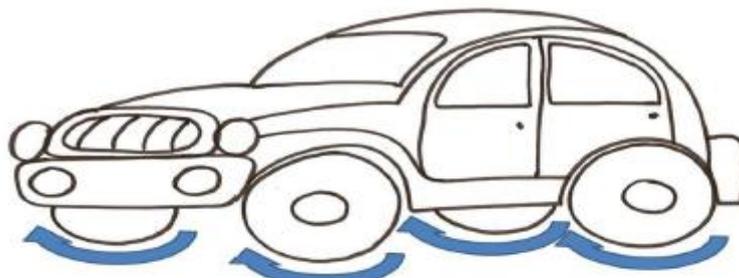


Figure II.6 : Véhicule à transmission intégrale

TRANSMISSION

« CLASSIQUE »

- l'embrayage
- la boîte de vitesses
- le renvoi d'angle ou pont ou différentiel
- les arbres de transmission
- Les roues motrices

TRANSMISSION

" INTEGRALE"

- l'embrayage
- la boîte de vitesses
- le renvoi d'angle ou pont ou différentiel
- la boîte de transfert
- les arbres de transmission
- Les roues motrices

Tableau II.1 : la différence entre les types de transmission

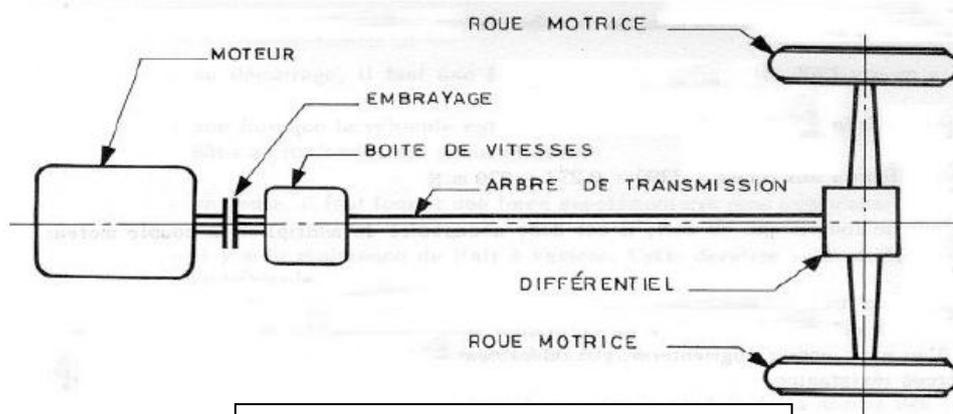


Figure II.7 : Transmission « SIMPLE »

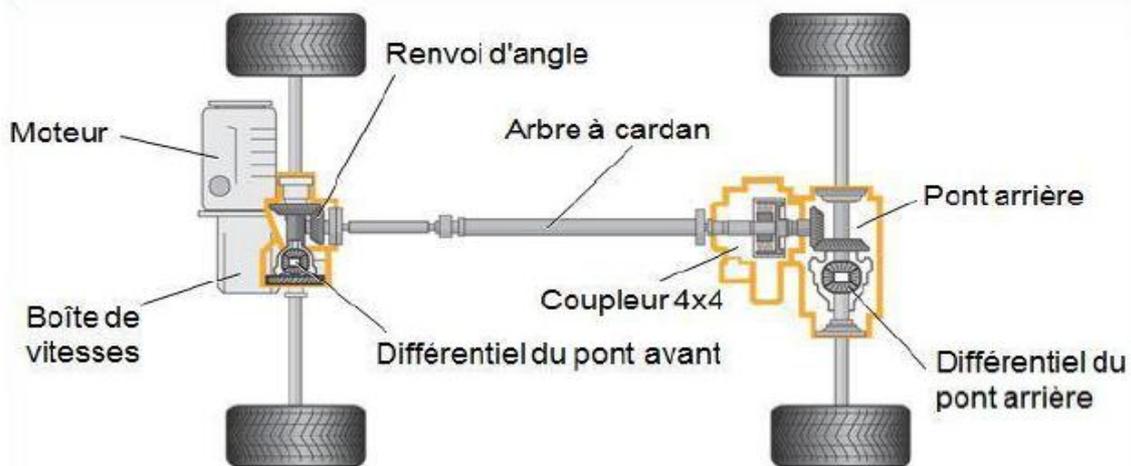


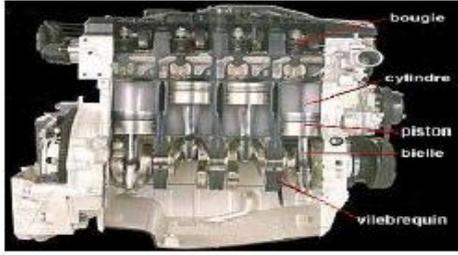
Figure II.8: Transmission « INTEGRALE »

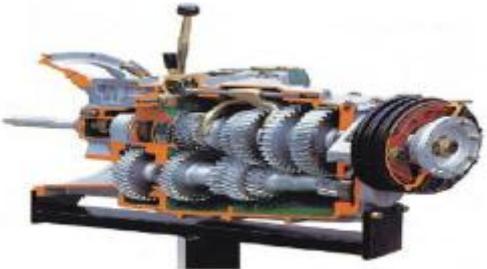
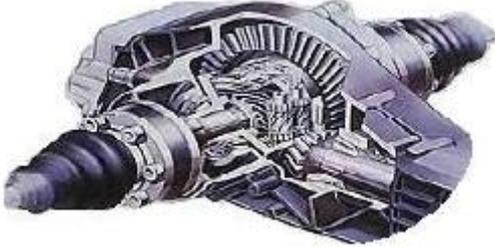
II.4.les éléments constitutifs de la transmission

Le système de transmission doit être capable de :

- ✚ transmettre la puissance du moteur aux roues motrices
- ✚ distribuer la puissance aux roues quelque soient leur différence de vitesse
- ✚ adapter la puissance motrice à l'évolution souhaitée du véhicule

Pour répondre à ses exigences, le système de transmission comprend les éléments suivants :

 <p style="text-align: center;">moteur</p>	<p>Il transforme l'énergie chimique présente dans le carburant et l'air en énergie mécanique</p>
 <p style="text-align: center;">embrayage</p>	<p>Il permet d'accoupler ou désaccoupler le moteur de la transmission, il permet aussi en phase de patinage la mise en mouvement du véhicule</p>

 <p data-bbox="379 539 582 566">Boîte de vitesses</p>	<p data-bbox="804 282 1394 349">Elle permet d'adapter le couple moteur au couple résistant (air, pente, roulement, charge).</p>
 <p data-bbox="352 797 614 824">Arbre de transmission</p>	<p data-bbox="804 685 1394 752">Il transmet le mouvement de la boîte de vitesse au pont différentiel.</p>
 <p data-bbox="384 1169 582 1196">Pont différentiel</p>	<p data-bbox="804 931 1394 1043">Il transforme le mouvement de rotation selon l'axe moteur /boîte en mouvement de rotation selon l'axe de l'essieu.</p> <p data-bbox="804 1077 1394 1189">Il permet aussi d'obtenir une vitesse de roue droite/gauche différente afin d'éviter le ripage en virage.</p>
<p data-bbox="448 1240 1134 1267" style="text-align: center;">Tableau II.2 : les éléments constitutifs de la transmission</p>	

II.5.Aperçus générale sur la transmission des véhicules

Le moteur d'un véhicule son rôle est la production de la puissance sous forme d'un couple qui passe ensuite par la boîte de vitesses du véhicule. Cette boîte possède une sortie pour le montage de l'arbre de transmission, cet ensemble, moteur et boîte de vitesses, est fixé rigidement sur le châssis du véhicule. L'arbre de transmission transmet le couple en tournant à une vitesse plus ou moins élevée. IL est situé entre la sortie de la boîte et le pont arrière de véhicule.

Cet arbre est généralement cylindrique et creux et sa longueur varie naturellement en fonction de celle du véhicule. Le pont arrière est l'ensemble qui contient le différentiel et les arbres de roues. Il est suspendu et il oscille donc selon les irrégularités de la chaussée. Avant d'aborder les détails de la construction de l'arbre de transmission, il est essentiel de bien comprendre les deux points suivants. D'une part, pour que l'arbre de transmission fonctionne correctement, IL faut qu'il soit relié à l'avant à la boîte de vitesses, et à l'arrière, au pont arrière. On imagine maintenant que cet arbre soit soudé aux extrémités! Rien ne pourrait bouger... aucun couple ne pourrait être transmis. Pour résoudre le problème. Les concepteurs de véhicules ont prévu un système qui permet de fixer solidement l'arbre de transmission à ses extrémités tout en autorisant des écarts angulaire.

D'autre part, l'exigence de recourir à des joints résulte notamment de la différence de niveau entre la boîte de vitesses et le pont arrière. Cette différence crée des angles entre l'arbre et la sortie de la boîte de vitesses et entre l'arbre et le pont arrière. Ces angles ont un effet sur la vitesse, Le montage de l'arbre de transmission peut s'effectuer de deux façons: par tube de poussée et Hotchkiss.

II.6. Conclusion

Ce deuxième chapitre nous a permis de consolider nos connaissances, en premier lieu sur la transmission en générale aussi sur les différents modes de transmission ainsi que ses éléments constitutifs .Cette partie nous permettra de bien entamer la suite de ce travail.

Etude d'un arbre de transmission à joint de cardan

Etude d'un arbre de transmission à joint de cardan

I.1.Introduction

Parmi les organes mécaniques, on trouve l'arbre de transmissions. Il est monté entre la boîte de vitesse et le pont arrière. Il est utilisé pour transmettre la puissance sous forme d'un couple et d'un mouvement de rotation, de la sortie de l'ensemble moteur-boîte de vitesses au pont arrière du véhicule avec un rendement important (de l'ordre de 98%).

L'origine du nom de la transmission est inspirée de sa forme cylindrique pour transmettre le mouvement de rotation.

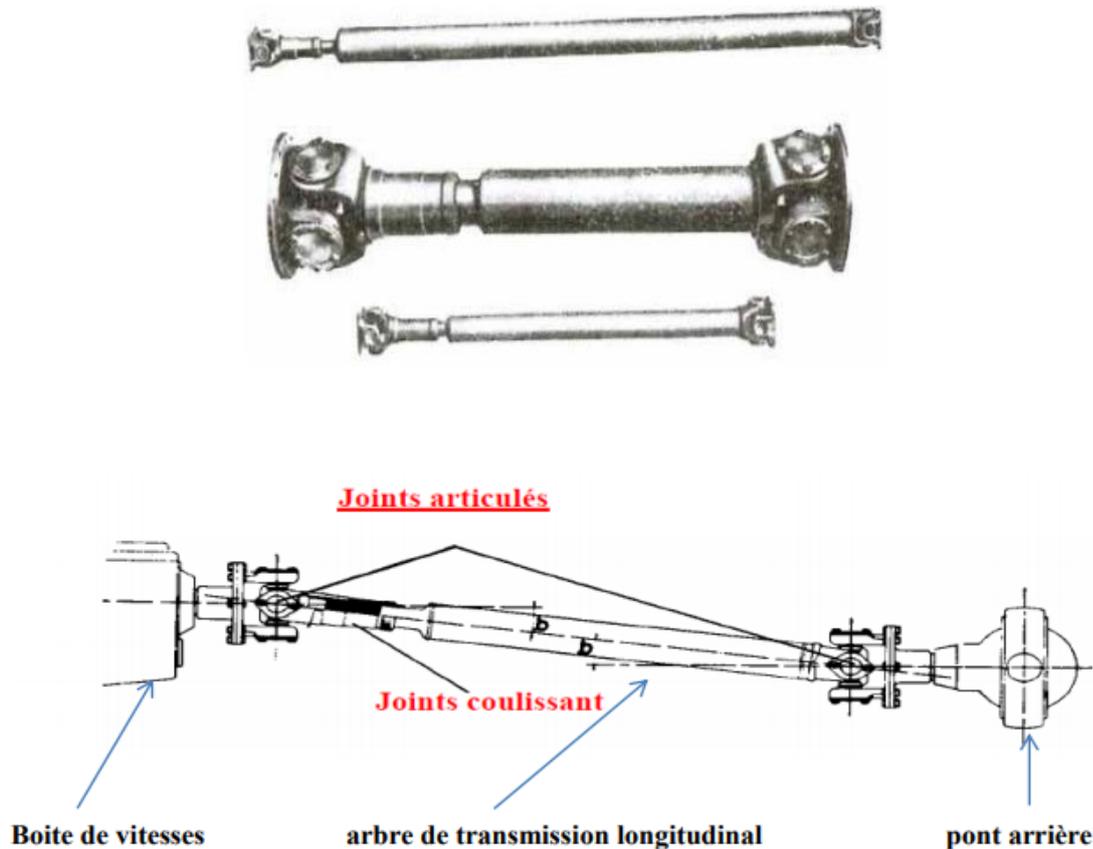


Figure III.1 arbre de transmission à joint de cardan

Une enveloppe extérieure rigide, appelée tube-carter, dont l'une des extrémités est appuyée sur le carter de la boîte de vitesses, et l'autre, fixée au boîtier du pont arrière.

Un arbre de transmission interne ne comptant qu'un joint à l'extrémité de la boîte de vitesses. Ce joint n'autorise aucun écart longitudinal au tube ; seul le déplacement possible est dans le sens vertical. La propulsion du véhicule se transmet des roues au boîtier du pont arrière, au tube de poussée et à l'ensemble moteur-boîte.

De là, les supports de l'ensemble dirigent la poussée au châssis ou à la carrosserie selon le type de construction du véhicule. Ce type d'arbre de transmission a pratiquement disparu du marché.

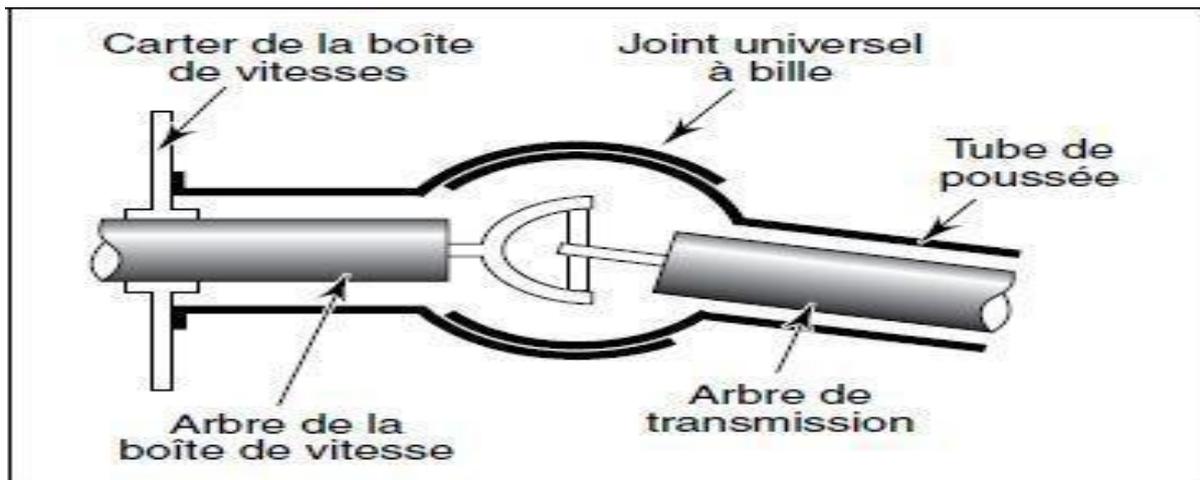


Figure III.3 Transmission par tube de poussée

III.3. Transmission HOTCHKISS

Dans le cas d'une transmission Hotchkiss, l'arbre de transmission comporte au moins un joint à chacune de ses extrémités. Selon l'utilisation aux véhicules, il est composé d'une ou de plusieurs sections. Le boîtier du pont arrière est généralement maintenu dans une position telle que l'arbre de transmission et la bride d'accouplement au pont sont désalignés. Cette caractéristique exige l'utilisation d'un joint à l'extrémité de l'arbre reliée au pont arrière. La propulsion du véhicule se transmet du boîtier du pont arrière aux ressorts ou aux bras de la suspension arrière, et finalement, au châssis ou à la carrosserie.

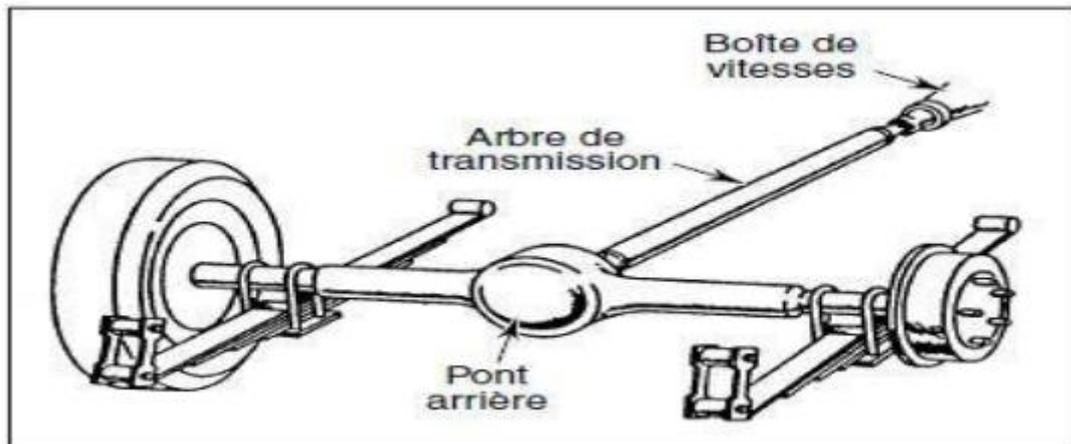


Figure III.4 Transmission Hotchkiss

Vu la disparition de la transmission par tube de poussée, nous va limiter à l'étude de l'arbre de transmission Hotchkiss. Cet arbre de transmission comprend:

- A. un tube en acier généralement creux comporte une fourche soudée à chacune de ses extrémités
- B. dispositif de coulissement .
- C. un joint universel monté en avant, nommé joint de cardan.
- D. un joint universel monté en arrière, aussi nommé joint de cardan.

E. deux boulons ou deux brides en U, appelés aussi étriers.

III.3.1 Tube d'acier

Ce tube est considéré comme la partie centrale de l'arbre est habituellement fabriqué en acier ; il est creux pour être plus légers. On détermine l'utilisation d'un arbre de plus d'une section selon La conception du véhicule, donc comptant un ou plusieurs tubes. Lorsque l'arbre comprend de plusieurs sections, il est nécessaire d'installer un palier intermédiaire, ce palier contient un roulement étanche, fixé à la carrosserie pour supporter une partie de l'arbre. on soude des fourches aux extrémités de ce ou de ces tubes d'acier ,ces fourches sont destinées à recevoir les croisillons des joints.

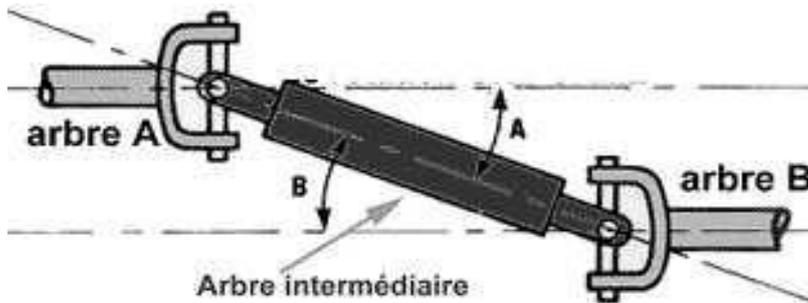


Figure III.5 tube d'acier ou 'arbre intermédiaire

III.3.2 Dispositif de coulissement

Il est destiné à assurer, au montage, la mise à la longueur de l'organe et à éviter ensuite, autant que faire se peut, toute contrainte axiale résultant des débattements et des microdébattements des arbres menant et mené.

On utilise généralement des cannelures mâles et femelles, mais on abandonne progressivement les cannelures à flancs droits en faveur des cannelures dites en développantes, cela pour des raisons de coût de fabrication ; les cannelures femelles sont obtenues par brochage et les cannelures mâles par fraisage, par martelage voire par extrusion.

La précision d'ajustement entre cannelures mâles et femelles est alors moindre qu'avec l'ancien système qui permettait la rectification des flancs et du diamètre extérieur des cannelures mâles. La mâchoire à coulisse, en acier ou en fonte, est brochée. L'embout coulissant, en acier, est en général traité par induction tant sur les cannelures que sur le collet qui raccorde celles-ci au diamètre d'accostage avec le tube ; pour des questions de rigidité en torsion, on cherche à augmenter le plus possible le diamètre du collet et aussi le diamètre des cannelures.

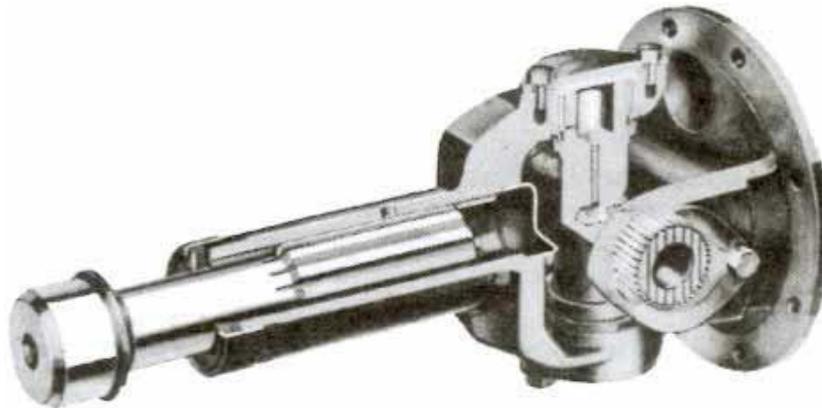


Figure III.6 joint coulissant

III.3.2.1 Fonctionnement d'un joint coulissant

Selon les besoins, les cannelures de la fourche coulissent sur les cannelures de l'arbre. La partie extérieure est polie et glisse sur un joint d'étanchéité fixé sur le carter arrière de la boîte de vitesses. Un joint d'étanchéité prévient les fuites d'huile. Parfois, on ajoute un joint torique sur l'arbre de la transmission automatique pour éviter que du fluide à transmission ne vienne en contact avec les cannelures. Ce fluide ne répond pas aux exigences de lubrification des joints coulissants. La fourchette coulissante de ce type de joint est supportée par un coussinet situé dans le carter arrière de la boîte de vitesses.

III.3.3 Joint universel simple :

Le joint universel simple est un dispositif inventé par J. Cardan, ce qui explique son appellation de joint de cardan ou simplement cardan; il est constitué des éléments suivants : deux fourches, un croisillon, quatre douilles et quatre joints d'étanchéité. Chaque fourche est fixée à l'extrémité des arbres à réunir. Un croisillon, de la forme d'une croix à quatre branches égales, unit les deux fourches perpendiculairement

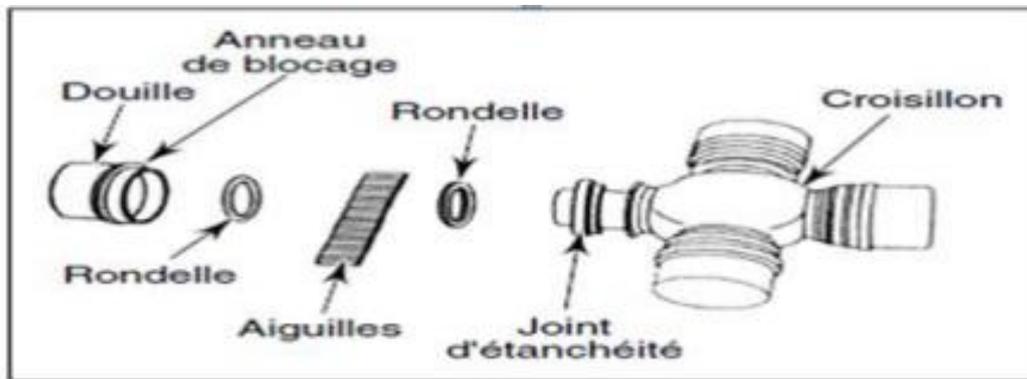


Figure III .7 : joint universel simple

III.3.3.1 Fonctionnement

Le croisillon reçoit le couple de la fourche fixée à l'arbre menant et le transmet à la fourche montée sur l'arbre mené. La différence d'angle entre l'arbre menant et l'arbre mené provoque l'accélération puis une décélération à chaque demi-tour de l'arbre mené. Les variations sont d'autant plus importantes que l'angle entre l'arbre menant et l'arbre mené est important.

À titre d'exemple, pour un angle de 4° , le changement de vitesse atteint 0,5 %; pour un angle de 10° , il passe à 3 %. Analysons les changements de vitesse pour un angle de 30° entre la fourche et l'arbre. Lorsque la fourche tourne à 1000 tr/min, la vitesse de rotation de l'arbre fluctue de 866 tr/min à 1155 tr/min pour un quart de tour et décélère de 1155 tr/min à 866 tr/min pour le quart de tour suivant. Cette raison justifie l'impossibilité d'utiliser un arbre muni d'un seul joint universel simple si l'angle dépasse 3° ou 4° .

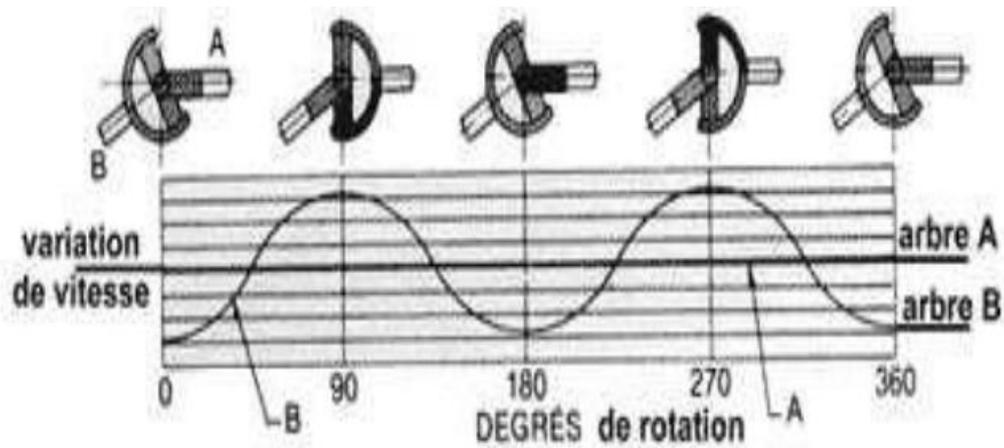


Figure III.8 : Tableau des fluctuations des vitesses

L'élimination partielle de ce problème pour un arbre d'une seule section s'effectue par - Le montage d'un joint universel simple à chaque extrémité. Les deux fourches de l'arbre doivent toujours être montées sur un même plan, montage communément appelé en phase

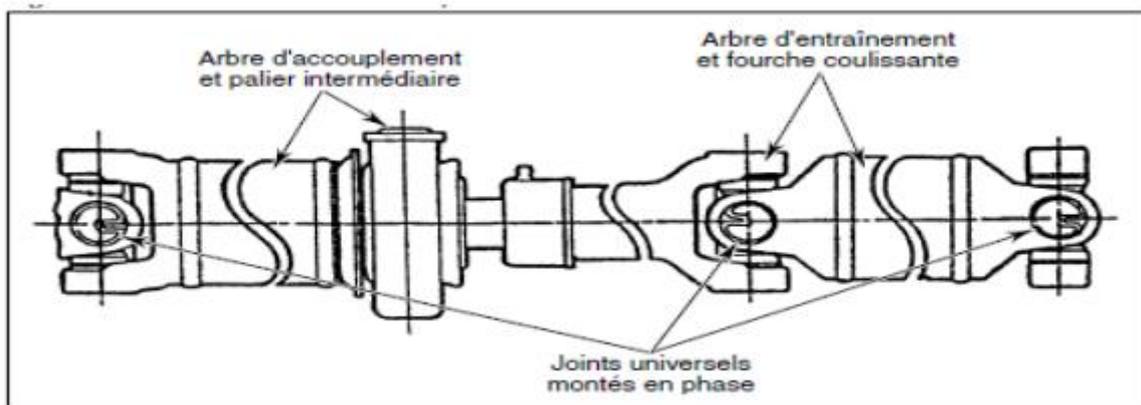


Figure III.9 : Joint universel montés en phase

L'accélération du premier joint correspond au ralentissement subi par le second et vice-versa. Le mouvement à la sortie du second joint est redevenu régulier. Ce résultat s'obtient à la condition que les deux joints fonctionnent à des angles similaires. Toutefois, même si le mouvement à la sortie est régulier, les fluctuations de la vitesse de l'arbre risquent de provoquer des vibrations non désirées. La correction complète de ce problème s'obtient par le montage d'un deuxième joint universel immédiatement à la suite du premier. Cet arrangement produit ce que l'on nomme un joint de cardan double ou homocinétique.

III.3.3.2 Joint homocinétique

Un joint homocinétique ne nécessite que le montage de deux joints universels simples la pratique exige toutefois un arrangement plus complexe. L'ensemble est formé de deux joints universels simples, d'une fourche centrale et d'une rotule.

La rotule est composée d'un ressort, d'une bille solidaire d'un joint et d'une cuvette solidaire du second joint.

III.3.3.3 Fonctionnement

L'accélération du premier joint universel correspond à la décélération du second. Les fluctuations de vitesse s'annulent et, à la sortie du deuxième joint, le mouvement est maintenant constant. Cependant, pour obtenir ce résultat, les deux joints doivent fonctionner à des angles identiques.

III.4. Les Composants d'un Arbre De Transmission à Joint De Cardan

Un Joint de cardan est un élément de transmission comprenant deux mâchoires articulées entre elles grâce à un croisillon de liaison. Il est utilisé pour transmettre la puissance mécanique entre deux arbres concourants ou non et dont la position relative peut varier en cours de fonctionnement.

III.4.1 Domaine d'utilisation

L'arbre de transmission est utilisé en Industries minière, sidérurgique, chimique, textile, agro-alimentaire et mécanique générale, agriculture, matériel et engins de travaux publics transports ferroviaires.

III.4.2 Le rendement des joints

Tous les joints homocinétiques actuels présentent des rendements excellents, une étude type par type est cependant nécessaire pour tenir compte en particulier de l'environnement. De côté différentiel, une température de boîte-pont élevée et la proximité d'un tuyau d'échappement, voire d'un pot catalytique, compliquent la situation en empêchant toute ventilation, voire en surchargeant thermiquement les dispositifs d'étanchéité. Du côté roue, la ventilation est quelquefois sommaire ; le joint fixe **RZEPPA** présente à ce sujet une limitation pour l'angle normal d'emploi de 6° maximum ; le joint Ge, pour sa part, admet une angularité de 10° maximum.

III.4.3 Le confort

Les deux joints et l'arbre qui les réunit en transmission peuvent être à la fois transmetteur et générateur de vibrations. En joint coulissant, on préfère le joint GI qui donne toute liberté au groupe Motopulseur.

III.4.5 Lubrification

La formulation et l'élaboration du lubrifiant conditionnent grandement la durée de vie et l'adéquation d'un joint à sa fonction. On utilise généralement des graisses spécifiques, pour les joints à billes, on ajoute un pourcentage plus ou moins important (2 à 4 %) de bisulfure de molybdène. La viscosité doit être choisie de façon à permettre, à basse température (-30 °C, voire -40 °C au moment du lancement du moteur), le graissage du joint et la moindre gêne pour le soufflet d'étanchéité, tout en garantissant la stabilité physico-chimique à haute température (120 °C, voire 150 °C) et à haute vitesse.

Parmi les autres tâches à remplir impérativement, il ne faut pas oublier l'obtention, d'un rodage rapide mais soigneux du joint, le plus petit coefficient de friction, un transfert correct des calories, la compatibilité matière avec le soufflet d'étanchéité, etc.....

III.4.6 Systèmes d'étanchéité

Rôles principaux :

- éviter la perte de lubrifiant
- interdire l'entrée éléments indésirables (poussière...)

- évacuer les calories dues aux pertes mécaniques du joint
- autoriser les débattements relatifs entre les deux arbres à réunir
- L'étanchéité est réalisée par un soufflet élastique à plis multiples et par des ligatures. Leur réalisation correcte et l'emploi de matériaux adéquats conditionnent directement la durée de vie du joint

III.4.7 Propriétés des soufflets

- résister aux contraintes cycliques de flexion et de cisaillement
- résister au lubrifiant
- résister aux projections (eau, boue, sel...)
- résister aux écarts de températures et rayons UV
- résister aux manipulations lors du montage et des réparations du véhicule
- résister aux manipulations lors du montage et des réparations du véhicule

Les colliers de fixation doivent éviter toute blessure du soufflet et toute fuite de lubrifiant et interdire le déboîtement du soufflet. Leur choix est très important.

à transmettre des efforts axiaux : le classement reste le même que celui obtenu pour le coulissement sans rotation. En particulier, le joint double-offset est mauvais à angle nul.

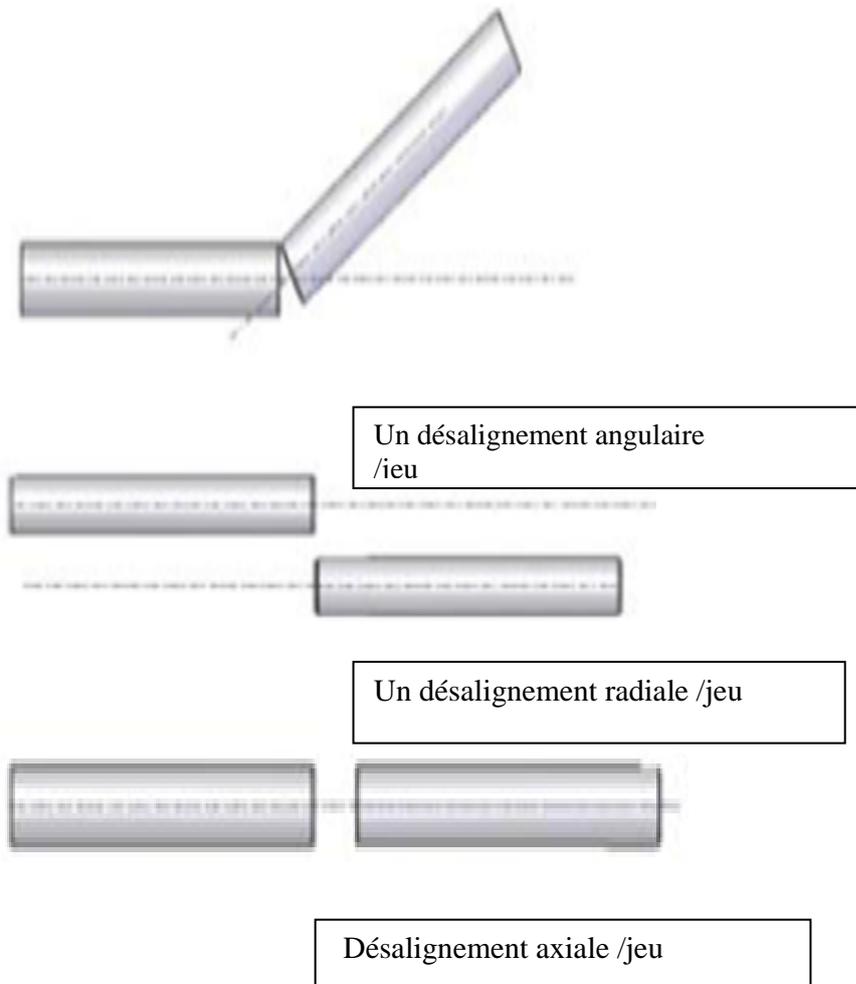
III.4.8 Génération de vibration

Lors de la rotation du joint sous angle, les mouvements relatifs (translation, voire rotation) entre les différentes pièces et, en particulier, celles qui transmettent les efforts dus au couple, engendrent des frottements. Or, les pièces en question retrouvent une fois par tour, ou plusieurs fois, les mêmes situations ; de plus, s'il y a n paires de courbes d'entraînement, il y aura n phénomènes identiques, en phase ou non, d'où des forces de frottement dont la sommation se traduit par des vibrations de différents ordres (en translation et en rotation) et de différentes fréquences.

Parmi ces vibrations, les plus gênantes pour un joint coulissant sont les vibrations axiales, dont les amplitudes croissent d'autant plus que le couple et l'angle de travail, le coefficient de frottement, etc., sont importants. Bien que, et du fait que, la résistance au coulissement d'un *joint tripode* soit remarquablement faible, ce joint génère, dans certaines conditions extrêmes d'emploi, des vibrations axiales dues en particulier au fait qu'au roulement du galet dans la gorge se superpose un pivotement ; il s'y ajoute une résistance de déplacement du galet sur le tourillon et une friction provoquée par le

III.4.9 Compensation de désalignements

Les joints de cardan sont utilisés pour compenser les désalignements ou les déplacements relatifs entre deux arbres, ils doivent assurer la transmission de la rotation et du couple malgré le désalignement. Dans le cas idéal, les arbres moteur et récepteur ne présentent aucun désalignement, qu'il soit radial, axial ou angulaire. En réalité, de tels désalignements existent toutefois pendant le fonctionnement, soit en raison de limitations techniques, soit en raison de vibrations et de déplacements. Les arbres moteur et récepteur peuvent présenter un désalignement radial, axial ou angulaire (figure 2). Les accouplements normaux, à soufflet, Oldham ou à lamelles peuvent en général compenser des désalignements angulaires de 1 à 7 degrés : en fonction de leur taille, des désalignements radiaux de quelques dixièmes de millimètre à quelques millimètres. Les joints de cardan se distinguent des autres accouplements par leur capacité à compenser des désalignements radiaux et angulaires nettement plus importants.



III.4.10 L'Angle de brisure

Des joints de cardan ont été essentiellement développés pour l'industrie automobile afin de compenser une propriété médiocre des arbres articulés. Un joint de cardan simple entraîne en présence d'un angle de brisure pendant le fonctionnement une rotation irrégulière côté récepteur. L'arbre récepteur est en avance de phase par rapport au moteur pendant une partie de la rotation et en retard de phase dans une autre partie. Cette irrégularité augmente avec l'angle de brisure. L'effet peut être compensé par l'emploi d'un joint de cardan double dans la mesure où les angles d'entrée et de sortie.

III.4.11 Condition d'homocinétie

Un joint de cardan, fonctionnant sous un angle d'entrée différent de l'angle de sortie $\pm 1^\circ$, n'est pas un montage homocinétique, ce qui entraîne une vitesse de sortie variable périodiquement. Pour éviter cela et afin d'obtenir une vitesse de sortie constante, il faut un montage homocinétique, c'est-à-dire l'angle d'entrée = l'angle de sortie.

Donc la condition d'homocinétie d'une transmission à cardan est La vitesse d'entrée = la vitesse de sortie)

III.4.12 palier intermédiaire

C'est un dispositif qui doit être conçu en fonction de la valeur des efforts statiques et dynamiques qu'il a à supporter ; mais c'est sa **transmissibilité** qui détermine alors la force qui attaque la traverse, le châssis, la cabine, les passagers, dans le cas d'un véhicule.

Les efforts radiaux, seuls considérés ici sont, en première analyse : d'abord les poids et les autres effets statiques (sur lesquels nous ne nous arrêterons pas) ; ensuite, la force centrifuge provenant de l'existence des balourds ; enfin, l'action complexe due aux moments complémentaires générés par les joints de cardan travaillant sous angle.

Nous devrions aussi tenir compte de la composante radiale de la résistance au coulissement de la transmission associée, et ce d'autant plus que l'angle aux joints de celle-ci est important.

La force centrifuge, correspondant à un balourd, tourne au synchronisme, d'où une vibration forcée par cycle dans le palier.

Généralement, la demi-transmission et la transmission, associées, étant équilibrées individuellement, il en résulte toujours, lors du montage, un balourd d'assemblage plus ou moins important à l'aplomb du palier intermédiaire, provoqué par l'excentration et le jeu entre les centrages, le voilage des faces des brides, etc... Pour remédier à cela, on cherche à :

- Améliorer l'équilibrage individuel de la demi-transmission, de la transmission et des Pièces de liaison ; cette solution extrêmement onéreuse ne résout pas pour autant le problème du balourd d'assemblage.
- Équilibrer la ligne de transmission comme un ensemble complet, ce qui n'est pas toujours Matériellement possible.
- concevoir un palier intermédiaire moins sensible aux balourds.

✚ À l'origine, les paliers étaient montés d'une façon plus ou moins rigide sur les traverses ; puis, on a adopté la technique du roulement, à une seule rangée de billes, noyé dans une bague de caoutchouc ou incorporé dans un boîtier supporté lui-même par une ou plusieurs bagues de caoutchouc ; le caoutchouc travaillant à la compression constitue un isolant intéressant pour les bruits, son but principal était, cependant, d'autoriser un certain défaut d'alignement dans la ligne de transmission, tout en ne nécessitant que l'emploi d'un roulement économique à une rangée de billes.

✚ Les paliers actuels en particulier ceux utilisés par l'industrie automobile (Excepté le cas des véhicules de chantier) sont constitués d'un anneau de caoutchouc très alvéolé, utilisé pratiquement sans précontrainte d'assemblage et présentant de ce fait la caractéristique dite basse fréquence (de l'ordre de 1 100 cycles par minute).

A la vitesse de rotation correspondante, la force centrifuge due au balourd est relativement faible et on constate qu'un amortissement suffisant est produit par le montage, autorisant ainsi la rotation à la résonance sans perturbations excessives ; aux vitesses plus élevées, c'est-à-dire au-delà de la résonance, la transmissibilité chute et une grande amélioration est obtenue en ce qui concerne la force transmise à la traverse.



Figure.III.10 arbre de transmission à Palier intermédiaire

III.5 Arbre Intermédiaire (Tube En Acier)

Il relie entre eux les deux joints de cardan de façon à couvrir la distance existant entre les arbres menant et mené et il véhicule la puissance à transmettre (c'est-à-dire un couple associé à une vitesse de rotation) de l'un à l'autre. Pouvant être un simple arbre, pour les applications tournant à très faible vitesse, l'arbre intermédiaire est, pour des raisons diverses (dont la standardisation), généralement tubulaire et en acier. Il sera d'abord calculé très simplement à la torsion en tenant compte du cahier des charges de l'utilisateur : macro-évolutions et microévolutions du couple en fonction du temps, garanties, etc. ; puis il intervient, évidemment, dans la détermination de la vitesse

critique de la transmission. Toutes choses égales par ailleurs, un arbre en rotation fléchit d'autant plus que la vitesse de rotation est élevée la flèche devient infinie lorsque la vitesse atteint la vitesse dite critique ; si, par une accélération considérable, il n'y a eu ni rupture ni déformation lors du passage à la vitesse critique, la flèche décroît ensuite. On démontre que cette vitesse critique correspond au premier mode propre de vibration en flexion. Pour le déterminer diverses Méthodes mathématiques et d'essais sont disponibles, tout du moins pour des éléments simples, tel un tube. En pratique cela est beaucoup plus complexe et on adopte, par exemple, la méthode de la frappe au marteau d'impact qui permet de mettre en évidence, en plus de cette vitesse critique, de nombreux autres modes de vibrations et /ou de respiration qui, heureusement, sont souvent condamnés dès que le tube est incorporé dans la transmission.

III.5.1 Assemblage et parachèvement

La liaison d'un tube avec l'embout coulissant, d'une part, et avec la mâchoire bout mâle, d'autre part, s'effectue par soudure, toutes les pièces étant en acier. On adopte soit la soudure à l'arc, protégé ou non, le tube ayant été au préalable emmanché sur des prolonges de l'embout et de la mâchoire, soit la soudure frontale réalisée par friction, ou autre système. En général, on procède à un redressage, à la presse, d'abord de l'ensemble avant soudure, puis du tube après soudure.

Après assemblage, il faut parachever la transmission de façon à répondre aux exigences de l'utilisateur ; parmi celles-ci, on trouve, en premier lieu, la garantie que la transmission ne sera pas la source de vibrations et, en particulier, de vibrations transversales ; c'est pourquoi, sauf applications très banales, on procède en général à une opération d'équilibrage dynamique. L'équilibrage dynamique (dit équilibrage deux plans) consiste alors à placer l'axe principal d'inertie longitudinal de la transmission en coïncidence avec l'axe de rotation géométriquement déterminé par les centrages (ou ce qui en tient lieu) des mâchoires à bride, grâce à l'adjonction (ou au retrait) de masses adéquates dans deux plans situés le plus près possible des joints. Cela s'effectue, sur des machines spéciales, d'autant plus aisément que les jeux, inévitables, dans les deux joints et dans le coulisement sont plus faibles, que l'on se trouve plus loin de la vitesse critique de flexion et que les différentes pièces, constituant la transmission, auront été au préalable statiquement équilibrées. Quant aux conditions d'équilibrage sur machine, elles devront correspondre aux conditions d'emplois susceptibles d'être les plus contraignantes ; il y a là une marge d'appréciation que seuls les spécialistes peuvent appréhender. Cependant d'autres modes de vibrations (harmoniques, propres ou excités, respiratoires, etc....)

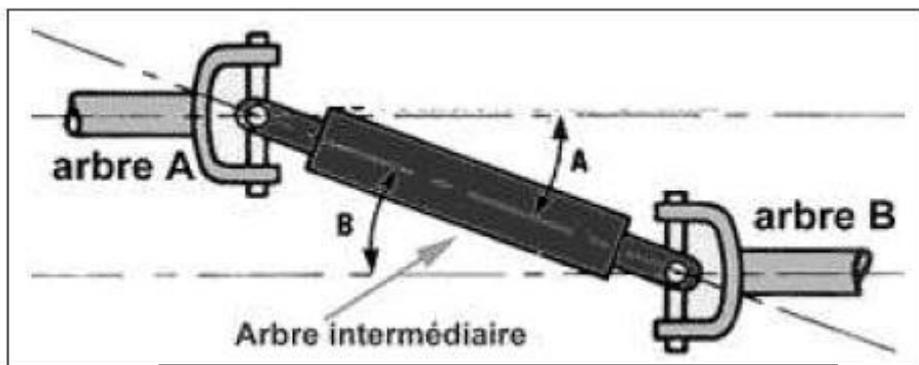


Figure.III.11 Exemples de transmissions

III.6 Dispositif de coulissement

Il est destiné à assurer, au montage, la mise à la longueur de l'organe et à éviter ensuite, autant que faire se peut, toute contrainte axiale résultant des débattements et des micro débattements des arbres menant et mené. On utilise généralement des **cannelures mâles et femelles**, mais on abandonne progressivement les cannelures à flancs droits en faveur des cannelures dites en développantes, cela pour des raisons de coût de fabrication ; les cannelures femelles sont obtenues par brochage et les cannelures mâles par fraisage, par martelage voire par extrusion. La précision d'ajustement entre cannelures mâles et femelles est alors moindre qu'avec l'ancien système qui permettait la rectification

des flancs et du diamètre extérieur des cannelures mâles. La mâchoire à coulisse, en acier ou en fonte, est brochée.

L'embout coulissant, en acier, est en général traité par induction tant sur les cannelures que sur le collet qui raccorde celles-ci au diamètre d'accostage avec le tube ; pour des questions de rigidité en torsion, on cherche à augmenter le plus possible le diamètre du collet et aussi le diamètre des

Cannelures Le coefficient de friction acier sur acier, même avec lubrification, tend à interdire tout déplacement axial entre la mâchoire à coulisse et l'embout si l'effort axial développé par les arbres à réunir est insuffisant ; des parachèvements, tels la phosphatation de glissement l'emploi de Mo S₂, etc., facilitent tout au plus le rodage.



Figure.III.12 Joint de cardan coulissant avec ses cannelures

III.6.1 L'adoption des cannelures dans le domaine de transmission

Dans un grand nombre d'assemblages mécaniques, l'emploi de simples clavettes permettent de lier en rotation un arbre avec un moyeu (exemples : poulies, roues dentées) et, ainsi transmettre un couple. Toutefois, l'usinage d'une ou de plusieurs rainures dans l'arbre et l'ajustage de la ou des clavettes dans celles-ci constituent un travail toujours délicat. De plus, l'endommagement des clavettes se traduit par l'augmentation du jeu dans les rainures de l'assemblage, ce qui crée en dynamique des efforts parasites, souvent à l'origine de la destruction de la liaison. C'est pourquoi les clavettes sont utilisées lorsque le couple à transmettre reste faible. Pour des couples plus importants l'utilisation de cannelures est plus appropriée. Leurs avantages sont multiples. L'usinage est plus facile à réaliser en utilisant par exemple le brochage. La précision de l'usinage permet aussi de diminuer nettement le risque de jeu dans la liaison et enfin il y a une augmentation significative de la section utile de l'arbre.

III.6.2 présentations des types de cannelures et leurs utilisations

Les cannelures et dentelures sont des sillons ou une strie creusée dans un matériau destinées à assurer une liaison fixe ou une liaison en rotation entre deux pièces lorsque le couple à transmettre entre ces deux pièces est important.

Il existe deux types de cannelures selon la forme de leurs flancs :

- A- les cannelures à flancs parallèles** sont des véritables clavettes taillées dans l'arbre, elles sont essentiellement employées lors de transmission de puissance de faibles vitesses pour des systèmes développés en petites séries.

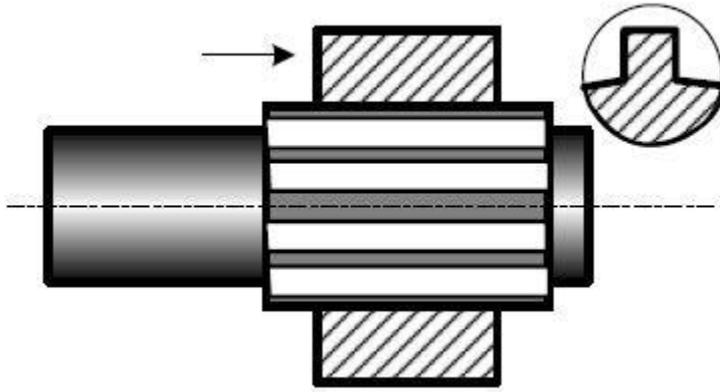
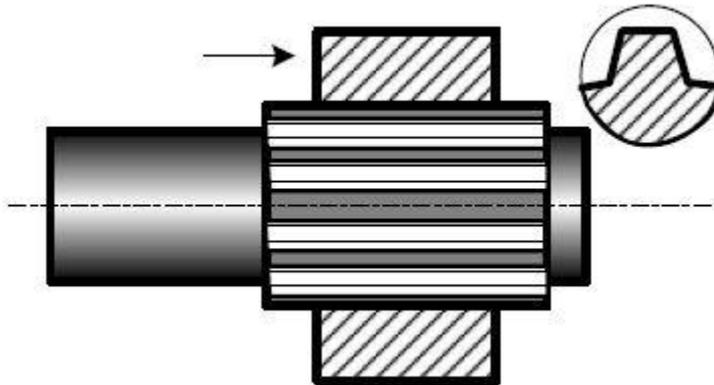


Figure.III.13 les cannelures à flancs parallèles

B- Les cannelures à flancs en développante de cercle est une application indirecte des engrenages à flancs en développante de cercle. est une illustration représentant sa géométrie Ces cannelures sont utilisées pour des grandes vitesses de rotation, exemple d'une boîte à vitesse d'une voiture à grande cylindrée.



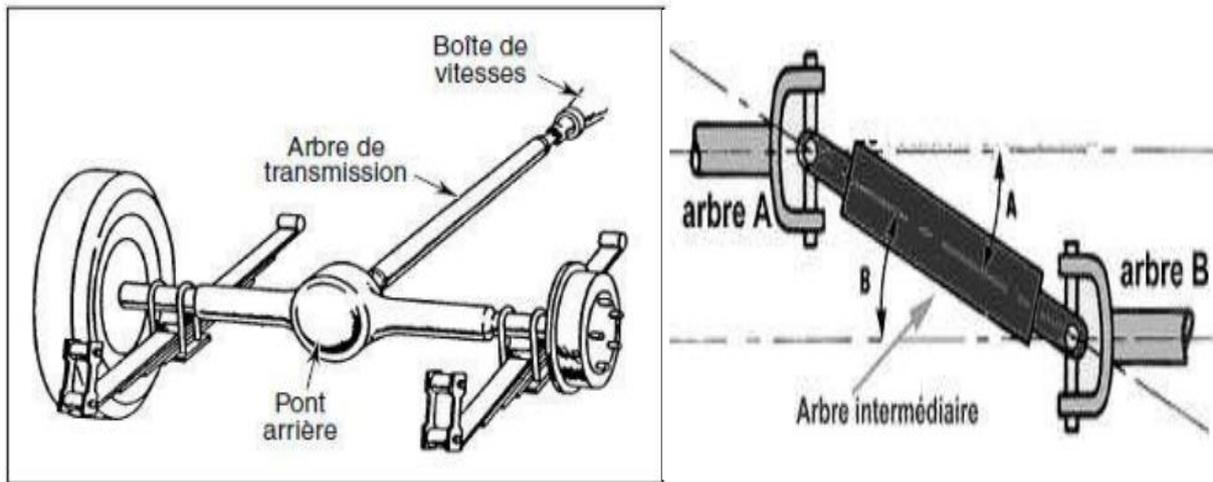
FigureIII.14 les cannelures a flancs en développante de cercle

Calcul RDM (résistance des matériaux)

IV - CALCUL RDM (RESISTANCE DES MATERIAUX)

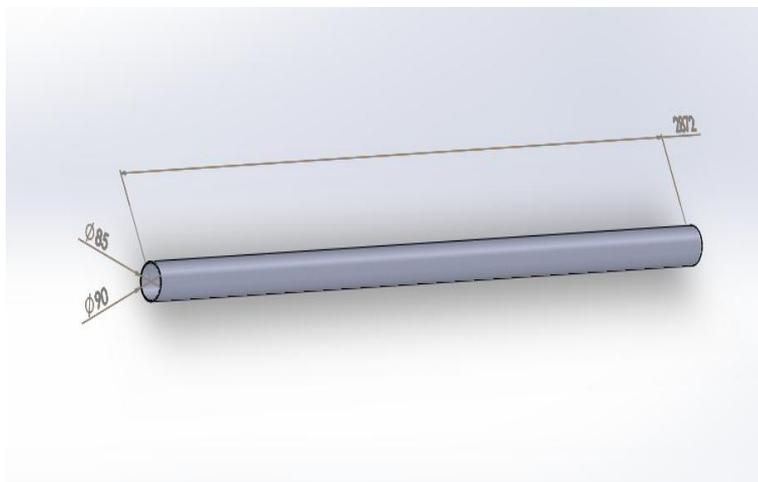
IV.1 - Introduction

L'arbre de transmission ci-dessous (figure III.2 et figure III.4), repris dans ce chapitre, nous permettra de considérer les pièces constituantes. Comme il a pour rôle de transmettre en rotation un couple et une vitesse, il est soumis à la contrainte de torsion. La pièce qui est sollicitée est plus le tube que nous allons vérifier la torsion pour définir l'ordre de grandeur de sa résistance. Dans le chapitre suivant, il sera étudié à partir du logiciel de simulation pour conforter notre étude.



IV.2 - Calcul à la résistance du tube

Données de constructeur



Matériaux de l'arbre	acier 42crMo4
Re (Mpa)	700
Puissance maxi (ch)à 2800 tr/mn	132ch à 2800tr/mn
Couple maxi (Nm à tr /mn)	493Nm à 1500tr/mn
Langueur de l'arbre (mm)	2872mm
Diamètre intérieure (mm)	d=85mm
Diamètre extérieure (mm)	D=90mm
Module de Young(Mpa)	21000
Coefficient de poisson	0.3
Module de coulomb	80000
Coefficient de sécurité	<u>5</u>

2.1 - Contrainte de torsion

$$\tau_{max} = \frac{Mt_{max}}{I/v} \leq \tau_p$$

τ : Contrainte de torsion

M_t : Moment de torsion

I : Moment quadratique du tube

v : Rayon, $v = D/2$

2.2 - Calcul de moment quadratique

$$I = \pi \cdot \frac{(D^4 - d^4)}{32}$$

$$I = \pi \cdot \frac{(D^4 - d^4)}{32} = 1316462.31 \text{mm}^4$$

Avec $D = 90 \text{ mm}$ et $d = 85 \text{ mm}$

2.3 - La Condition de Résistance

Nous avons

$$\tau_{max} \leq \tau_p$$

τ_{max} : contrainte maxi

τ_p : contrainte pratique

$$\tau_{max} = \tau_e / s = 700 / 5 = 140 \text{ MPa}$$

Avec $s = 5$ (coefficient de sécurité)

$$\tau_{max} = \frac{Mt}{I} * R, \text{ avec } R = D/2$$

$Mt_{max} = 493 \text{ m.N à } 1500 \text{ tr/mn}$

$D_{ext} = 90 \text{ mm}$

$$\tau_{max} = \frac{493}{1315795.92 * 2} * 90 = 16.8605 \text{ N/mm}^2$$

Ce qui donne : $16.8605 \ll 140$

La condition $\tau_{max} \leq \tau_p$ est vérifiée.

2.4 - La condition de Rigidité

La vérification à la rigidité du tube nous permet de vérifier si l'angle de torsion n'atteint pas les limites de déformations où $\theta_{max} < \theta_{lim}$, par la formule :

$$M_t = G * I * \theta_{max}$$

Dans certaines applications, il est nécessaire de limiter les déformations de torsion de l'arbre, en particulier pour les arbres de grande longueur. On impose alors une limite à l'angle unitaire de torsion (de l'ordre de 0.5° par mètre)

Calcul de l'angle de torsion θ_{max}

$$\theta_{max} = \alpha_{max} / L$$

Avec : $M_t = G * I * \theta_{max}$

Alors $M_t = G * I * \alpha_{max} / L$

$$\alpha_{max} = M_i * L / (G * I)$$

Avec $M_t = 493 \text{ N.m} = 493 * 10^3 \text{ N.mm}$

Avec : M_t (le couple maxi) = 493Nm = 493*10³ N.mm

$L = 2872 \text{ mm}$

$$\alpha_{max} = 493 * 10^3 * 2872 / (80000 * 1315794.922).$$

$$\alpha_{max} = 0.013450956 \text{ rad} = 0.771073^\circ$$

$$\theta_{max} = 0.771073 / 2872$$

$$\theta_{max} = 0.000268473^\circ$$

Etant donné que θ_{lim} de l'ordre de 0.5° par mètre, alors

$$\theta_{lim} = 0.5 * 10^3 = 0.0005 \text{ }^\circ/m$$

Alors la condition $\theta_{max} < \theta_{lim}$ est vérifiée.

IV.3 - Conclusion

De la vérification menée par le calcul de la condition de résistance et celle de rigidité, on constate dans ce cas que, comme la condition de rigidité est vérifiée, le tube de l'arbre de transmission ne peut casser et donc résiste aux conditions de fonctionnement critiques. Cela sera vérifié dans le chapitre suivant.

Simulation de l'arbre de transmission

V - Simulation de l'arbre de transmission

V.1 - introduction

La validation d'un produit industriel passe par une phase de tests qui permettront de déterminer sa tenue en service face à son environnement. Avec le développement des technologies, cette simulation est devenue numérique basée sur des logiciels dédiés à cette tâche.

La simulation numérique désigne l'exécution d'un programme informatique sur un ordinateur ou réseau en vue de simuler un phénomène physique réel et complexe. Cela repose sur la mise en œuvre des modèles théoriques utilisant souvent la technique des éléments finis. Elles sont donc une adaptation aux moyens numériques de la modélisation mathématique et servent à étudier le fonctionnement et les propriétés d'un système modélisé ainsi qu'à en prédire son évolution. On parle également de calculs numériques. Les interfaces graphiques permettent la visualisation des résultats des calculs par des images de synthèse.

Ces simulations informatiques, réalisées par des logiciels comme CATIA, sont rapidement devenues incontournables pour la modélisation des systèmes naturels en physique, chimie et bien d'autres domaines. Elles permettent d'éviter le risque et le coût d'une série d'épreuves réelles (ex : essais de véhicule) et offrent un aperçu sur le développement d'un système trop complexe pour simuler avec des formules mathématiques.

La méthode des éléments finis est l'une des méthodes qui nous permet d'effectuer des simulations numériques de phénomènes physiques et complexes. Le calcul est indispensable lorsque l'on cherche à obtenir une solution optimisée pour réduire les coûts et les délais de fabrication. Grâce à ces calculs on peut tester plusieurs configurations pour optimiser le comportement.

Le processus d'analyse des modèles comprend toujours des étapes de bases. Ces étapes clés sont résumées comme suit :

- Construction du modèle géométrique ;
- Choix du matériau à appliquer ;
- Appliquer les déplacements composants ;
- Appliquer les chargements ;
- Mailler le modèle ;
- Analyser et afficher le résultat ;

De nombreux logiciels de simulation sont disponibles sur le marché tel que : CATIA, ANSYS, ABAQUS, SOLIDWORKS ...

Dans notre projet, nous avons utilisé le logiciel CATIA V5R20

V.2 - Présentation de logiciel CATIA V5R20

CATIA V5 est une plate-forme de conception assistée par ordinateur (CAO) qui accompagne l'ingénieur dans la conception de produits, production, montage, maintenance, ...). Ce logiciel pluridisciplinaire couvre une grande diversité de secteurs d'ingénierie, entre autres l'aéronautique et l'automobile, et permet la modélisation et l'optimisation du couple produit/processus. L'article présente les principaux concepts et fonctionnalités de CATIA. Les méthodologies de conception intéressent fortement les industriels puisqu'elles conduisent au développement de produits robustes et adaptables

INTERFACE CATIA V5R20

L'interface CATIA V5R20 se présente comme ci-dessous

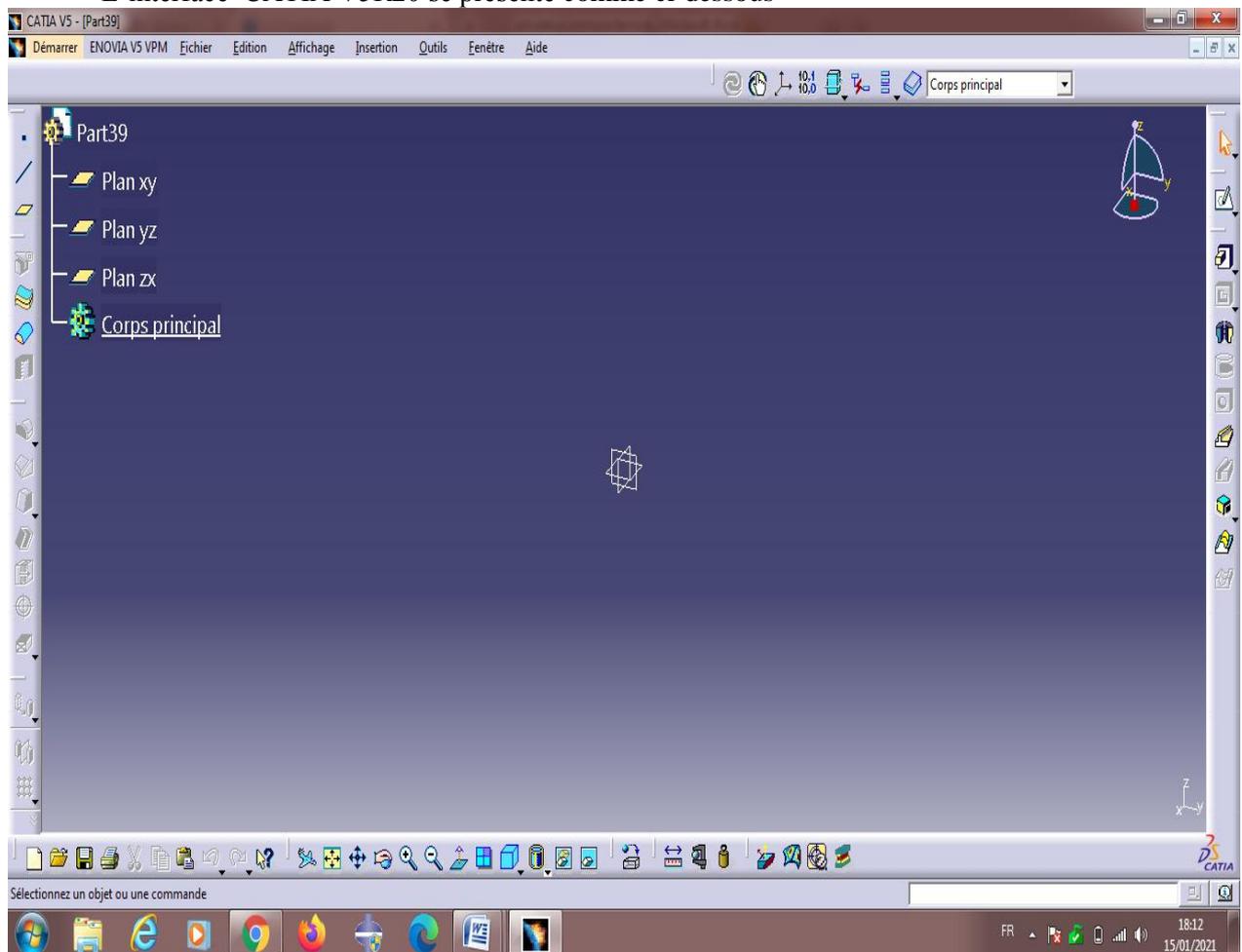


Figure V.1 : Interface du logiciel CATIA

V.2 Simulation de l'arbre de transmission

Nous allons faire une simulation sur l'arbre de transmission pour vérifier leur résistance et leur faisabilité. L'arbre de transmission travail uniquement à la torsion sur lequel nous avons appliqué un couple maximale fourni par le moteur qui est de 1500tr/mm

La longueur de l'arbre 2872mm



Figure V.2 : Déformation de l'arbre de transmission au niveau des brides

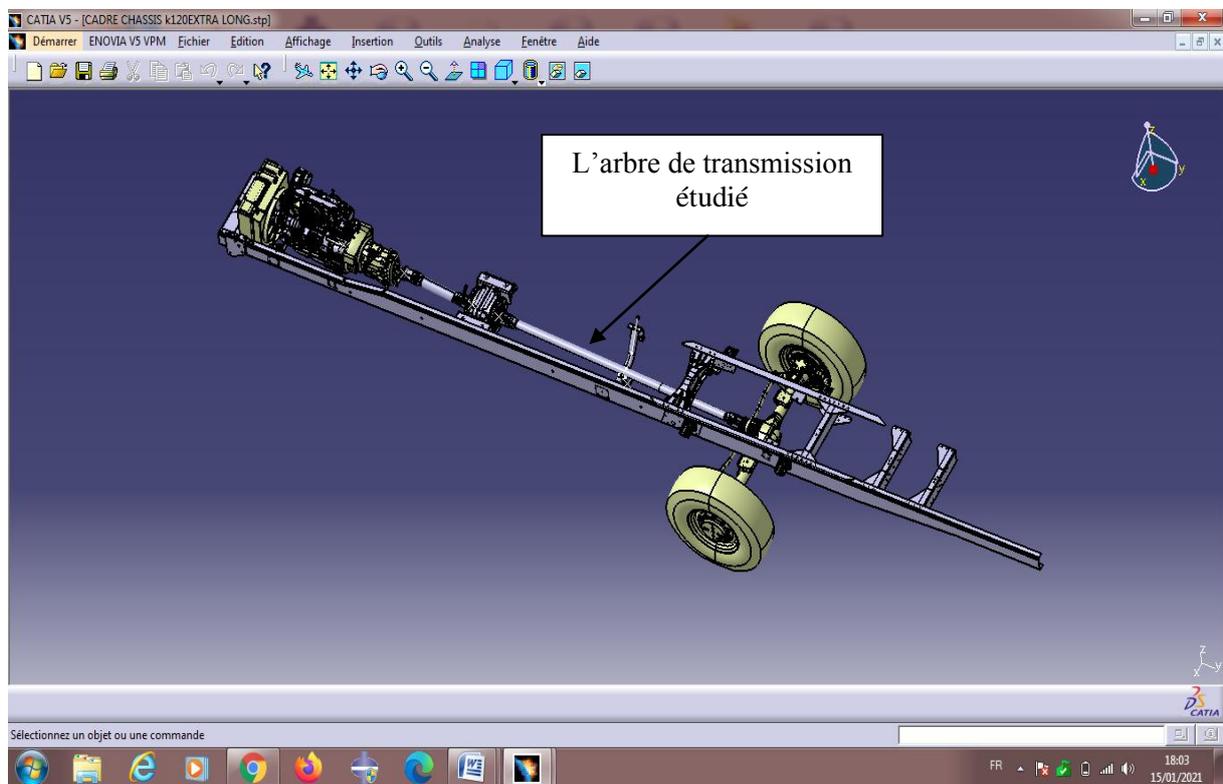


Figure V.3 : Dessin du châssis avec

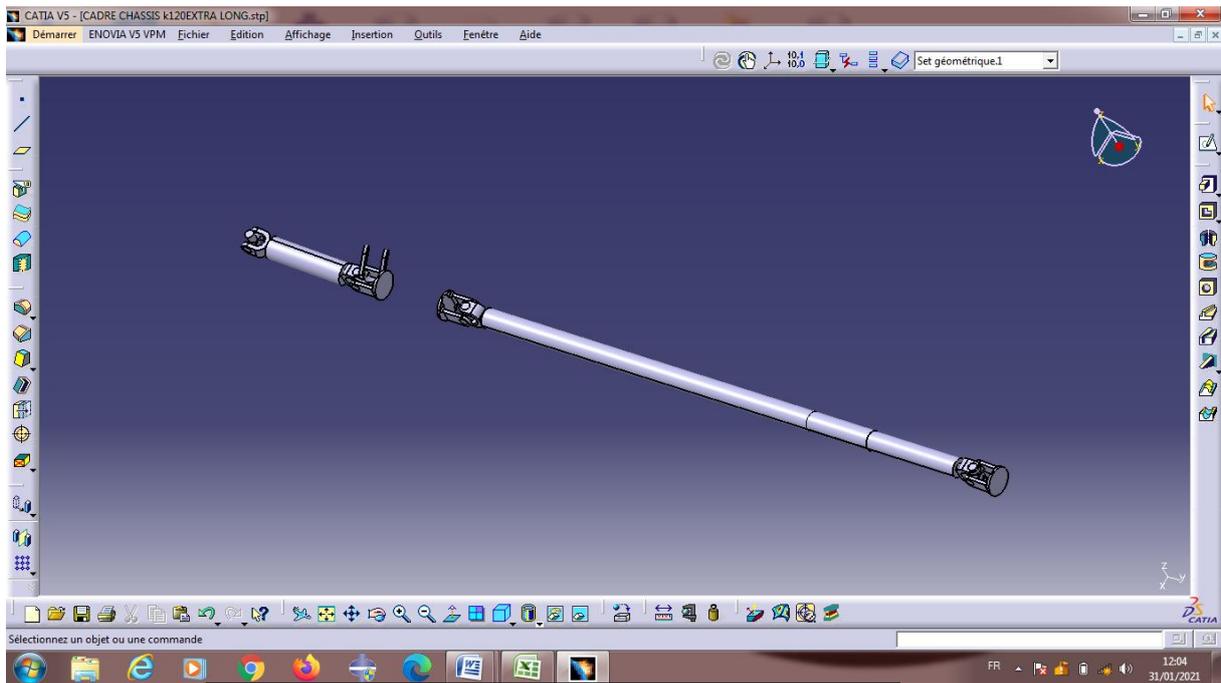


Figure V.4 : arbre de transmission

V.3 Résultats de la simulation

V.3.1 MAILLAGE

Entité	Nombre
Noeuds	18785
Eléments	15394

V.3.2 - TYPES D'ELEMENTS

Connectivité	N° Nœud	Statistique
SPIDER	428	(2,78%)
NSBAR	4	(0,03%)
TE4	6908	(44,87%)
TE10	8054	(52,32%)

V.3.3 - QUALITE DES ELEMENTS

Critère	Bon	Médiocre	Mauvais	Plus mauvais	Moyenne
Etirement	5938 (39,69%)	9024 (60,31%)	0 (0,00%)	0,053	0,297
Rapport hauteur-largeur	5067 (33,87%)	1491 (9,97%)	8404 (56,17%)	27,75	11,895

V.3.4 - Matériaux.1

Matériau	Acier
Module d'Young	2e+011N_m2
Coefficient de Poisson	0,266
Densité	7860kg_m3
Coefficient d'expansion thermique	1,17e-005_Kdeg
Limite élastique	2,5e+008N_m2

V.3.5 - Cas statique

Conditions aux limites

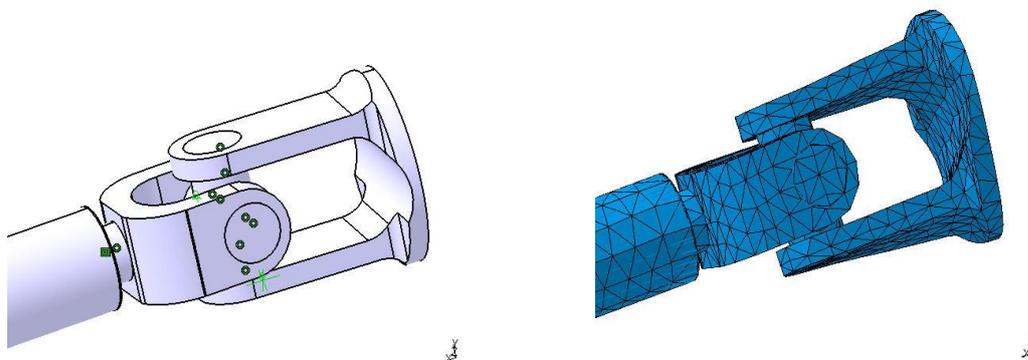


Figure V.5 : Maillage de l'arbre de transmission

Calcul de la STRUCTURE

Nombre de nœuds	18785
Nombre d'éléments	15394
Nombre de D.D.L.	56379
Nombre de relations de contact	216
Nombre de coefficients	2324
Nombre de relations cinématiques	18402
Nombre de coefficients	77108

Tétraèdre linéaire	6908
Frettage conforme solide-solide	216
Liaison conforme solide-solide	204
Etoile rigide de translation	8
Etoile rigide	4
Tétraèdre parabolique	8054

Calcul des FIXATIONS

Nom: Fixations.1

Nombre de fixations ponctuelles : 303

Calcul des CHARGEMENTS

Nom: Chargements.1

Résultante des forces appliquées :

Fx	=	-3,101 e-001	N
Fy	=	6,787 e-001	N
Fz	=	5,365 e+000	N
Mx	=	4,956 e+002	Nxm
My	=	2,452 e-001	Nxm
Mz	=	2,622 e-001	Nxm

Calcul de la MASSE STRUCTURALE

Nom: StructuralMassSet.1

Nombre de lignes	:	56379
Nombre de coefficients	:	1825008
Nombre de blocs	:	4
Nombre maximum de coefficients par blocs	:	499990
Taille de la matrice	:	21 . 10 Mb

Masse structurelle : 1.617e+001 kg

Coordonnées du centre d'inertie

Xg : 1 . 111e+003 mm

Yg : 5 . 836e+002 mm

Zg : 7 . 092e+002 mm

Tenseur d'inertie à l'origine : kg.m²

1.366e+001 -1.051e+001 -1.273e+001

-1.051e+001 4.531e+001 -6.691e+000

-1.273e+001 -6.691e+000 4.269e+001

Calcul de la matrice de RIGIDITE

Nombre de lignes : 56379

Nombre de coefficients : 1825008

Nombre de blocs : 4

Nombre maximum de coefficients par blocs : 499990

Taille de la matrice : 21 . 10 Mb

Calcul des SINGULARITES

Fixation : Fixations.1

Nombre de singularités locales : 0

Nombre de singularités en translation : 0

Nombre de singularités en rotation : 0

Type de contraintes générées : MPC

Calcul des CONTRAINTES

Fixation : Fixations.1

Nombre de contraintes		: 18705
Nombre de coefficients		: 0
Méthode	: SPARSE	
Nombre de degrés factorisés	: 38052	
Nombre de super-nœuds	: 5938	
Nombre de termes du canevas compresse	: 388844	
Nombre de coefficients	: 5342295	
Largeur de front maximale	: 836	
Taille de front maximale	: 349866	: 18327
Taille de la factorisée (Mo)	: 40	. 7585
Nombre de blocs	: 3	
Nombre de Mflops pour la factorisation	: 1	. 223e+003
Nombre de Mflops pour la résolution	: 2	. 156e+001
Pivot relatif minimum	: 1	. 736e-005
Nombre de contraintes factorisées		
Nombre de coefficients		: 249445
Nombre de contraintes vérifiées a posteriori		: 0

Calcul de la FACTORISEE

Pivot minimum et maximum

Valeur	DDL	Nœud	x (mm)	y (mm)	z (mm)
1.4434e+005	Tx	18785	6.1039e+002	5.8361e+002	7.1109e+002
1.5471e+011	Ty	1304	5.1245e+000	5.5664e+002	6.6096e+002
1.1667e+005	Rx	18785	6.1039e+002	5.8361e+002	7.1109e+002
1.1667e+005	Rx	18785	6.1039e+002	5.8361e+002	7.1109e+002

Pivot minimum

Valeur	DDL	Noeud	x (mm)	y (mm)	z (mm)
5.2979e+006	Tz	18420	1.2424e+003	5.7502e+002	6.7854e+002
1.1877e+008	Tx	18718	9.9737e+002	5.5158e+002	7.1959e+002
2.4381e+008	Tz	18783	4.8990e+002	5.5114e+002	7.1969e+002
2.5923e+008	Ty	18714	9.8859e+002	5.6014e+002	7.3490e+002
3.5858e+008	Ty	18691	9.9698e+002	5.9322e+002	7.4365e+002
4.0333e+008	Tz	423	- 2.3354e+001	5.4673e+002	6.9005e+002
4.1002e+008	Tz	18053	6.4691e+002	5.7508e+002	6.7893e+002
4.1074e+008	Ty	17541	1.5109e+003	5.6017e+002	6.8686e+002
4.7253e+008	Ty	423	- 2.3354e+001	5.4673e+002	6.9005e+002

Valeur	DDL	Nœud	x (mm)	y (mm)	z (mm)
5.2979e+006	Tz	18420	1.2424e+003	5.7502e+002	6.7854e+002
1.1877e+008	Tx	18718	9.9737e+002	5.5158e+002	7.1959e+002
2.4381e+008	Tz	18783	4.8990e+002	5.5114e+002	7.1969e+002
2.5923e+008	Ty	18714	9.8859e+002	5.6014e+002	7.3490e+002
3.5858e+008	Ty	18691	9.9698e+002	5.9322e+002	7.4365e+002
4.0333e+008	Tz	423	- 2.3354e+001	5.4673e+002	6.9005e+002
4.1002e+008	Tz	18053	6.4691e+002	5.7508e+002	6.7893e+002
4.1074e+008	Ty	17541	1.5109e+003	5.6017e+002	6.8686e+002
4.7253e+008	Ty	423	- 2.3354e+001	5.4673e+002	6.9005e+002

Valeur	DDL	Noeud	x (mm)	y (mm)	z (mm)
5.2979e+006	Tz	18420	1.2424e+003	5.7502e+002	6.7854e+002
1.1877e+008	Tx	18718	9.9737e+002	5.5158e+002	7.1959e+002
2.4381e+008	Tz	18783	4.8990e+002	5.5114e+002	7.1969e+002
2.5923e+008	Ty	18714	9.8859e+002	5.6014e+002	7.3490e+002
3.5858e+008	Ty	18691	9.9698e+002	5.9322e+002	7.4365e+002
4.0333e+008	Tz	423	-2.3354e+001	5.4673e+002	6.9005e+002
4.1002e+008	Tz	18053	6.4691e+002	5.7508e+002	6.7893e+002
4.1074e+008	Ty	17541	1.5109e+003	5.6017e+002	6.8686e+002
4.7253e+008	Ty	423	-2.3354e+001	5.4673e+002	6.9005e+002

Distribution du pivot de translation

Valeur	Pourcentage
10.E5 --> 10.E6	2.6281e-003
10.E6 --> 10.E7	2.6281e-003
10.E7 --> 10.E8	0.0000e+000
10.E8 --> 10.E9	2.5492e-001
10.E9 --> 10.E10	2.5516e+001
10.E10 --> 10.E11	7.3233e+001
10.E11 --> 10.E12	9.9078e-001

Distribution du pivot de rotation

Valeur	Pourcentage
10.E5 --> 10.E6	1.0000e+002

Résolution par la méthode DIRECTE

Données : Nom: Solution statique.1- Fixation : Fixations.1 - La masse structurelle est prise en compte -
Chargement : Chargements.1 - Energie de déformation : 4.552e-001 J

Analyse du frettage - Frettage conforme solide-solide

Elément de Contact	Force de Contact N	Jeu Initial mm	Jeu final mm
3684	Pas de contact	0.0000e+000	7.2686e-004
3685	1.7027e+003	0.0000e+000	0.0000e+000
3686	Pas de contact	0.0000e+000	1.0869e-003
...			
...			
7188	4.7783e+002	0.0000e+000	0.0000e+000
...			
7192	Pas de contact	0.0000e+000	2.5979e-004
7193	Pas de contact	0.0000e+000	9.2427e-004

Le tableau avec les valeurs de la partie annexe

Equilibre :

Composantes	Forces Appliquées	Réactions	Résidus	Erreur
Fx (N)	-3.1005e-001	3.1005e-001	2.8691e-008	7.6320e-012
Fy (N)	6.7871e-001	-6.7870e-001	1.0499e-006	2.7929e-010
Fz (N)	5.3649e+000	-5.3649e+000	-7.3162e-007	1.9462e-010
Mx (Nxm)	4.9563e+002	-4.9563e+002	-1.2240e-006	1.3978e-010
My (Nxm)	2.4516e-001	-2.4516e-001	-1.9862e-007	2.2680e-011
Mz (Nxm)	2.6217e-001	-2.6217e-001	-5.1142e-007	5.8399e-011

Solution statique.1 - Maillage déformé.2

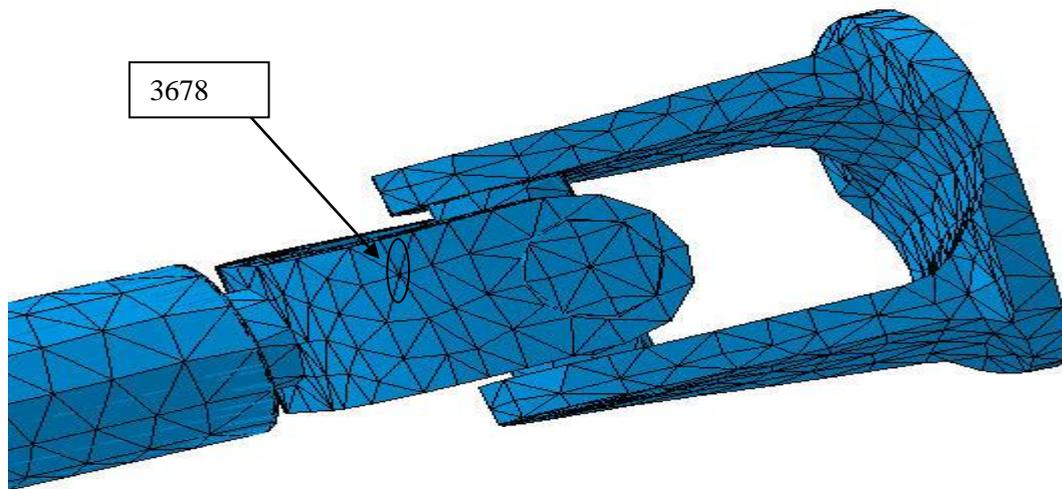


Figure V.6 : Affichage sur la surface déformée- Uniquement sur la peau

Solution statique.1 - Critère de Von Mises (aux noeuds).2

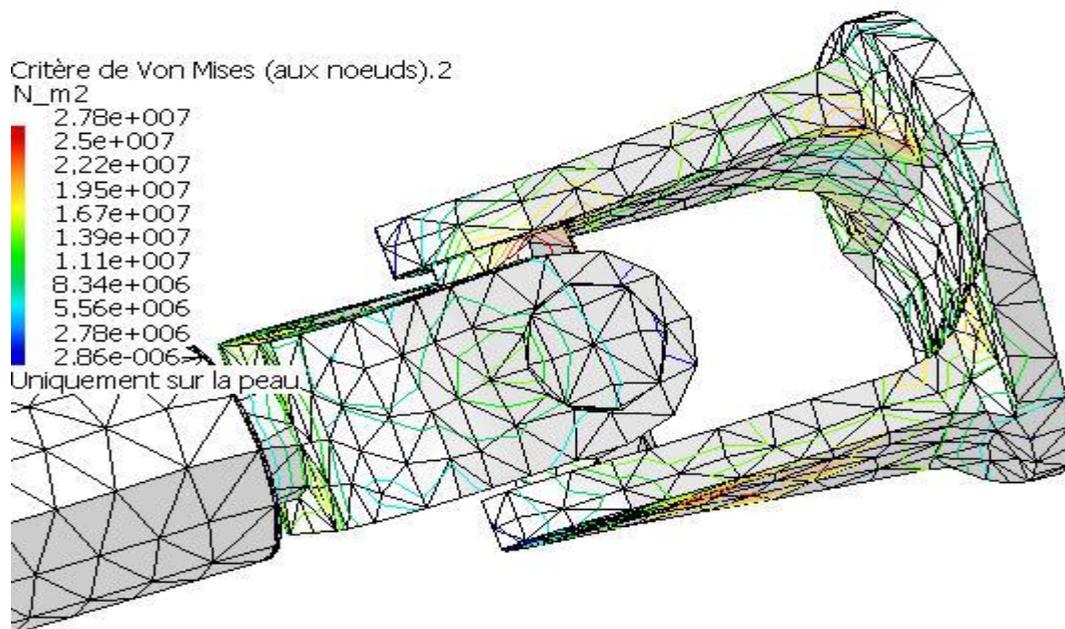


Figure V.7 : les Déformations

Eléments 1D : Composants : : Toutes

Eléments 3D : Composants : : Toutes

Affichage sur la surface déformée ---- Uniquement sur la peau ---- Sur tout le modèle

Capteurs Globaux

Nom du Capteur	Valeur du Capteur
Energie	0,455J

V.4 - Conclusion

Le problème posé dans notre projet a été l'arbre de transmission qui casse par torsion.

D'après la simulation (des tableaux), on a obtenu le résultat que l'arbre de transmission ne peut jamais cassé sauf dans les cas suivants :

Défaut interne de matériaux

Une manipulation incorrecte pendant les essais

Conclusion générale

Le but principal de ce présent projet consiste à étudier l'arbre de transmission à joint de cadran pour l'autobus « ATAKOR2 ». L'étude technologique a porté sur les différents composants principaux de l'arbre.

Dans cet étude, nous avons présenté l'importance de l'arbre à joint de cardan pour la transmission de puissance sous forme d'un couple et d'un mouvement sur des véhicules. Le rôle des joints de cardan est de transmettre des couples à des arbres concourants et résoudre les problèmes rencontrés dans le domaine de l'industrie.

Il fallait, évidemment, faire une simulation numérique pour vérifier la résistance de l'arbre de transmission, étape nécessaire pour avaliser le projet. Donc, des calculs éléments finis en utilisant le logiciel de conception et d'analyse de structure CATIA a été effectué sur l'arbre de transmission. Les résultats que nous avons obtenus ont permis de déterminer les contraintes de Von mises afin d'évaluer la résistance de mécanique conçu.

D'après notre simulation, nous avons vérifié le tube qui répondait aux conditions de résistance, la déformation estimée et située au niveau des brides vérifie aussi la résistance.

Le constat du problème posé relève plus une mauvaise manipulation pendant les tests ou des réglages non respectées durant l'assemblage.

Ce travail nous a permis de nous familiariser avec le logiciel CATIA et de connaître les difficultés rencontrées lors de la modélisation.

Nous signalerons que nous n'avons pas pu, par manque de temps, pousser plus loin certain simulations et études. Après la mise en marche de l'arbre, ce dernier va subir des vibrations qui vont augmenter les charges et, dans ce cas, on devra faire une nouvelle analyse de type dynamique en prenant en considération ces vibrations, l'accélération de l'autobus ..., un essai de fatigue doit être aussi mené.