



Université Mohamed Khider de Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie Mécanique

# MÉMOIRE DE MASTER

**Domaine : Sciences et Techniques**

**Filière : Génie Mécanique**

**Spécialité : Construction**

Réf. :/

---

Présenté et soutenu par :

- MERABET ZINE DDINE
- MERINI ANOIRE SIFE EDDINE

Le: jeudi 13 juin 2024

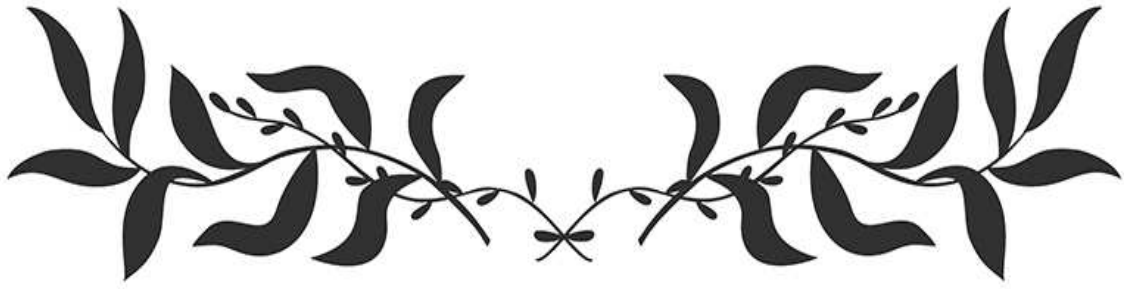
## **Calibration par la reprogrammation d'une boîte vitesses automatique DSG/DL501**

---

**Jury :**

Mr	M.Benmachiche	Grade	Université de Biskra	Président
Mr	A. Benarfaoui	Grade	Université de Biskra	Encadreur
Mr	T. Masri	Grade	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2023 - 2024

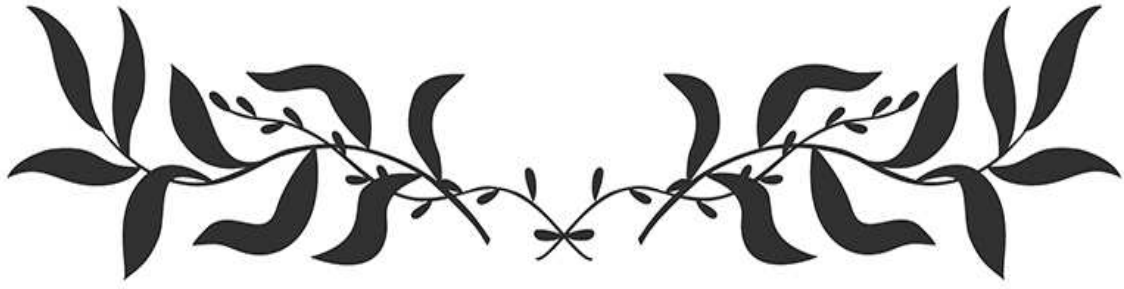


## *Dédicaces*

Je dédie cet humble travail à ma chère mère que Dieu ait pitié d'elle, À mon collègue dans ce projet M. MERINI ANOIRE à toute la famille merabet et Merini, ainsi qu'à nos parents, M. Tarek et M. Abdel Karim. Et à tous mes amis qui m'ont aidé à rédiger cette thèse.

**MERABET ZINE DDINE**





## *Dédicaces*

**Je suis reconnaissant envers Dieu qui m'a permis de terminer mon parcours scolaire et d'obtenir mon diplôme de master en génie mécanique, avec une spécialisation en construction mécanique. C'est avec une grande gratitude et des mots sincères, que je dédie ce modeste travail de fin d'étude : A mon père « MERINI ABD ELKARIM » et la personne la plus belle et la plus gentille de l'univers, ma chère mère. À mon collègue dans ce projet MERABET ZINE DDINE . Et à tous les membres de ma famille surtout ma chère grand-mère .Et mes amis**

**MERINI ANOUARE SIF EDDINE**





## *Remerciements*

Nous exprimons notre profonde gratitude envers le Tout-Puissant pour nous avoir accordé la foi, la force et le courage nécessaires pour mener à bien ce travail dans des conditions optimales.

Nous tenons à témoigner notre reconnaissance à notre promotrice, Monsieur BENARFAOUI ARFAOUI pour son dévouement indéfectible, son enthousiasme et son précieux encadrement tout au long de ce projet.

Nous souhaitons également adresser nos remerciements à l'ensemble des enseignants du département de génie mécanique pour leur disponibilité, leurs suggestions et leurs encouragements. Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tout le personnel et à tous les étudiants du département de génie mécanique de l'Université Mohamed Khider Biskra



## Table de matières

Dédicace .....	II
Remerciements .....	IV
Table des matières .....	V
Liste des figures .....	X
Liste des tableaux .....	XII
Nomenclature.....	XIII
Résumé .....	XIV
Introduction générale.....	1

### Chapitre I : Généralité sur la BVA DSG

I.1. Introduction .....	4
I.2. Différents types de boîte de vitesses automatiques.....	5
I.2.1. Transmission à double embrayage .....	5
I.2.2. Le convertisseur de couple.....	5
I.2.3. La transmission à variation continue.....	6
I.2.4. La transmission séquentielle robotisée.....	7
I.3. Modèles de boîtes DSG.....	7
I.3.1. DQ250 : Boîte DSG 6 rapports pour moteurs transversaux.....	7
I.3.2. DQ200 / DSG7 : Boîte DSG 7 rapports à carter sec pour petits moteurs transversaux...8	
I.3.3. DL501 : Boîte DSG 7 rapports pour gros moteurs longitudinaux Audi.....	9
I.3.4. DQ500 : Boîte DSG 7 rapports pour gros moteurs transversaux.....	10
I.3.5. DQ380 : Boîte DSG 7 rapports pour moteurs transversaux.....	11
I.3.6. DQ511 : Boîte DSG 10 rapports pour moteurs transversaux.....	12
13I.4. Principe Fundamentals BVA DSG.....	13
I.5. Entrée du couple.....	13
I.5.2. Double Embrayages.....	14
I.5.2.1. Les types de double embrayage.....	14

I.5.2.1.1. Embrayage humide.....	14
I.5.2.1.2. Embrayage à sec.....	15
I.5.2.1.3. Double embrayage – caractéristiques de conception.....	16

**CHAPITRE II : La Fonctionnement et technologie de BVA DSG /DL501**

II.1. Introduction.....	19
II.2. Boîte à double embrayage à 7 rapports 0B5/S tronic.....	19
II.3. Caractéristiques techniques de la boîte 0B5.....	20
II.4. Avantages des 7 rapports.....	21
II.5. Mécanique de boîte conception fonctionnement.....	21
II.6 Différentiel central autobloquant à répartition asymétrique/dynamique du couple.....	23
II.7. Séquence de passage des rapports.....	23
II.7.1. Démarrage.....	23
II.7.2. Passage des rapports.....	23
II.8. Flux de puissance engrenages.....	24
II.8.1. Diagrammes schématiques du flux de puissance de tous les engrenages.....	24
II.9. Synchronisation .....	28
II.11. Circuit d’huile de la Boîte de vitesses.....	29
II.11.1 Circuit d’huile – ATF.....	29
II.11.2. Circuit d’huile – huile de boîte MTF.....	29
II.11.3. Alimentation ATF – lubrification.....	30
II.11.3.1. Une pompe aspirante.....	30
II.11.3.2. Refroidissement de l’ATF.....	31
II.11.3.2.1. Lubrification de la boîte.....	32
II.11.3.2.2. Commande de boîte.....	32
II.12. Mécatronique J743.....	32
II.12.1. Commande électrohydraulique.....	34

II.12.2. Les Sélecteurs de fourchette.....	35
II.12.3. Connecteurs et modules de capteurs de la mécanique.....	36
II.13. Informations supplémentaires sur le calculateur de boîte.....	37
II.13.1. L’effacement de la mémoire de défauts.....	37
II.13.2. Le remorquage.....	38
<b>Chapitre. III : Dimensionnement l’arbre transmission principale et Modélisation géométrique</b>	
III.1. Introduction.....	39
III.2. DIMENSIONNEMENT LES ARBERS.....	39
III.2.1. Matériaux de l’étude.....	40
III.2.2. Démontage de la boîte vitesses automatique DSG/0B5.....	40
III.3. DIMENSIONNEMENT L’ARBRE DE TRANSMISSION 1.....	43
III.3.1. CONDITION DE RESISTANCE.....	44
III.3.1.1. Calcul La contrainte admissible.....	45
III.3.1.2 La relation de dimensionnement.....	45
III.3.1.3. Déformation angulaire.....	47
III.3.1.4. Relation moment de torsion ( $M_t$ ) et angle unitaire ( $\vartheta$ ).....	47
III.3.1.5. Relation contrainte tangentielle ( $\tau$ ) et angle unitaire ( $\vartheta$ ).....	48
III.3.1.6. Relation contrainte tangentielle ( $\tau$ ) et moment de torsion ( $M_t$ ).....	48
III.4. L’emplacement plus exposé de contrainte (la zone critique).....	48
III.5. Modélisation géométrique.....	53
III.5.1. Modélisation géométrique de l’arbre transmission 1.....	54
III.5.2. Vérification via Ansys.....	54
III.5.2.1. Les étapes d’étude sur Ansys.....	54
III.5.2.2. Comparaison entre les résultats de la théorie et les résultats de Ansys.....	58
III.6. Conclusion.....	59

**Chapitre IV : Calibration par la reprogrammation de BVA, DSG/DL50**

IV.1. Introduction.....	60
IV. 2.La reprogrammation.....	61
IV. 2.1 Description du véhicule.....	61
IV. 2.2. Intervention sur le calculateur de transmission.....	61
IV. 2.3. Connectique et outils.....	62
IV. 2.4. Le programme ECM Titanium.....	63
IV. 2.4. 1.Caractéristiques du programme ECM Titanium.....	64
IV. 2.5. La taille du fichier original.....	65
IV. 2.6 Procédure de réglage.....	65
IV.3. Conclusion.....	73
Conclusion générale .....	75
Référence bibliographique .....	XV



## Liste des figures :

Figure I.1 : Transmission à double embrayage.....	5
Figure I.2 : Le convertisseur de couple .....	6
Figure I.3 : La transmission à variation continue.....	6
Figure I.4 : La transmission séquentielle robotisée.....	7
Figure I.5 : Boîte DSG 6 rapports pour moteurs transversaux (DQ250) .....	8
Figure I.6 : Boîte DSG 7 rapports à carter sec pour petits moteurs transversaux (DQ200).....	9
Figure I.7 : Boîte DSG 7 rapports pour gros moteurs longitudinaux Audi (DL501).....	10
Figure I.8 : Boîte DSG 7 rapports pour gros moteurs transversaux (DQ500).....	11
Figure I.9 : Boîte DSG 7 rapports pour moteurs transversaux (DQ380).....	12
Figure I.10 : Boîte DSG 10 rapports pour moteurs transversaux (DQ511).....	12
Figure I.11 : Représentation du principe .....	13
Figure I.12 : Les éléments chargés de l'entrée du couple.....	14
Figure I.13 : Conception Embrayage humide.....	15
Figure I.14 : Conception Embrayage à sec.....	16
Figure I.15 : Volant-moteur et double embrayage.....	17
Figure I.16 : Volant-moteur et double embrayage ; vue d'ensemble du montage .....	18
Figure II.1 : Boîte à double embrayage à 7 rapports 0B5/S tronic .....	20
Figure II.2 : Coupe de la boîte - synoptique des composants.....	21
Figure II.3 : Mécanique de boîte, conception .....	22
Figure II.4 : Conception du synchroniseur.....	28
Figure II.5 : circuit d'huile de boîte DL501.....	29
Figure II.6 : Alimentation ATF – lubrification .....	30
Figure II.7 : Représentation du système de refroidissement ATF.....	31
Figure II.8: Mécatronique J743.....	32
Figure II.9 : Positionneur hydraulique de l'arbre de commande des vitesses.....	33
Figure II.10 : l'unité de commande électrohydraulique avec tous les composants pilotés .....	34
Figure II.11 : Les sélecteurs de fourchette.....	36
Figure II.12 : Connecteurs électriques de la mécatronique.....	37

Figure III.1 : Représente déformation de torsion.....	40
Figure III.2 : Les images de BVA DSG/0B5 avant démontage.....	41
Figure III.3 : Les images de BVA DSG/0B5 après démontage.....	42
Figure III.4 : Représente les points qui sera étudié.....	43
Figure III.5 : Représenté s expressions de moments quadratiques polaires dans le cas de torsion En fonction de la section .....	44
Figure III.6 : Déformation angulaire de torsion.....	47
Figure III.7 : Répartition des contraintes sur l'axe vertical dans le cas d'un arbre plein (gauche) et D'un tube (droite).....	48
Figure III.8 : Arbre transmission 1 de BVA DSG/0B5.....	54
Figure III.9 : Géométrie de l'arbre transmission 1 sur Ansys.....	55
Figure III.10 : Les données de matérielle AISI 1040.....	56
Figure III.11 : Le maillage.....	56
Figure III.12 : Distribution des contrainte de torsion (arbre transmission1).....	57
Figure III.13 : Distribution du coefficient de sécurité.....	57
Figure VI .1 : le compartiment moteur.....	61
Figures VI. 2 : le connecteur électrique de la transmission automatique qui relie le TCU.....	62
Figures VI.3: la prise OBD2.....	63
Figures VI.4 : Câble 14430 k265.....	63
Figure VI.5: ECM Titanium.....	64
Figures VI.6 : La taille du fichier original.....	65
Figures VI.7 : Emplacement du fichier dans ECM Titanium.....	66
Figures VI.8 : Le lieu où la modification est effectuée (avant).....	66
Figures VI.9 : Le lieu où la modification est effectuée (après).....	67
Figures VI.10: Confirmez la modification.....	67
Figure VI.11: Enregistrer et fermer.....	68

**Liste des tableaux :**

Tableau II-1 Caractéristiques techniques de la boîte 05B.....	20
Tableau II- Tableau II.2 :1matière des synchroniseurs des rapports.....	28
Tableau III-1 Comparaison entre les résultats de la théorie et les résultats de l'Ansys.....	58

## Nomenclature

Mt : moment de torsion [N.mm].

CM : couple moteur en [N.mm].

d' : le diamètre acceptable [mm].

$\tau$  adm: Contrainte de torsion admissible [N/mm<sup>2</sup>].

s: Coefficient de sécurité

Rpg : La résistance pratique au glissement du matériau [N/mm<sup>2</sup>].

Rp : Résistance pratique [N/mm<sup>2</sup>].

Re : Limite élastique (l'extension) [N/mm<sup>2</sup>].

d : Diamètre [mm].

IG : Moment quadratique polaire pour l'arbre cylindrique plein [mm<sup>4</sup>].

$\tau$  max: La contrainte tangentielle maximale de torsion [N/mm<sup>2</sup>].

$\alpha$ : Angle de torsion [rad].

$\vartheta$ : Angle unitaire de torsion [rad/mm].

L : longueur de l'éprouvette [mm].

E : module de Young ou Module d'élasticité [N/mm<sup>2</sup>].

$\nu$ : coefficient de Poisson.

G : module d'élasticité transversal ou Module de cisaillement [N/mm<sup>2</sup>].

R : rayon [mm].

X : distance [mm].

d<sub>1</sub> : Diamètre de pignon 1 [mm].

d<sub>3</sub> : Diamètre de pignon 3 [mm].

d<sub>5</sub> : Diamètre de pignon 5 [mm].

d<sub>7</sub> : Diamètre de pignon 7 [mm].

L' : Longueur début de l'arbre. [mm].

## Abréviations

BVA : Boîte de vitesses automatique.

DCT: dual clutch transmissions.

DSG: Direct shift gearbox.

CVT: Continuously variable transmission

الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تحسين أداء السيارة عن طريق إزالة القيود التي تفرضها برمجة علبة التروس الأوتوماتيكية، مع التركيز بشكل خاص على طراز فولكس فاجن DSG/DL501 ثنائي القابض. قمنا أولاً بتحليل تشغيل علبة التروس هذه بعمق ثم قمنا بتقييم تأثير أقصى عزم دوران للمحرك على عمود النقل الرئيسي لعلبة التروس (تحليل البعد). وأخيراً، قمنا بإعادة برمجة ميكاترونك علبة التروس بشكل احترافي لتحسين أداء المحرك مع ضمان كفاءة علبة التروس.

## كلمات بحث

علبة تروس مزدوجة القابض، موديل DSG 0B5، DL501، تشغيل DSG 0B5، تحديد أبعاد عمود الالتواء، إعادة برمجة ميكاترونك.

## Résumé

L'objectif principal de cette étude est d'améliorer les performances du véhicule en supprimant les limitations imposées par la programmation de la boîte de vitesses automatique, avec un accent particulier sur le modèle Volkswagen DSG/DL501 à double embrayage. Nous avons d'abord analysé en profondeur le fonctionnement de cette boîte de vitesses, puis évalué l'effet du couple moteur maximal sur l'arbre de transmission principal de la boîte de vitesses (dimensionnement). Enfin, nous avons professionnellement reprogrammé la mécatronique de la boîte de vitesses pour optimiser les performances du moteur tout en garantissant l'efficacité de la boîte de vitesses.

## Mots clés

Boîte de vitesses double embrayage, modèle DSG 0B5, DL501, fonctionnement DSG 0B5, dimensionnement d'un arbre a' la torsion, reprogrammation mécatronique.

## Summary

The main object of this city is the driver of the vehicle's performance and superior limitations due to the programming of the automatic transmission box, with a specific ac-cent on the model Volkswagen DSG/DL501 in double embrayage. We are trying to analyze when proposing the function of this vitesses box, we can evaluate the maximum efficiency of the couple motor on the transmission main area of the vitesses box (dimension). Finally, we have a professional program to reprogram the mécatronique of the engine mount to optimize the performance of the motor to ensure the effectiveness of the engine holder.

## Keywords

Dual-clutch gearbox, model DSG 0B5, DL501, operation DSG 0B5, dimensioning of a torsional shaft, mechatronic reprogramming.

# INTRODUCTION GENERALE

Dans le domaine de la locomotion, les véhicules se heurtent à diverses contraintes. Pour les propulser sur des routes aux profils variés, l'emploi d'une transmission permettant de moduler le couple et la vitesse revêt une importance capitale. Trois principales catégories de transmissions équipent les véhicules : la transmission manuelle, semi-automatique et automatique.

La transmission manuelle implique l'usage d'un embrayage et d'une boîte de vitesses manuelle, nécessitant une manipulation habile de la part du conducteur. Le passage des vitesses requiert le débrayage, suivi d'un nouvel embrayage pour transmettre l'énergie à la boîte de vitesses, ce qui peut rendre la conduite ardue, notamment en milieu urbain ou sur des trajets montagneux. Ainsi, les boîtes de vitesses manuelles présentent au moins trois inconvénients :

- Elles laissent au conducteur la liberté de changer de rapport de transmission indépendamment du régime moteur, entraînant une surconsommation de carburant lorsque le moteur n'est pas utilisé de manière optimale.
- Elles obligent le conducteur à intervenir physiquement en permanence, avec une manipulation fréquente du levier de vitesse et de la pédale d'embrayage, surtout en milieu urbain, ce qui peut représenter un danger.
- La transition entre deux rapports entraîne une décélération nuisible du véhicule, pouvant durer plusieurs secondes, pendant laquelle le couple est interrompu suite au désaccouplement temporaire entre le moteur et les roues motrices.

Les transmissions semi-automatiques exigent une intervention partielle du conducteur. L'automatisation intervient au démarrage et lors des manœuvres suivant le déplacement du levier de vitesse. Cependant, le choix du rapport et du moment des manœuvres reste à l'initiative du conducteur, ce qui élimine uniquement la nécessité de manipuler l'embrayage.

Les boîtes de vitesses manuelles et semi-automatiques offrent au conducteur divers degrés de facilité dans la sélection des rapports de vitesse, mais lui confient toujours la responsabilité des changements en fonction des conditions routières et du régime moteur. Cela requiert une connaissance approfondie du véhicule et du trajet afin de faire constamment le choix le plus judicieux pour adapter le couple moteur au couple résistant, tâche principale d'une boîte de vitesses.

Indépendamment de leur technologie, les transmissions automatiques pallient les inconvénients des transmissions précédentes en automatisant le changement de rapport. Celui-ci s'effectue à

un régime moteur optimal (généralement au moment où le couple est maximal). Leur rôle principal est d'ajuster en permanence le couple moteur au couple résistant, permettant ainsi l'utilisation de différentes vitesses selon les besoins du conducteur. Les transmissions automatiques apportent d'importantes améliorations technologiques ainsi qu'en termes de confort et de souplesse de conduite, en soulageant le conducteur d'une gestuelle répétitive fatigante. Elles permettent une utilisation optimale du moteur et de l'énergie produite en adaptant automatiquement et instantanément le couple moteur au couple résistant, réduisant ainsi la consommation de carburant jusqu'à 10%.

Les boîtes de vitesses à double embrayage (DCT) révolutionnent l'industrie automobile en offrant une expérience de conduite inégalée. Elles se distinguent par leur capacité à effectuer des changements de vitesse fluides et rapides, anticipant les besoins du conducteur grâce à une gestion intelligente des rapports impairs et pairs. Leurs avantages sont nombreux : agrément de conduite accru, confort amélioré, efficacité énergétique optimisée, polyvalence et coûts réduits. En conséquence, les DCT sont de plus en plus prisées tant par les constructeurs que par les conducteurs. [1]

Dans le contexte spécifique de la boîte DSG 7 rapports pour gros moteurs longitudinaux Audi (DL501), son utilisation dans les berlines et SUV de la marque depuis 2009 en fait un choix robuste pour les véhicules haut de gamme. Cependant, son couple maximal est limité par le programme d'origine, pouvant être amélioré jusqu'à 850 Nm avec une reprogrammation de la mécanique.

Dans le cadre de cette analyse, nous examinerons les généralités concernant la boîte de vitesses automatique à double embrayage (DSG) avant d'approfondir notre compréhension avec l'étude spécifique du modèle DL501. Ces deux chapitres (premier et deuxième chapitres), présentés initialement, sont conçus pour fournir une vue d'ensemble approfondie et professionnelle de la technologie DSG, tout en se concentrant sur les mécanismes opérationnels et les caractéristiques distinctives du modèle DL501.

Le troisième chapitre se concentre sur le dimensionnement de l'arbre de transmission 1, responsable des rapports impairs, en vérifiant le diamètre acceptable dans des conditions de contrainte admissible et en étudiant l'effet du couple moteur maximal sur cet arbre pour localiser les zones les plus exposées à la contrainte. Ensuite, une conception et une simulation à l'aide d'un logiciel approprié seront entreprises pour obtenir des résultats concrets.

Enfin, nous donnerons un aperçu général de la reprogrammation de la mécatronique à l'aide d'un programme spécial et tenterons de l'appliquer à la réalité pour débloquer la limite de couple de boîte vitesse DSG/0B5.



# CHAPITRE I

## Généralité sur la BVA DSG

### I.1. Introduction :

Les boîtes de vitesses à double embrayage (DCT) révolutionnent le monde de l'automobile en offrant une expérience de conduite inédite. Contrairement aux boîtes manuelles, où le conducteur gère lui-même les passages de vitesse, les DCT s'en chargent automatiquement, avec une précision et une rapidité hors du commun. Imaginez deux boîtes de vitesses imbriquées en une seule : l'une gère les rapports impairs, l'autre les pairs. Tandis que vous roulez, la DCT présélectionne le prochain rapport, anticipant vos besoins avec une intelligence redoutable. Résultat : des changements de vitesse fluides, sans à-coups et d'une rapidité fulgurante. Quels sont leurs avantages ?

Agrément de conduite : Accélération linéaire, sans perte de puissance, pour une conduite dynamique et grisante.

Confort : Adieu les passages de vitesse saccadés, place à la douceur et à la fluidité, même en ville.

Efficacité : La précision des changements de vitesse optimise la consommation de carburant.

Polyvalence : Adaptées à tous les styles de conduite, des plus sportifs aux plus éco-responsables.

Coûts en baisse : Les progrès technologiques ont permis de rendre les DCT plus abordables.

Efficacité énergétique : Face aux préoccupations environnementales, leur faible consommation de carburant est un atout majeur.

Confort accru : La conduite automatique séduit de plus en plus d'automobilistes à la recherche de confort et de simplicité et l'avenir.

Les boîtes de vitesses à double embrayage s'imposent comme l'avenir de la transmission automatique. Leur performance, leur efficacité et leur agrément de conduite en font un choix de plus en plus plébiscité par les constructeurs et les automobilistes. [2]

## **I.2. Différents types de boîte de vitesses automatiques :**

Il existe plusieurs types :

### **I.2.1. Transmission à double embrayage :**

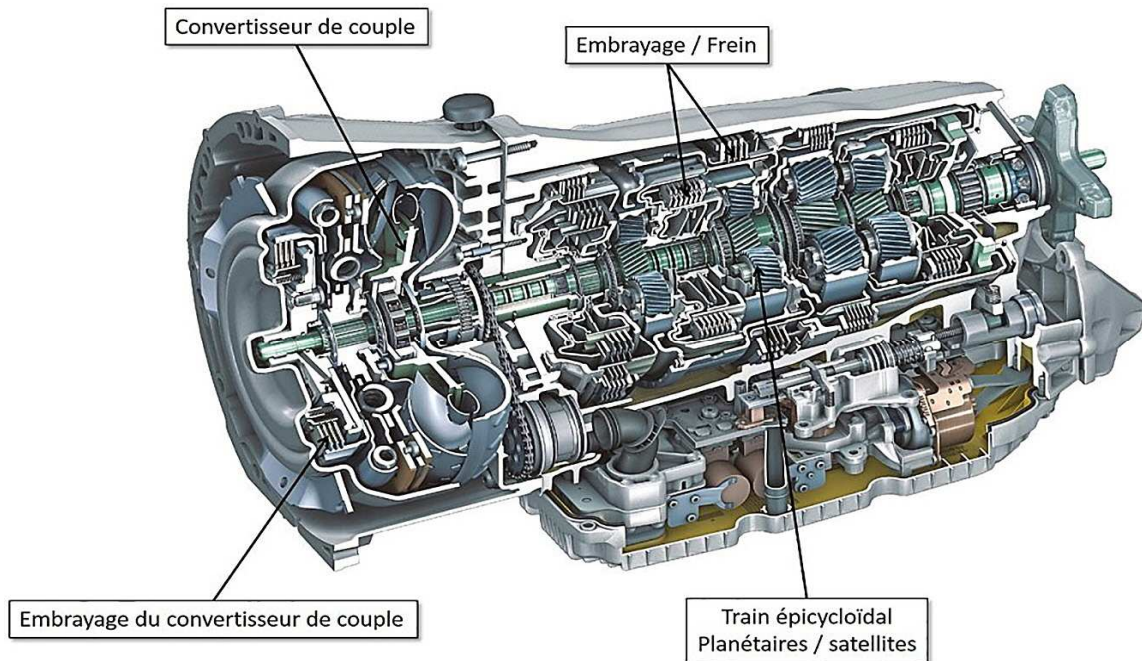
Une transmission automatique est un type de transmission automobile qui ne nécessite aucune intervention du conducteur pour changer de vitesse. Le changement de vitesse est contrôlé par un système électronique ou hydraulique.



**Figure I.1 :** Transmission à double embrayage.

### **I.2.2. Le convertisseur de couple :**

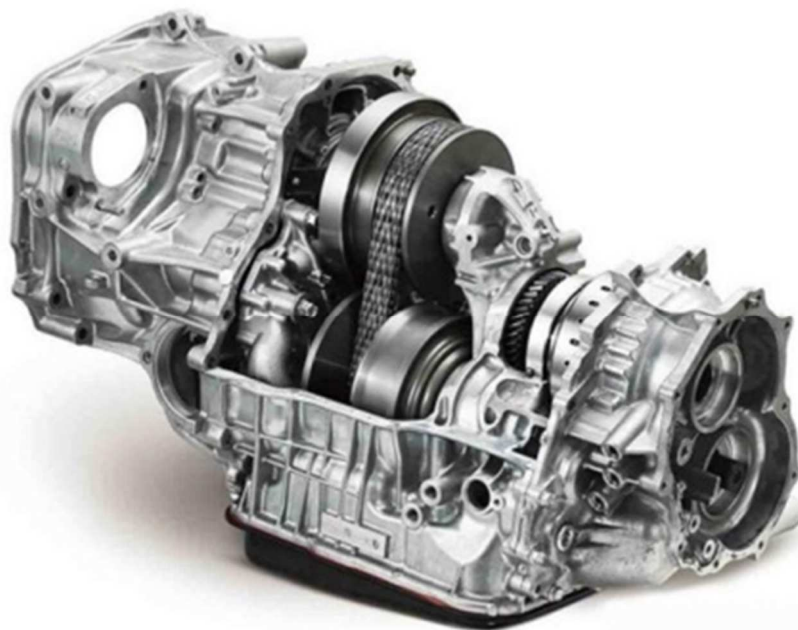
Est une transmission à fonctionnement hydraulique. Dans le passé, en raison de la nature intrinsèque du fonctionnement hydraulique, ce système se caractérisait par des glissements et des pertes évidents.



**Figure I.2 :** Le convertisseur de couple.

### **I.2.3. La transmission à variation continue :**

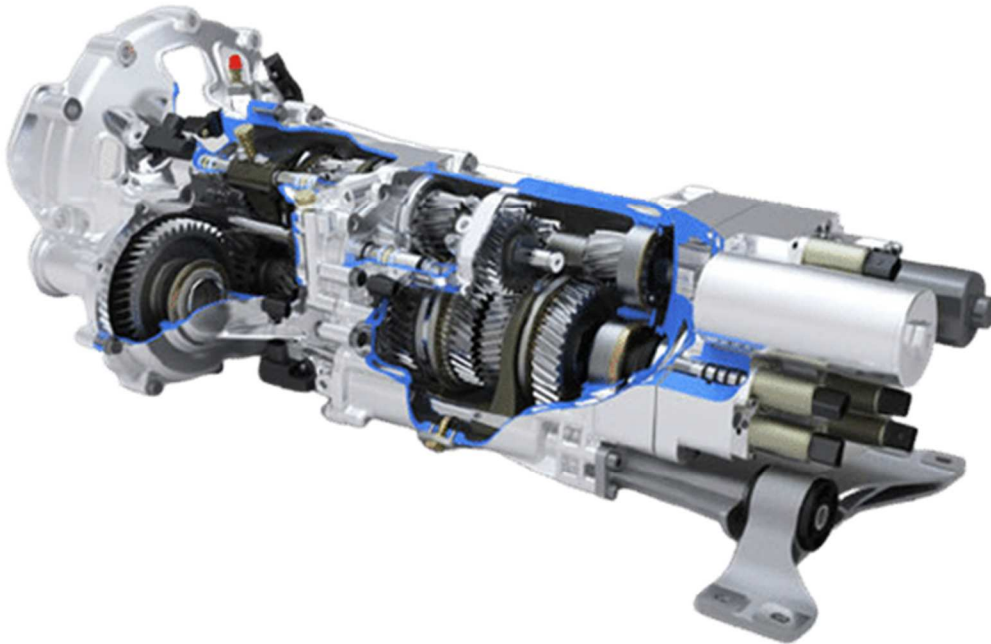
La transmission CVT a ensuite également été équipée sur les véhicules routiers mais, contrairement à la version « racing », elle n'utilise pas d'engrenages, mais des poulies mobiles reliées par une courroie. Ces poulies sont composées de deux éléments mobiles qui coulissent l'un vers l'autre : une poulie est reliée à l'arbre de transmission et l'autre aux roues motrices.



**Figure I.3 :** La transmission à variation continue.

### **I.2.4. La transmission séquentielle robotisée :**

Ce système est beaucoup plus similaire à une transmission manuelle traditionnelle puisque le fonctionnement de la transmission est basé sur les mêmes principes : un seul embrayage qui relie et déconnecte le moteur à la transmission, et une série de paires d'engrenages montés sur deux arbres parallèles qui sont couplés et découplés séquentiellement. [3]



**Figure I.4 :** La transmission séquentielle robotisée.

## **I.3. Modèles de boîtes DSG :**

### **I.3.1. DQ250 : Boîte DSG 6 rapports pour moteurs transversaux :**

La DQ250, également connue sous le code interne VAG 02E, a fait son entrée en scène en 2003, initialement jumelée avec les moteurs 3.2 V6 des Golf IV R32 et Audi TT. Au fil du temps, elle a été appariée à une gamme variée de moteurs, des 1.9 et 2.0 TDI aux 2.0 TFSI. Cette boîte de vitesses équipe ainsi une large gamme de véhicules, allant des moteurs essence à 4 et 6 cylindres aux moteurs diesel à 4 cylindres, avec des puissances allant de 100 à 250 chevaux et des couples max allant jusqu'à 300 Nm.

Conçue principalement pour les véhicules à moteurs transversaux et à traction avant, elle est également adaptée aux configurations à quatre roues motrices, mais uniquement avec un embrayage de type Haldex. Sur le plan technique, la DQ250 est dotée d'un système de refroidissement par carter d'huile qui assure également la lubrification des embrayages. Pesant environ 93 kg à sec, elle est produite dans les usines du groupe VAG à un rythme soutenu, avec environ 1500 unités fabriquées par jour.



**Figure I.5** : Boîte DSG 6 rapports pour moteurs transversaux (DQ250)

### **I.3.2. DQ200 / DSG7 : Boîte DSG 7 rapports à carter sec pour petits moteurs transversaux :**

La DQ200, également désignée par le code interne VAG 0AM, a été introduite à partir de 2008 pour équiper les moteurs essences turbocompressées de plus petite cylindrée (1.2-1.4-1.8 TSI) ainsi que les moteurs diesel (1.6 TDI) du groupe V.A.G. Cette variante de la boîte de vitesses DSG est destinée aux véhicules à petite cylindrée à traction avant. Malgré un nombre

de rapports supérieur, elle affiche un poids de seulement 70 kg (soit une économie de 23 kg par rapport à la DQ250, grâce à l'utilisation d'un système de lubrification par carter sec et de deux embrayages à simple disque.

Au moment de son lancement, la DQ200 a été confrontée à des problèmes de fiabilité, ce qui a conduit VAG à effectuer de nombreux rappels dans tous les pays. Heureusement, ces problèmes ont été largement résolus par la suite. Cependant, sa capacité de couple d'origine, limitée à seulement 250 Nm, a posé des difficultés, notamment pour certains modèles équipés de moteurs diesel dont le couple maximal approche ou dépasse cette valeur, surtout dans le cas de véhicules modifiés.



**Figure I.6 :** Boîte DSG 7 rapports à carter sec pour petits moteurs transversaux (DQ200)

### **I.3.3. DL501 : Boîte DSG 7 rapports pour gros moteurs longitudinaux Audi :**

. La DL501, connue sous le nom de code interne VAG 0B5, est une boîte de vitesses qui équipe les berlines et SUV Audi depuis 2009. Réputée pour sa construction robuste, elle est spécifiquement destinée aux véhicules les plus performants de la gamme Audi. Dotée d'une capacité de couple parmi les plus élevées de sa catégorie, elle est initialement fiable, mais peut encore être améliorée en termes de fiabilité grâce à la reprogrammation du Mécatronique.





**Figure I.7 :** Boîte DSG 7 rapports pour gros moteurs longitudinaux Audi (DL501)

#### **I.3.4. DQ500 : Boîte DSG 7 rapports pour gros moteurs transversaux :**

La DQ500, également désignée par son code interne VAG, est conçue pour équiper les moteurs transversaux générant des couples élevés. Elle est l'équivalent de la DL501 pour les moteurs longitudinaux. Réputée pour sa robustesse, cette boîte de vitesses est dotée de disques d'embrayage capables de supporter des couples extrêmement élevés. Une reprogrammation de la mécanique permettra d'adapter la DQ500 à des véhicules modifiés ou ayant subi une reprogrammation motrice.

Comme c'est le cas pour toutes les boîtes de vitesses DSG, la fiabilité et le confort de conduite de la DQ500 peuvent être considérablement améliorés grâce à une reprogrammation de la mécanique.



**Figure I.8 :** Boîte DSG 7 rapports pour gros moteurs transversaux (DQ500)

### **I.3.5. DQ380 : Boîte DSG 7 rapports pour moteurs transversaux :**

En 2014, la DQ380/DQ381 a fait son entrée sur le marché automobile. Cette nouvelle boîte de vitesses a été spécialement conçue pour remplacer les modèles précédents, les DQ200 et DQ250, sur les véhicules équipés de moteurs 2L TSI et TDI de la plateforme MQB. Destinée aux véhicules à moteurs transversaux et à traction avant, la DQ380 est adaptée aux configurations à deux roues motrices, tandis que la DQ381 est conçue pour les véhicules à quatre roues motrices. Sur le plan technique, la DQ380/DQ381 présente des similitudes avec la DQ500, avec ses 7 vitesses et son système de refroidissement par carter d'huile qui assure également la lubrification des embrayages. Cette nouvelle boîte de vitesses est produite par un sous-traitant chinois du groupe VAG. Les premiers véhicules à en bénéficier étaient initialement destinés au marché chinois, en particulier pour les configurations à deux roues motrices. Elle a ensuite été introduite en Europe, notamment sur les Golf 7R (deuxième génération) et les Audi S3, dans sa version à quatre roues motrices.





**Figure I.9 :** Boîte DSG 7 rapports pour moteurs transversaux (DQ380)

### **I.3.6. DQ511 : Boîte DSG 10 rapports pour moteurs transversaux :**

En 2014, la DQ511 a été dévoilée comme une évolution de la DQ500, spécialement conçue pour équiper les futurs véhicules haute performance de la plateforme MQB. Destinée aux véhicules à moteurs transversaux avec traction avant à deux ou quatre roues motrices, la DQ511 partage de nombreuses similitudes techniques avec la DQ500, notamment en ce qui concerne son système de refroidissement par carter humide. [4]



**Figure I.10 :** Boîte DSG 10 rapports pour moteurs transversaux (DQ511)

#### I.4. Principe Fundamentals BVA DSG:

La boîte de vitesses à double embrayage, communément appelée boîte DSG, repose sur un principe fondamental : elle se compose de deux sous-boîtes distinctes et indépendantes l'une de l'autre. Chaque sous-boîte fonctionne de manière similaire à une boîte de vitesses mécanique classique, avec un embrayage multidisque associé. Ces deux embrayages multidisques baignent dans de l'huile DSG et sont contrôlés par la mécatronique, qui les ouvre ou les ferme en fonction du rapport à engager.

L'embrayage multidisque E1 est responsable de l'engagement des rapports 1, 3, 5 et de la marche arrière, tandis que l'embrayage multidisque E2 est chargé d'engager les vitesses 2, 4 et 6. En principe, l'une des sous-boîtes est toujours en prise, tandis que dans l'autre, le rapport suivant est déjà engagé, mais l'embrayage correspondant reste ouvert. Chaque rapport est associé à une unité de synchronisation et de commande des vitesses, similaire à celles utilisées dans une boîte de vitesses mécanique traditionnelle.

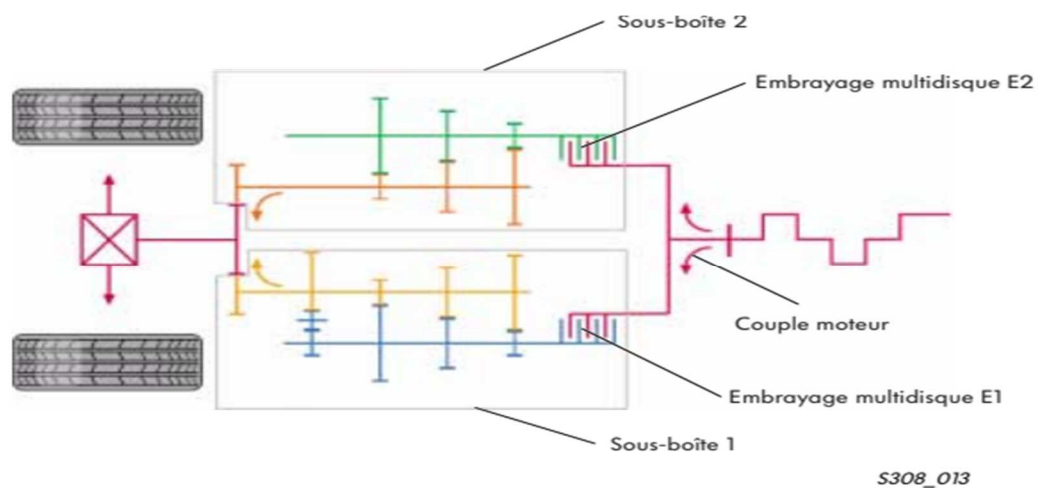
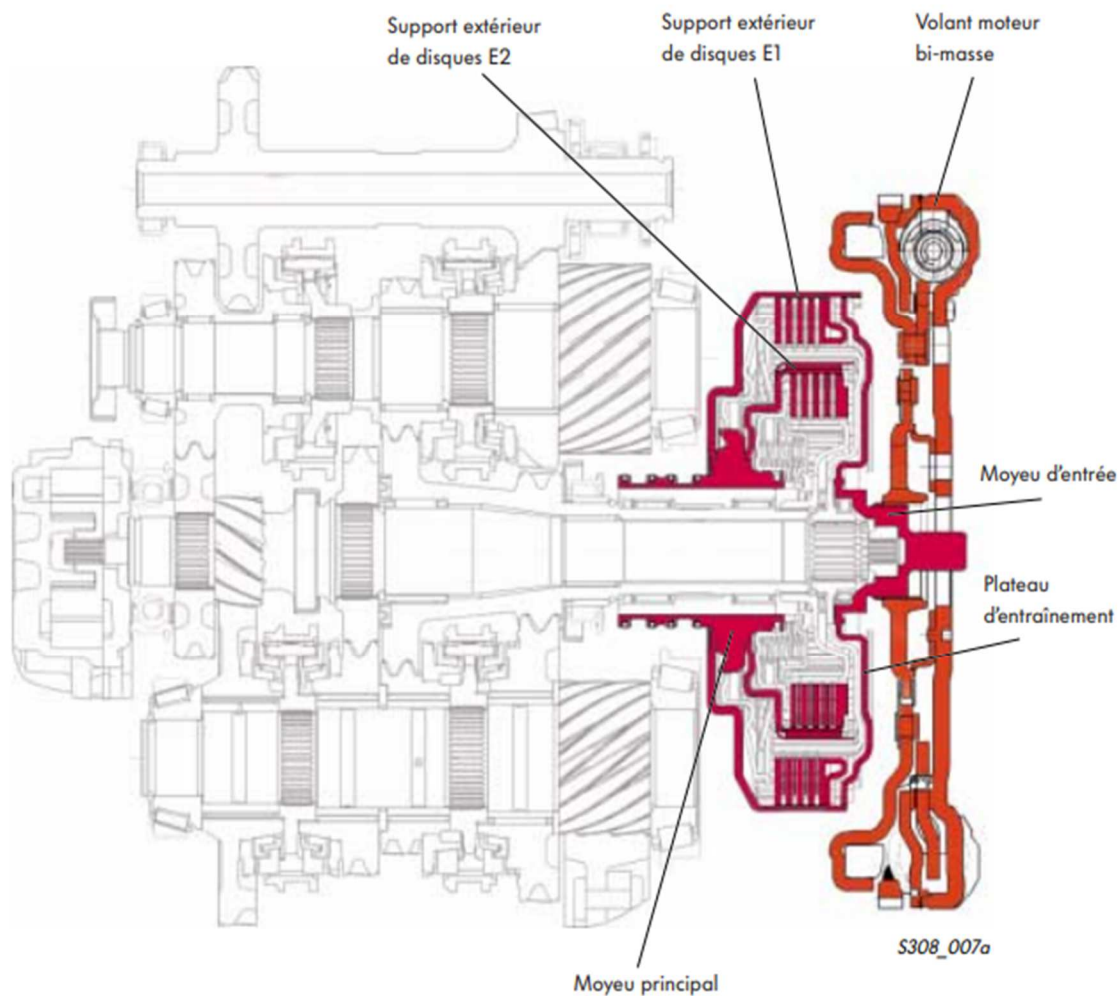


Figure I.11 : Représentation du principe

#### I.5. Entrée du couple

Le couple provenant du vilebrequin est transmis au volant moteur bimasse. Les cannelures présentes sur le volant moteur bimasse s'emboîtent dans le moyeu d'entrée du double embrayage, permettant ainsi la transmission du couple au plateau d'entraînement de l'embrayage multidisque. Ce dernier est connecté au moyeu principal de l'embrayage multidisque par le biais du support extérieur de disque de l'embrayage E1. De manière similaire, le support extérieur de disque de l'embrayage E2 est également relié de manière solidaire au moyeu principal. [5]



**Figure I.12 :** Les éléments chargés de l'entrée du couple

## I.5.2. Double Embrayages :

### I.5.2.1. Les types de double embrayage :

#### I.5.2.1.1. Embrayage humide :

Chaque demi-botte de la transmission est équipée d'un embrayage multidisque. Ce dispositif permet de répartir la charge de friction sur plusieurs disques, offrant ainsi une surface de friction plus grande pour une capacité à emmagasiner plus de puissance, tout en réduisant la largeur au niveau du diamètre des disques.

Pour assurer le bon fonctionnement de cet embrayage, un système d'huile de transmission est utilisé pour le refroidissement. C'est ce qu'on appelle un système "humide" car l'embrayage baigne dans cette huile. Cette configuration permet de maintenir une température optimale du système mécanique.

Ces embrayages sont fréquemment utilisés dans les voitures de haute performance, telles que la gamme Paname ra de chez Porsche équipée de la boîte PDK à 8 rapports, ou encore la DSG6 (ou DQ250) que l'on retrouve dans divers véhicules.



**Figure I.13 :** Conception Embrayage humide.

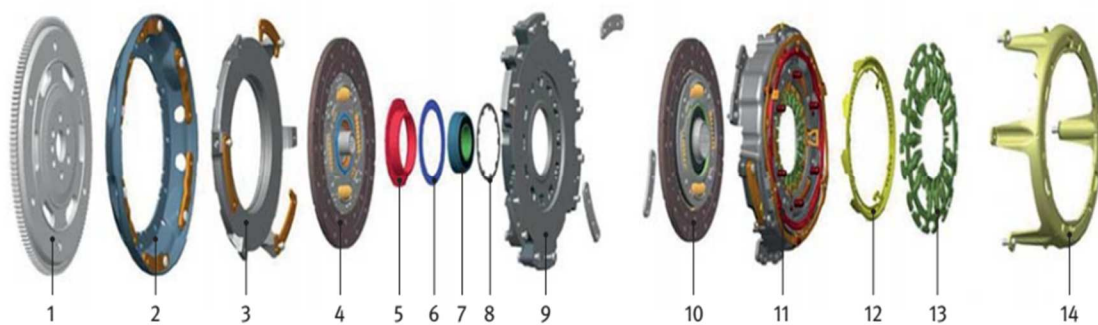
1. Carter d'embrayage.
2. Ensemble de disques K2.
3. Bague de support.
4. Circlip 2.
5. Support de disque intérieur K2.
6. Ensemble de disques K1.
7. Support de disque intérieur K1.

8. Disque d'entraînement avec moyeu d'entrée.
9. Circlip pour disque d'entraînement.

### I.5.2.1.2. Embrayage à sec:

Contrairement à son homologue "humide", l'embrayage à sec ne fonctionne pas immergé dans un bain d'huile. Cette configuration supprime les pertes de transmission, ce qui se traduit par un meilleur rendement et une réduction de la consommation de carburant. De plus, les réparations sur ce type d'embrayage sont généralement plus simples à réaliser.

Les véhicules équipés d'un embrayage à sec sont souvent ceux dotés de moteurs développant une puissance modérée. Par exemple, le Renault Captur est un modèle courant équipé de ce type d'embrayage. [6]



**Figure I.14 :** Conception Embrayage à sec.

1. Volant bimasse.
2. Bague d'entraînement avec languettes de rappel.
3. Plateau de pression K1.
4. Disque d'embrayage K1.
5. Coussinet.
6. Rondelle de glissement.
7. Palier.
8. Circlip.
9. Plateau central.
10. Disque d'embrayage K2.

11. Couvercle d'embrayage avec ressort de levier et dispositif de rattrapage K2.
12. Bague de rattrapage pour K1.
13. Ressort de levier pour K1.
14. Ancre de traction.

### **I.5.2.1.3. Double embrayage – caractéristiques de conception :**

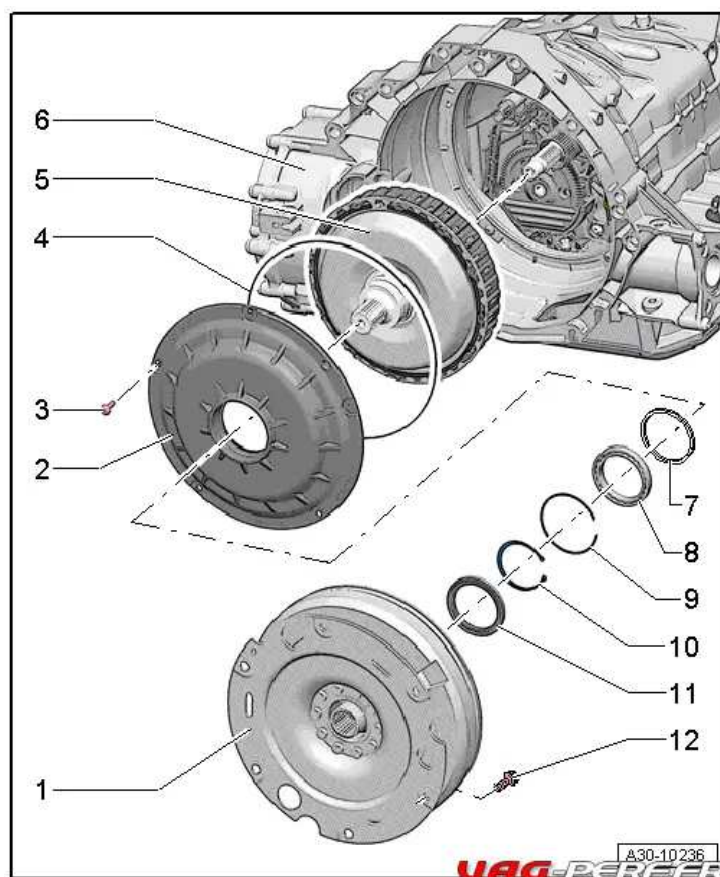
Le double embrayage remplit deux principales fonctions : assurer la mise en prise lors du démarrage et l'interruption de la mise en prise lors de l'arrêt, ainsi que gérer le passage des rapports.

Pour répondre aux exigences élevées auxquelles est soumis l'embrayage E1 lors du démarrage, le double embrayage a été conçu avec l'embrayage E1 positionné à l'extérieur et de plus grand diamètre. Cette configuration permet de mieux résister aux contraintes lors du démarrage.

Pour garantir un fonctionnement optimal lors du démarrage et du passage des rapports, de petits vérins de serrage sont utilisés en conjonction avec des ressorts hélicoïdaux sur les deux embrayages. Cela assure une régulation efficace et précise du système dans ces situations critiques. [7]



**Figure I.15 :** Volant-moteur et double embrayage



**Figure I.16 :** Volant-moteur et double embrayage ; vue d'ensemble du montage.

1. Volant-moteur.

2. Couvercle d'embrayage.
3. Vis.
4. Joint-torique.
5. Double embrayage.
6. Carter de boîte de vitesses.
7. Rondelle d'appui.
8. Roulement à billes.
9. Circlip.
10. Circlip.
11. Joint spi.
12. Vis. [8]



## **CHAPITRE II**

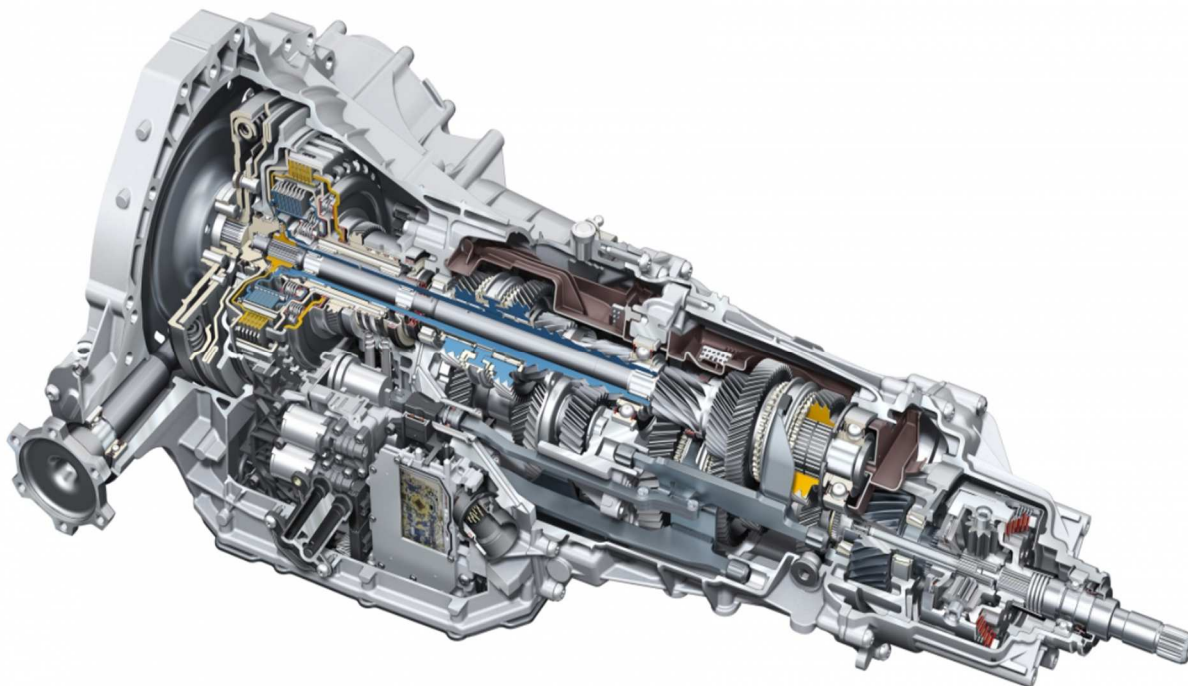
### **La Fonctionnement et technologie de BVA DSG /DL501**

#### **II.1. Introduction :**

DL501 : Boîte DSG 7 rapports pour gros moteurs longitudinaux Audi Depuis 2009, la boîte DL501 équipe les berlines et SUV Audi. Sa construction robuste en fait un choix idéal pour les véhicules les plus performants de la gamme. Sa capacité de couple est l'une des plus élevées du marché, et sa fiabilité, déjà bonne d'origine, peut être encore améliorée grâce à la reprogrammation de la mécanique. Limites de couple de la DL501 : Le limiteur de couple du programme d'origine bride le couple maxi d'une DL501 à environ 550 Nm, selon le véhicule. Reprogrammation de la mécanique : Avec une reprogrammation Stage 3, il est possible d'augmenter le couple admissible jusqu'à 850 Nm tout en préservant la fiabilité de l'embrayage d'origine. Moteurs généralement accouplés à la DL501 : A4, A5, A6, A7, Q5. [4]

#### **II.2. Boîte à double embrayage à 7 rapports 0B5/S tronic :**

Après le succès remporté par la boîte à 6 rapports tronic sur les modèles Audi A3 et Audi TT, il est fait, pour la première fois sur l'Audi Q5, appel à une boîte à double embrayage 7 rapports alliée à la transmission Quattro, de conception longitudinale Combiner les avantages de la boîte de vitesses automatique, tels que le confort de conduite et les passages de rapports fluides sans interruption de la force motrice, avec ceux de la boîte de vitesses manuelle, comme la sensation sportive et l'engagement du conducteur, offre une synergie unique. C'est une fusion entre le côté pratique et fluide de l'automatique et le plaisir de contrôle offert par la transmission manuelle. Cette alliance permet de répondre aux besoins et aux préférences d'un éventail plus large de conducteurs, tout en offrant une expérience de conduite polyvalente et enrichissante. en liaison avec des temps de passage de rapports extrêmement courts et la « transmission directe » font de la conduite avec la boîte de vitesses à double embrayage 0B5 un pur plaisir.



**Figure II.1 :** Boîte à double embrayage à 7 rapports 0B5/S tronic.

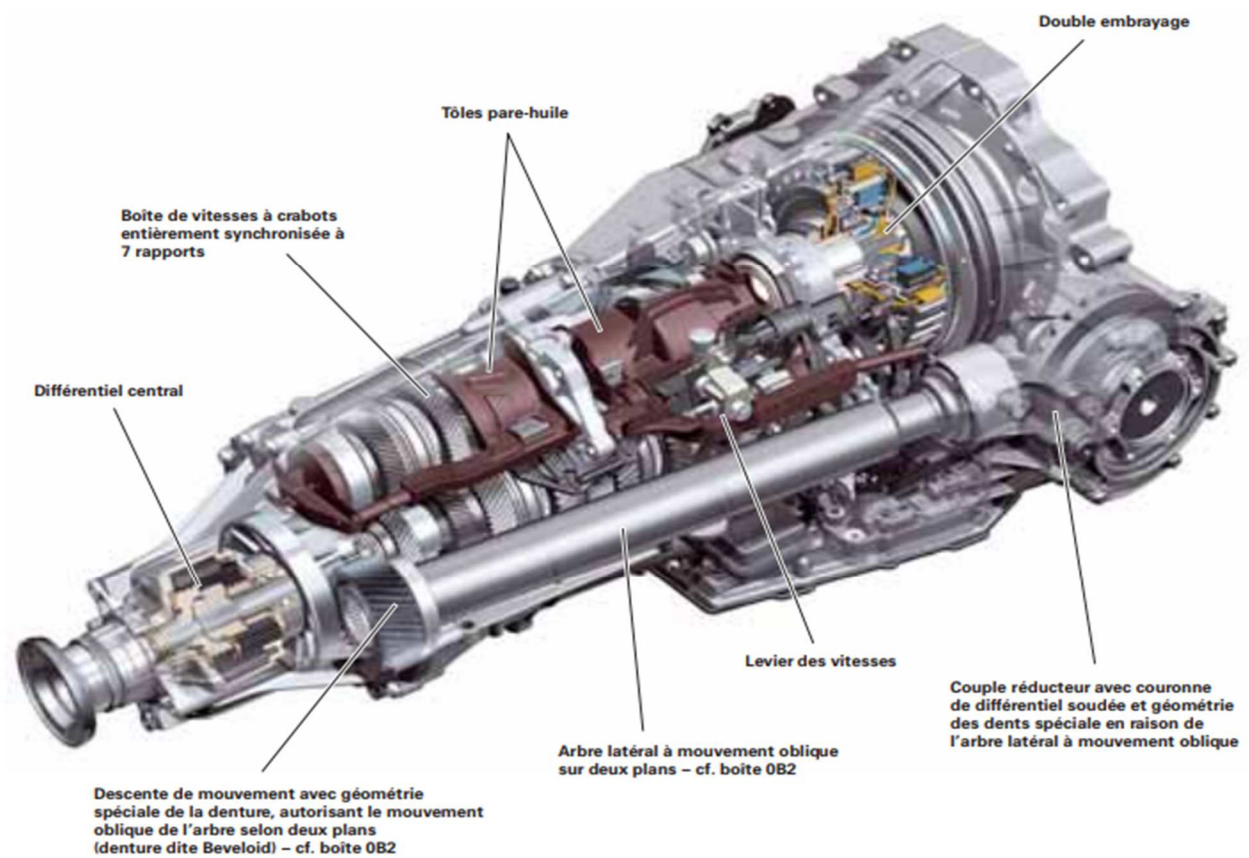
### II.3. Caractéristiques techniques de la boîte 0B5 :

Le septième rapport est configuré comme une extension de la sixième vitesse, généralement appelée « Overdrive » (6 + E). En pratique, la vitesse maximale est généralement atteinte en utilisant la sixième vitesse. Sur les moteurs à essence, le passage au rapport supérieur se produit généralement autour de 6 000 tours par minute, tandis que sur les moteurs diesel, il intervient à environ 8 000 tours par minute.

**Tableau II.1 :** Caractéristiques techniques de la boîte 0B5.

<b>Désignations</b>	<b>Constructeur : DL501-7Q</b> <b>Service : 0B5</b> <b>Distribution : S tronic</b>
<b>Développement</b>	<b>Audi AG Ingolstadt</b>
<b>Production</b>	<b>Usine VW de Kassel</b>
<b>Type de boîte de vitesses</b>	<b>Boîte à double embrayage à 7 Rapports :</b> <b>Boîte de vitesses à Crabots entièrement synchronisée à 7 rapports, à commande électrohydraulique</b>
<b>Double embrayage</b>	<b>Deux embrayages multidisques refroidis par huile, à commande électrohydraulique</b>

<b>Commande</b>	<b>Mécatronique – intègre le calculateur hydraulique, Je calculateur électronique et une partie des capteurs et des actionneurs dans une unité</b>
<b>Ouverture de boîte</b>	<b>Jusqu'à 8,1*</b>
<b>Ecart entre les arbres</b>	<b>89 mm</b>
<b>Capacité de couple</b>	<b>Jusqu'à 550 Nm à 9000 tr/min</b>
<b>Poids</b>	<b>Env. 142 kg (aves volant bimasse et remplissage d'huile)</b>



**Figure II.2 :** Coupe de la boîte - synoptique des composants.

#### **II.4. Avantages des 7 rapports :**

Les 7 rapports permettent la réalisation d'une ouverture de boîte élevée. Cela entraîne une accélération vigoureuse au démarrage et offre la possibilité d'utiliser le septième rapport comme une option économique, similaire à un rapport de surmultipliée (Overdrive). On obtient ainsi des valeurs de consommation faibles. En plus des nombreuses solutions de détail innovantes de la boîte 0B5, les 7 rapports contribuent essentiellement à l'alliance sportivité-efficacité sur l'Audi Q5.

#### **II.5. Mécanique de boîte, conception – fonctionnement :**

L'entraînement est assuré via la tôle de transmission sur le volant bimasse. Ainsi, le couple est dirigé vers un double embrayage à régulation électrohydraulique, capable de sélectionner soit les rapports pairs, soit les rapports impairs selon le besoin. Cette configuration divise effectivement la boîte de vitesses en deux sous-ensembles distincts.

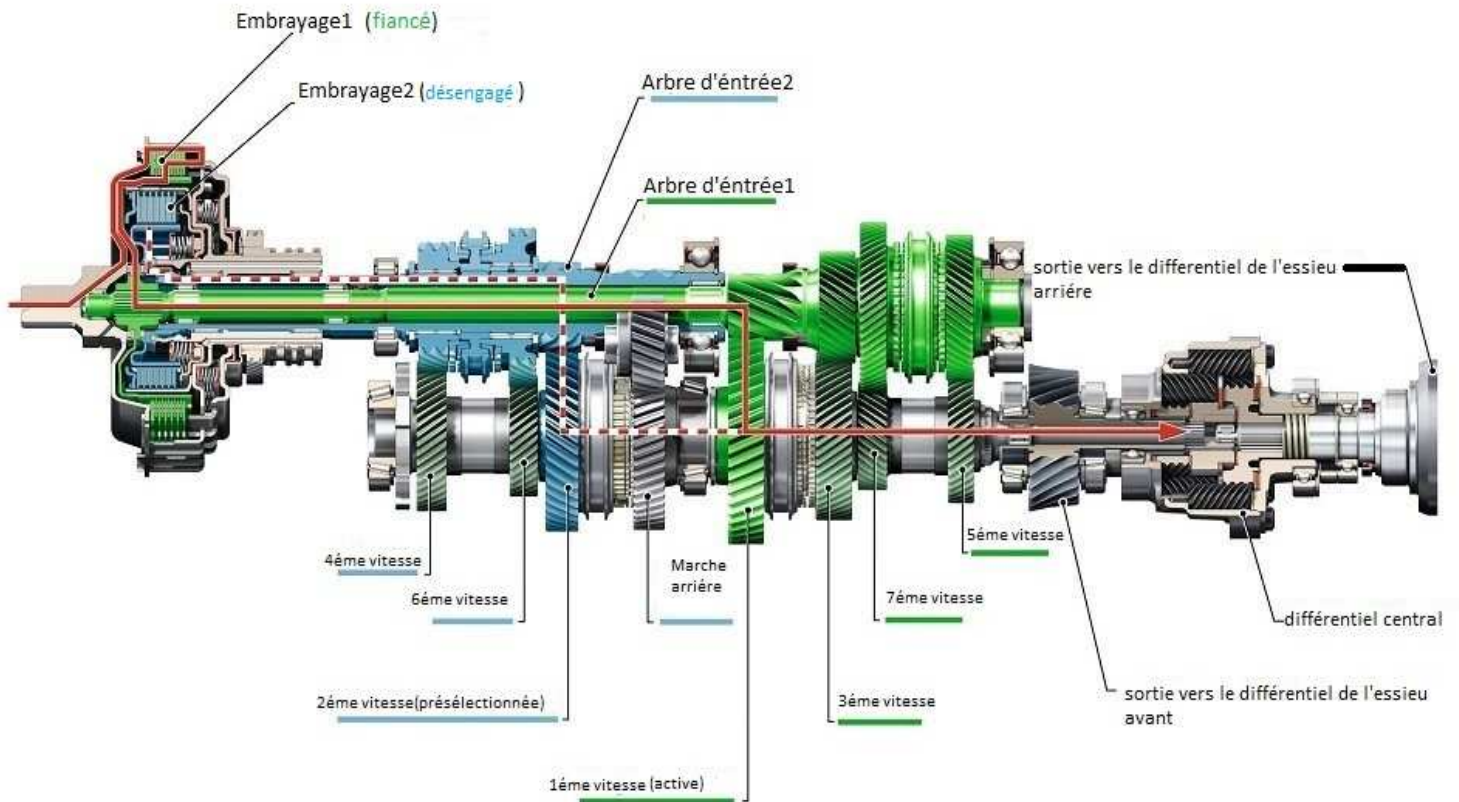
##### **Sous-boîte 1 :**

Les rapports impairs (1, 3, 5, 7) peuvent être entraînés via l'arbre d'entrée central 1 avec l'embrayage E1.

- **Sous-boîte 2 :**

Les rapports pairs (2, 4, 6) et la marche arrière peuvent être entraînés via l'arbre d'entrée 2 (un arbre creux), avec l'embrayage E2.

La sortie est assurée par un arbre de sortie commun, qui transmet le couple directement au différentiel central. Il y a à ce niveau une répartition du couple d'env. 60 % sur l'arbre à bride, en direction de l'essieu arrière, et d'env. 40 % sur la descente de mouvement et via l'arbre latéral en direction du pont avant



**Figure II.3 :** Mécanique de boîte, conception.

## **II.6 Différentiel central autobloquant à répartition asymétrique/dynamique du couple :**

La boîte 0B2 est dotée d'une version améliorée du différentiel central autobloquant, offrant une répartition asymétrique/dynamique du couple. Fondamentalement, environ 40 % du couple est dirigé vers l'essieu avant et environ 60 % vers l'essieu arrière. Ce différentiel central génère un couple de blocage proportionnel au couple d'entraînement, influençant ainsi la répartition du couple transmis à chaque essieu. Cela permet d'adapter la transmission du couple en fonction des conditions de conduite, atteignant environ 65 % sur l'essieu avant ou environ

85 % sur l'essieu arrière, sans nécessiter l'intervention du système de contrôle électronique de stabilité (ESP). La conception de ce nouveau différentiel central est dérivée du différentiel PAT\* utilisé dans les boîtes de vitesses 01V et 01L, où la répartition du couple est équilibrée à 50 :50 entre les essieux avant et arrière. Ses composants principaux comprennent deux planétaires, leurs satellites correspondants, ainsi que le boîtier de différentiel avec le moyeu d'entraînement. Les satellites, agissant comme les roues tangentes des vis sans fin, sont disposés parallèlement aux planétaires. La répartition asymétrique du couple est réalisée grâce à des diamètres différents des planétaires pour les essieux avant et arrière, avec un rapport d'environ 40 :60. Le fonctionnement détaillé de cette répartition asymétrique-dynamique du couple est expliqué dans le programme de formation autodidactique 363. Ce même type de différentiel central est également intégré dans la nouvelle boîte à double embrayage à 7 rapports 0B5.

## **II.7. Séquence de passage des rapports :**

### **II.7.1. Démarrage :**

Lorsque le levier sélecteur est placé en position P (Park) ou N (Neutral), les rapports de première et de marche arrière sont toujours engagés. Cette configuration assure un démarrage immédiat dans les deux sens. Ainsi, que le conducteur choisisse d'aller en marche arrière ou en marche avant, les rapports correspondants sont déjà pré-sélectionnés pour faciliter la transition sans délai.

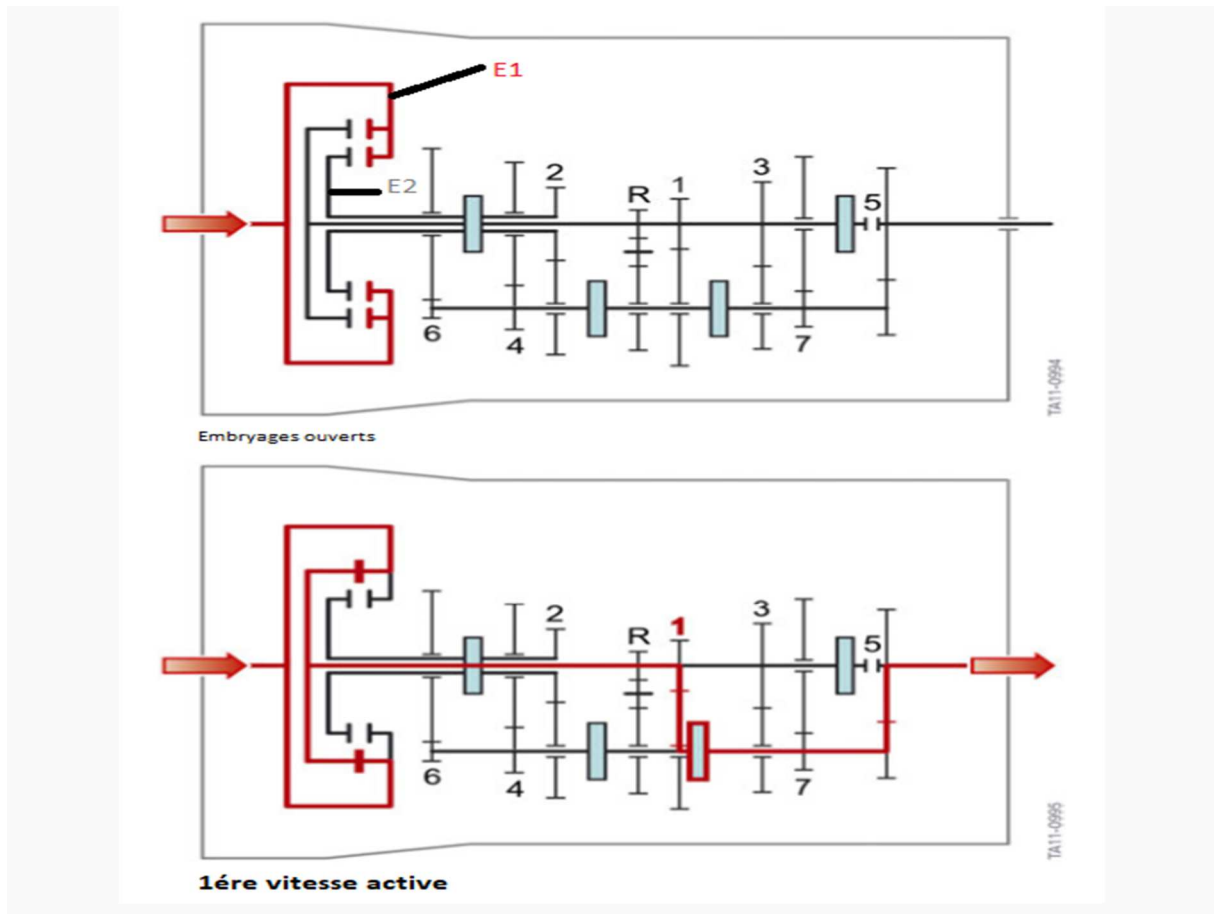
### **II.7.2. Passage des rapports :**

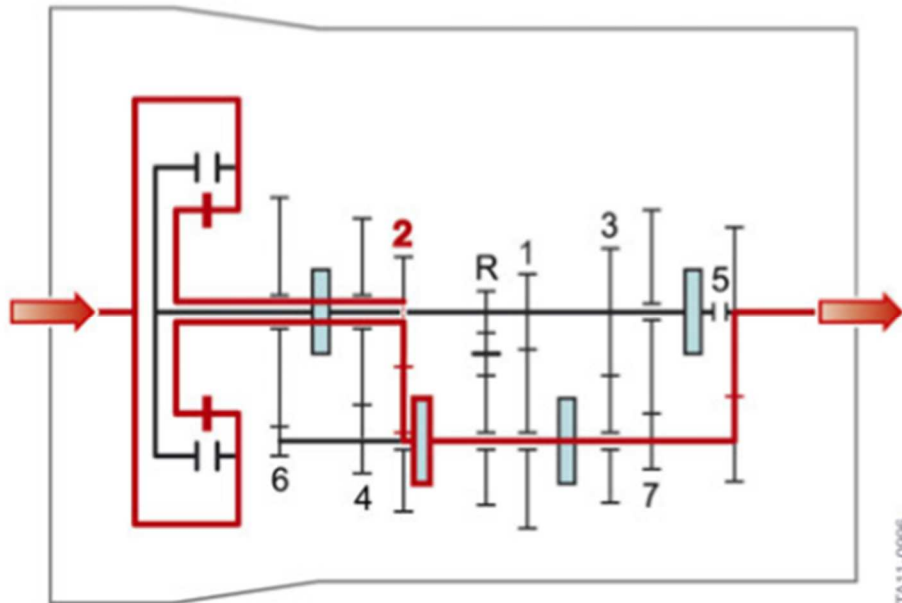
Lorsque le conducteur souhaite démarrer en marche avant, il positionne le levier sélecteur sur D (Drive) et commence en première vitesse. À partir d'une vitesse d'environ 15 km/h, la deuxième vitesse est engagée dans la sous-boîte 2, remplaçant ainsi la marche arrière qui était précédemment sélectionnée. Lorsque le point de changement de rapport de la première à la deuxième vitesse est atteint, le passage s'effectue rapidement et sans interruption de la force motrice par une ouverture ultrarapide de l'embrayage E1 et une ouverture simultanée rapide de l'embrayage E2. Pour améliorer le confort de passage des vitesses et préserver les embrayages, le couple moteur est réduit pendant le passage des rapports, également connu sous le nom de "croisement". Cette opération complète de passage des rapports ne prend que quelques centièmes de seconde. Pendant ce temps, la troisième vitesse est déjà pré-sélectionnée dans la sous-

boîte 1. Ce processus se répète alternativement pour les changements de vitesse suivants, de la deuxième à la troisième jusqu'à la sixième et la septième. [7]

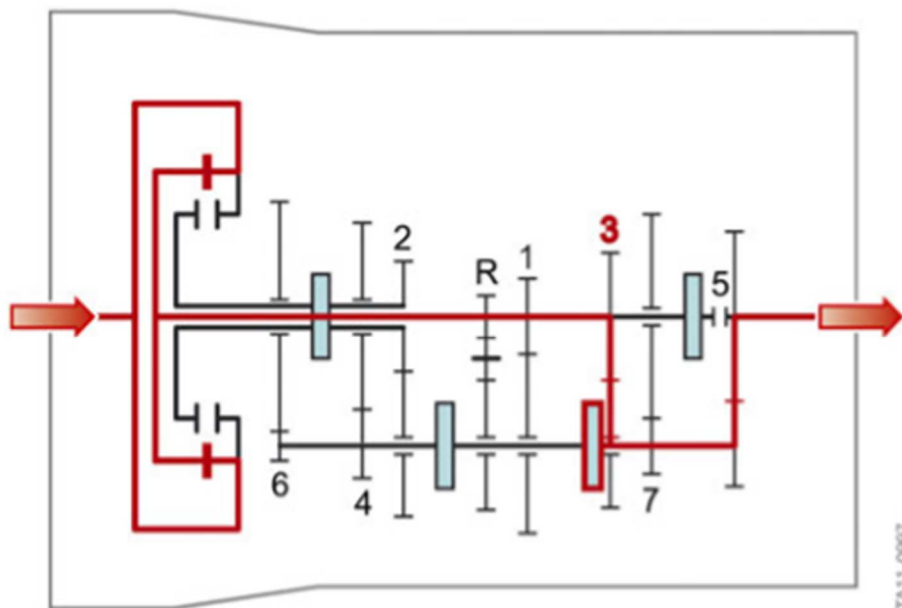
## II.8. Flux de puissance engrenages

### II.8.1. Diagrammes schématiques du flux de puissance de tous les engrenages :



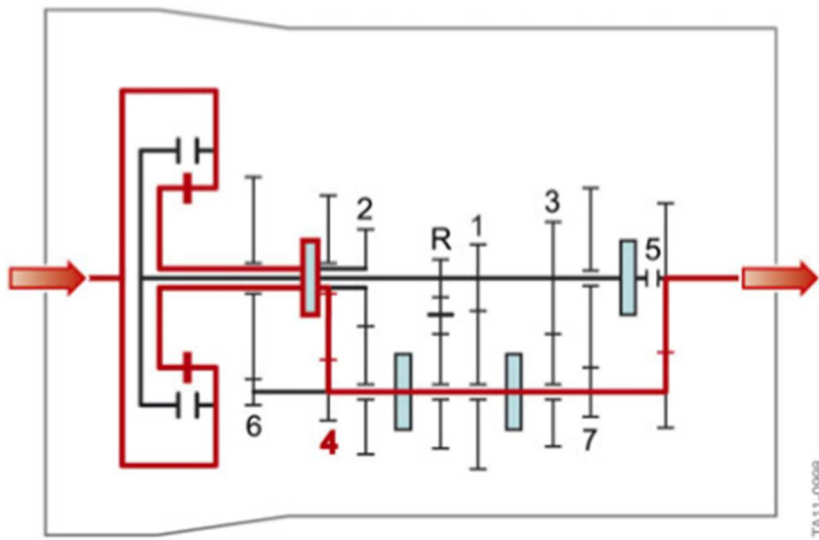


2<sup>ème</sup> vitesse active

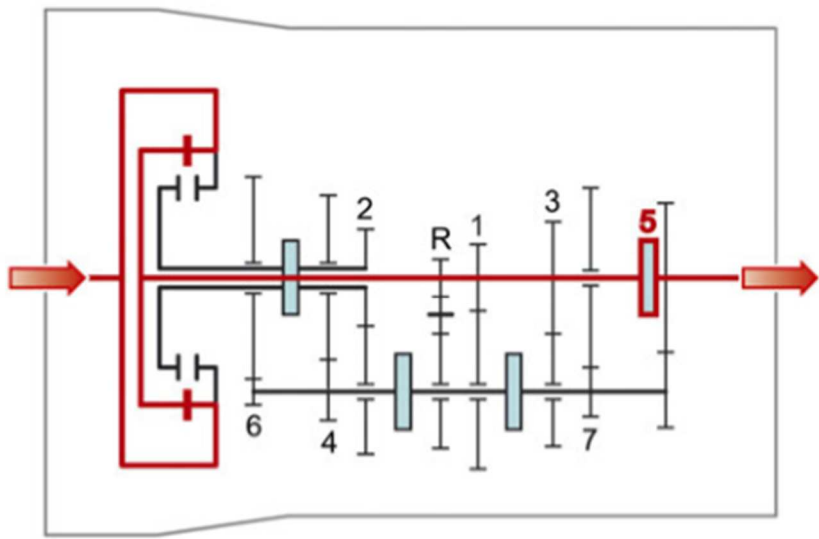


3<sup>ème</sup> vitesse active

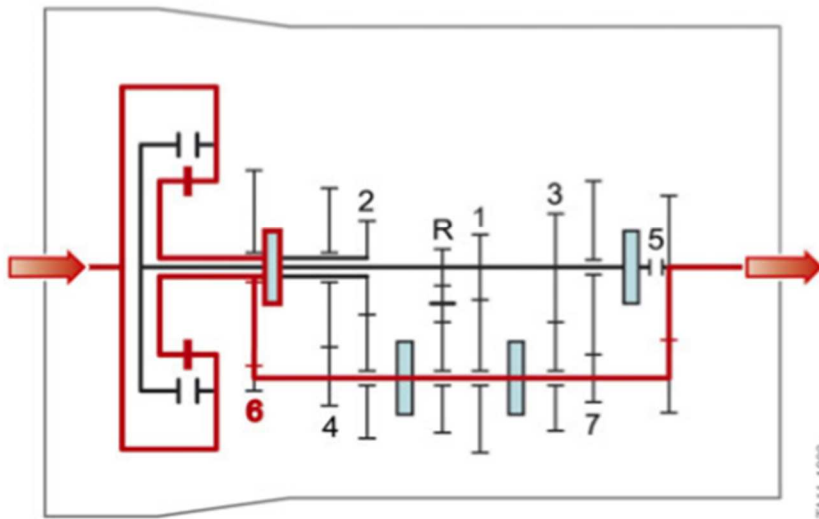




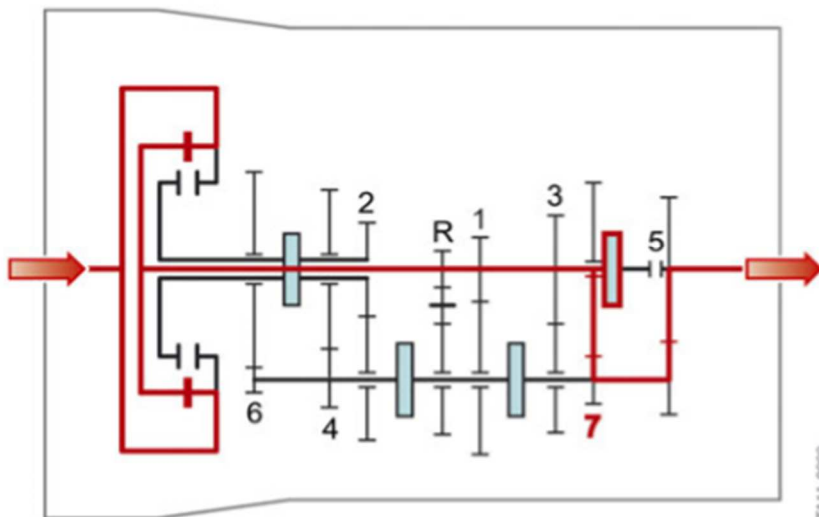
4ème vitesse active



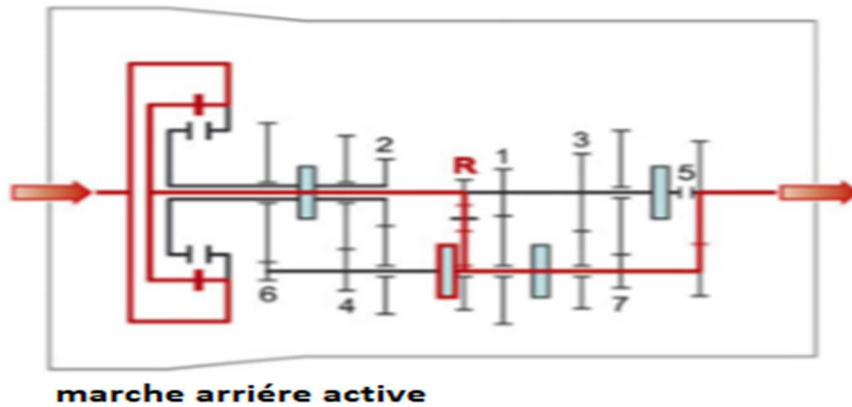
5ème vitesse active



6ème vitesse active



7ème vitesse active



[9]

### II.9. Synchronisation :

Pour garantir des temps de changement de vitesse très courts, toutes les synchronisations sont équipées de bagues de synchronisation revêtues de carbone. Les rapports un à trois et la marche arrière sont, en raison des sollicitations élevées, équipés d'un synchroniseur triple cône. Un synchroniseur simple cône est suffisant pour les rapports quatre à sept. [1]

**Tableau II.2 :** matière des synchroniseurs des rapports.

Rapport	Synchroniseur	Matériau de la bague de synchronisation
1é à 3é et Marche arrière	À triple cône	Laiton avec revêtement molybdène
4é et 5é et 7é	À simple cône	Laiton avec revêtement molybdène



**Figure II.4 :** Conception du synchroniseur.

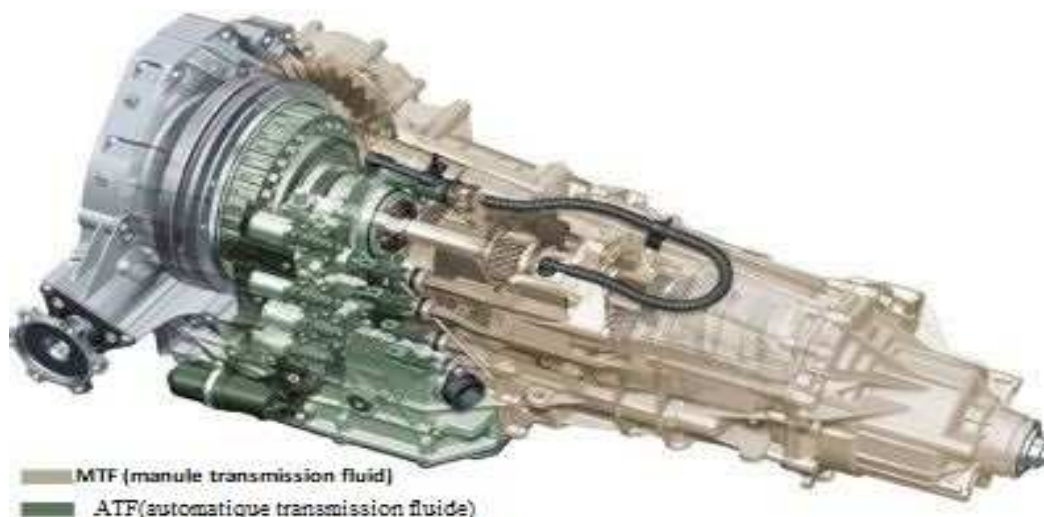
## **II.11. Circuit d'huile de la Boîte de vitesses :**

### **II.11.1 Circuit d'huile – ATF :**

La boîte 0B5 est équipée de deux circuits d'huile distincts. Le premier circuit comprend le double embrayage, la mécatronique et l'alimentation en huile. Ces éléments sont conçus pour fonctionner avec un fluide de transmission automatique (ATF) spécialement développé pour la boîte 0B5. Ce fluide garantit une réponse rapide lors du changement de vitesses et de l'activation des embrayages, même à des températures basses, tout en assurant la lubrification et le refroidissement du double embrayage. L'une des principales exigences de cet ATF est d'assurer un contrôle précis et efficace du double embrayage.

### **II.11.2. Circuit d'huile – huile de boîte MTF :**

Le second circuit d'huile englobe la boîte de vitesses, la boîte de transfert (différentiel central) et le pont avant. La lubrification est assurée par une huile hypoïde spécifique pour la boîte de vitesses, avec un additif spécialisé pour le différentiel central. Cette séparation des circuits d'huile a permis une conception optimale des différents composants de la boîte de vitesses. Ainsi, aucune concession n'a été nécessaire en raison des différentes exigences de lubrification pour chaque composant.



**Figure II.5 :** circuit d'huile de boîte DL501

### II.11.3. Alimentation ATF – lubrification :

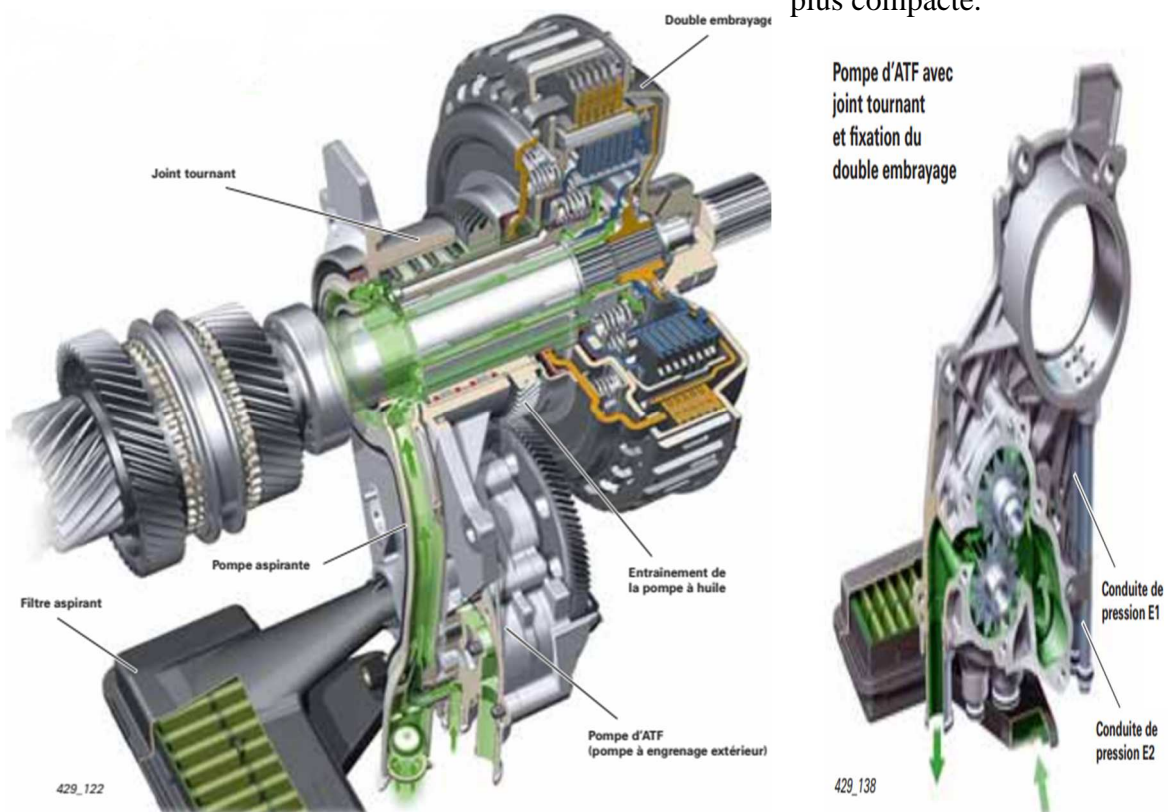
Un approvisionnement adéquat en ATF est essentiel pour garantir le bon fonctionnement de la boîte de vitesses. La quantité d'huile nécessaire ainsi que la pression d'huile sont assurées par une pompe à engrenage externe, entraînée par un pignon actionné par le double embrayage. Cette pompe ATF fournit à la mécanique la pression d'huile requise pour plusieurs fonctions essentielles, notamment :

- Contrôle de l'embrayage multidisque (engagement et désengagement)
- Lubrification et refroidissement de l'embrayage multidisque
- Régulation hydraulique pour le changement de rapports de la boîte de vitesses.

#### II.11.3.1. Une pompe aspirante :

La fonction principale de cette pompe est d'augmenter le débit d'huile pour le refroidissement de l'embrayage. Elle utilise le principe de la venturi pour aspirer davantage d'huile de refroidissement, doublant ainsi la quantité sans nécessiter une augmentation de puissance supplémentaire pour la pompe à huile. Cette innovation a permis de concevoir une pompe

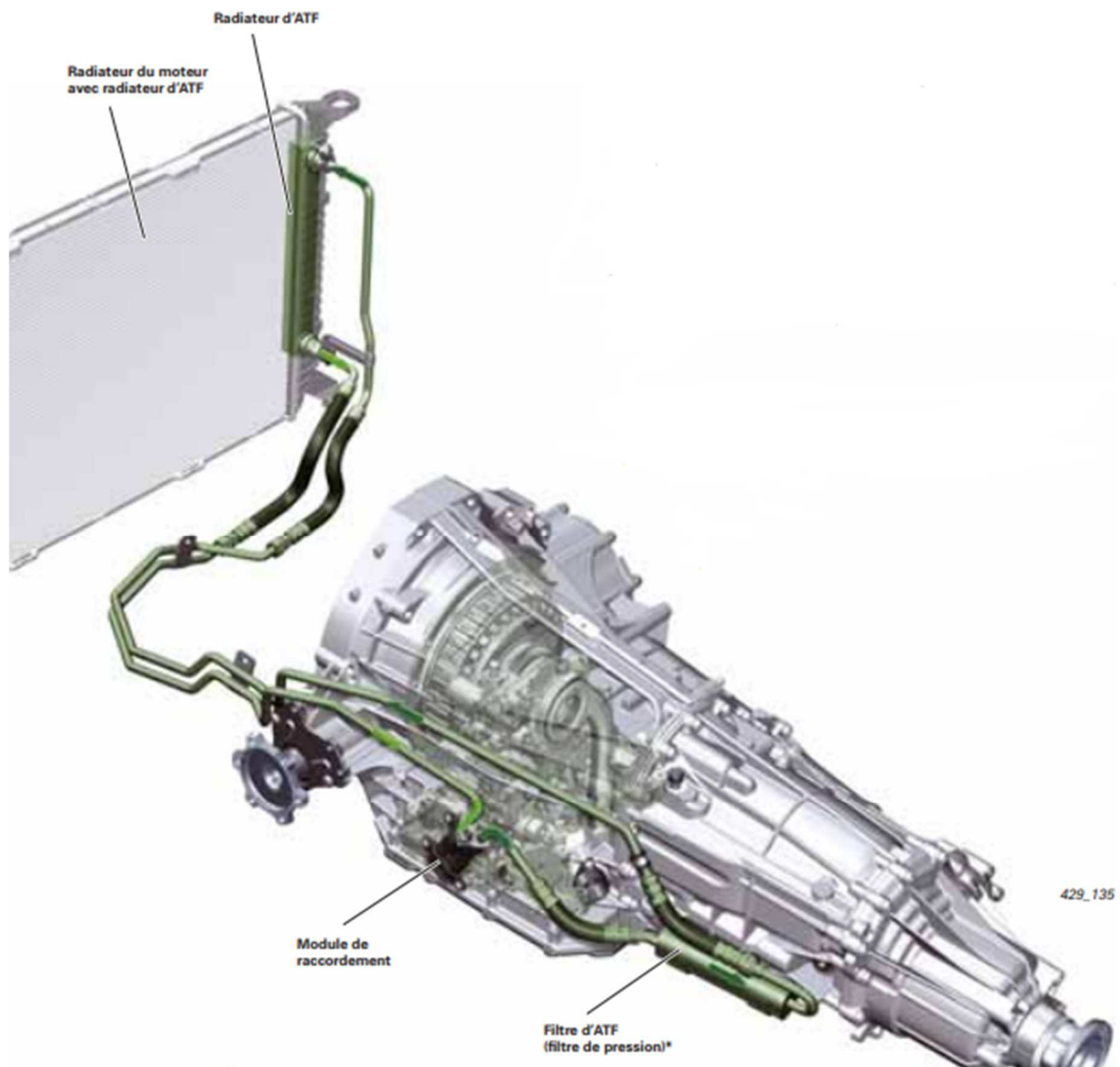
plus compacte.



**Figure II.6 :** Alimentation ATF – lubrification.

### II.11.3.2. Refroidissement de l'ATF :

Le système de refroidissement de l'ATF est intégré au radiateur du moteur, comprenant un échangeur de chaleur spécifique pour le refroidissement de l'huile (radiateur d'ATF). À l'entrée de ce radiateur, un filtre de pression est positionné pour garantir une filtration efficace de l'ATF, en complément du filtre d'aspiration. Ces filtres sont conçus pour fonctionner tout au long de la durée de vie de la boîte de vitesses et ne nécessitent aucun entretien régulier. Le filtre de pression est équipé d'un régulateur de pression différentielle qui se déclenche en cas de résistance élevée à l'écoulement, tel qu'un colmatage du filtre ou un ATF très froid, assurant ainsi un flux constant vers le radiateur d'ATF.



**Figure II.7 :** Représentation du système de refroidissement ATF

### **II.11.3.2.1. Lubrification de la boîte :**

Grâce à une lubrification ciblée facilitée par des tôles pare-huile et des dispositifs de guidage d'huile spéciaux, il est possible de maintenir un niveau d'huile minimal. Cette approche permet de réduire les pertes par agitation et d'optimiser le rendement de la boîte de vitesses. Les paliers des pignons des arbres d'entrée sont lubrifiés par un système intégré à l'arbre d'entrée 1, qui comporte des passages transversaux permettant d'acheminer l'huile vers les paliers.

### **II.11.3.2.2. Commande de boîte :**

La boîte de vitesses est contrôlée par une mécatronique J743 récemment développée. Son concept de commande permet une régulation précise de la vitesse d'engagement des rapports lors des changements de vitesse. Cette fonctionnalité permet d'effectuer des passages de vitesses très rapides tout en préservant le confort, par exemple en évitant des à-coups lors de l'engagement des vitesses à grande vitesse. La mécatronique constitue le cœur du système de contrôle de la boîte de vitesses, intégrant l'unité de commande électrohydraulique (actionneurs), le calculateur électronique et certains capteurs. En raison de la disposition longitudinale, les capteurs de vitesse des deux arbres d'entrée de la boîte de vitesses ainsi que le capteur de rapport sont montés sur un support distinct (carte à circuits imprimés 3). [7]

## **II.12. Mécatronique J743 :**

. La mécatronique de la boîte de vitesses à double embrayage -J743-, ainsi que les vannes, capteurs et transmetteur de régime d'entrée de boîte de vitesses, sont montés sous le carter de la boîte de vitesses et sont dissimulés par le carter d'huile ATF de la boîte de vitesses.



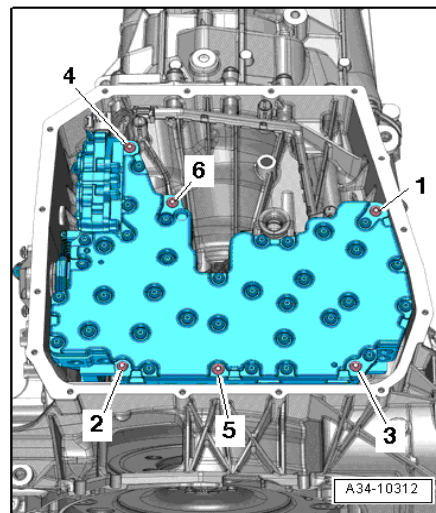
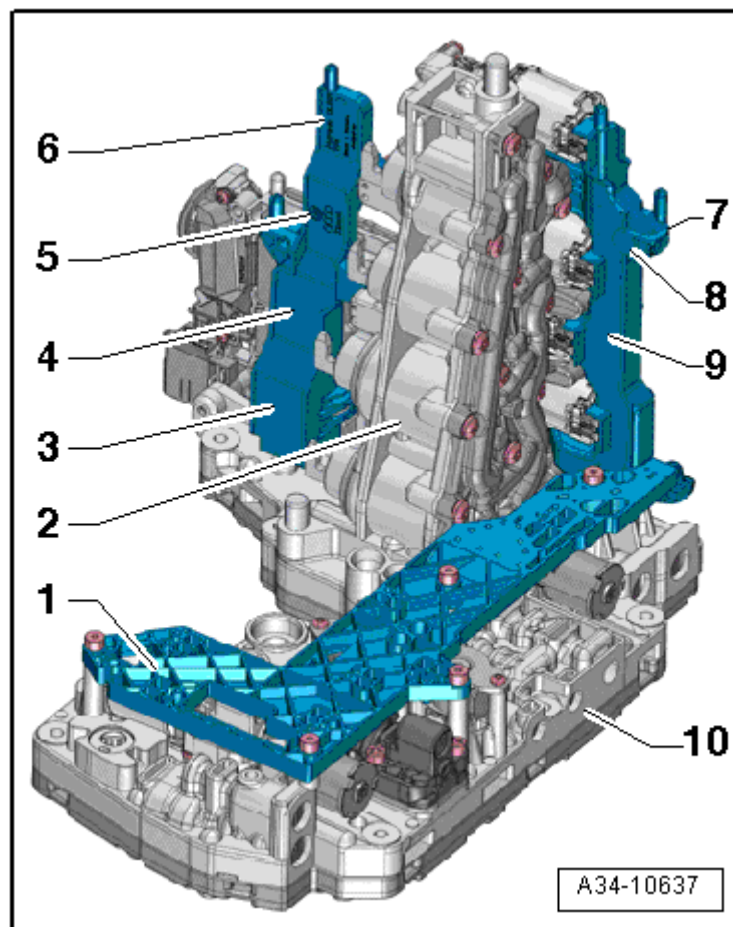


Figure II.8: Mécatronique J743.

La mécatronique réunit de manière parfaitement adaptée la commande hydraulique, la commande électronique et les capteurs ainsi que les actionneurs. [10]





**Figure II.9 :** Positionneur hydraulique de l'arbre de commande des vitesses.

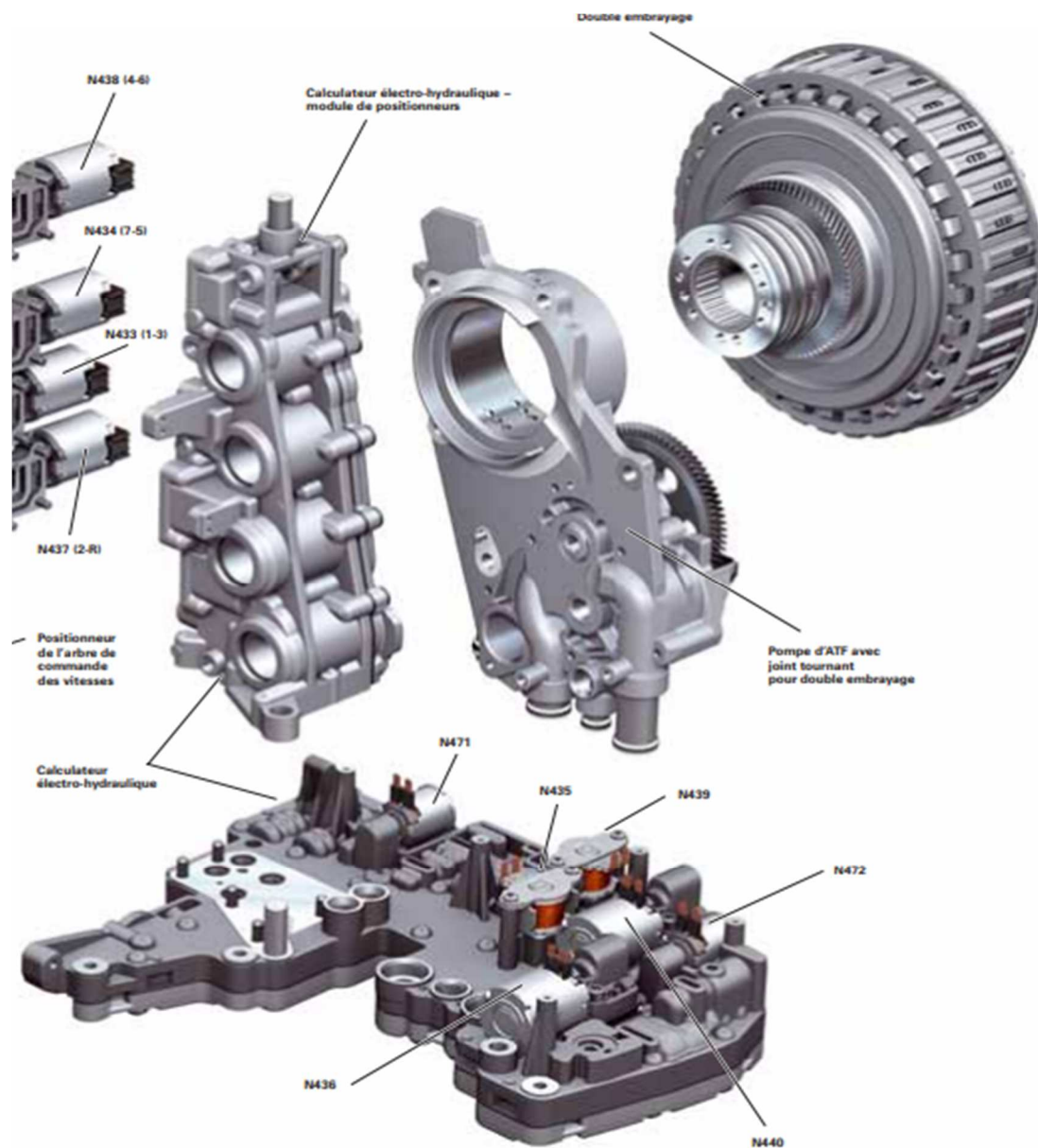
- 1 -Grille de connexion 1
- 2 -Module de positionneur d'arbre de commande des vitesses
- 3 -Capteur de déplacement 1 pour positionneur hydraulique de l'arbre de commande des vitesses -G487- pour positionneur d'arbre de commande des vitesses 2–R
- 4 -Capteur de déplacement 2 pour positionneur hydraulique de l'arbre de commande des vitesses -G488- pour positionneur d'arbre de commande des vitesses 1-3
- 5 -Capteur de déplacement 3 pour positionneur hydraulique de l'arbre de commande des vitesses -G489- pour positionneur d'arbre de commande des vitesses 7-5
- 6 -Capteur de déplacement 4 pour positionneur hydraulique de l'arbre de commande des vitesses -G490- pour positionneur d'arbre de commande des vitesses 4-6
- 7 - Transmetteur de température d'embrayage -G509-
- 8 - Transmetteur 3 de régime d'entrée de boîte de vitesses -G641- pour régime d'entrée d'embrayage
- 9 - Grille de connexion 2
- 10 Unité de commande électrohydraulique

**NOTA**

Après remplacement de la mécanique ou du calculateur de boîte, il faut procéder à différentes adaptations à l'aide du contrôleur de diagnostic.

### **II.12.1 Commande électrohydraulique**

La figure représente l'unité de commande électrohydraulique avec tous les composants pilotés par les actionneurs.



**Figure II.10 :** l'unité de commande électrohydraulique avec tous les composants pilotés.

Dans la sous-boîte 1:

- Vanne N433 : pour le positionneur des rapports 1-3
- Vanne N434 : pour le positionneur des rapports 7-5
- Vanne N435 : pour l'activation de la vanne d'embrayage E1
- Vanne N436 : pour la régulation de pression de la sous-boîte 1

Dans la sous-boîte 2:

- Vanne N437 : pour le positionneur des rapports 2-R

- Vanne N438 : pour le positionneur des rapports 4-6
- Vanne N439 : pour l'activation de la vanne d'embrayage E2
- Vanne N440 : pour la régulation de pression de la sous-boîte 2

Autres vannes:

- Vanne N471 : vanne d'huile de refroidissement
- Vanne N472 : vanne de pression principale

### II.12.2. Les Sélecteurs de fourchette

Les sélecteurs de fourchettes ne disposent pas d'un mécanisme d'arrêt intégré. Pour maintenir les fourchettes dans la position nécessaire, cela relève de la fonction du positionneur sur l'arbre de commande des vitesses. Les éléments munis d'arrêteurs sont uniquement le baladeur et le synchroniseur. P : positionneur. [7]

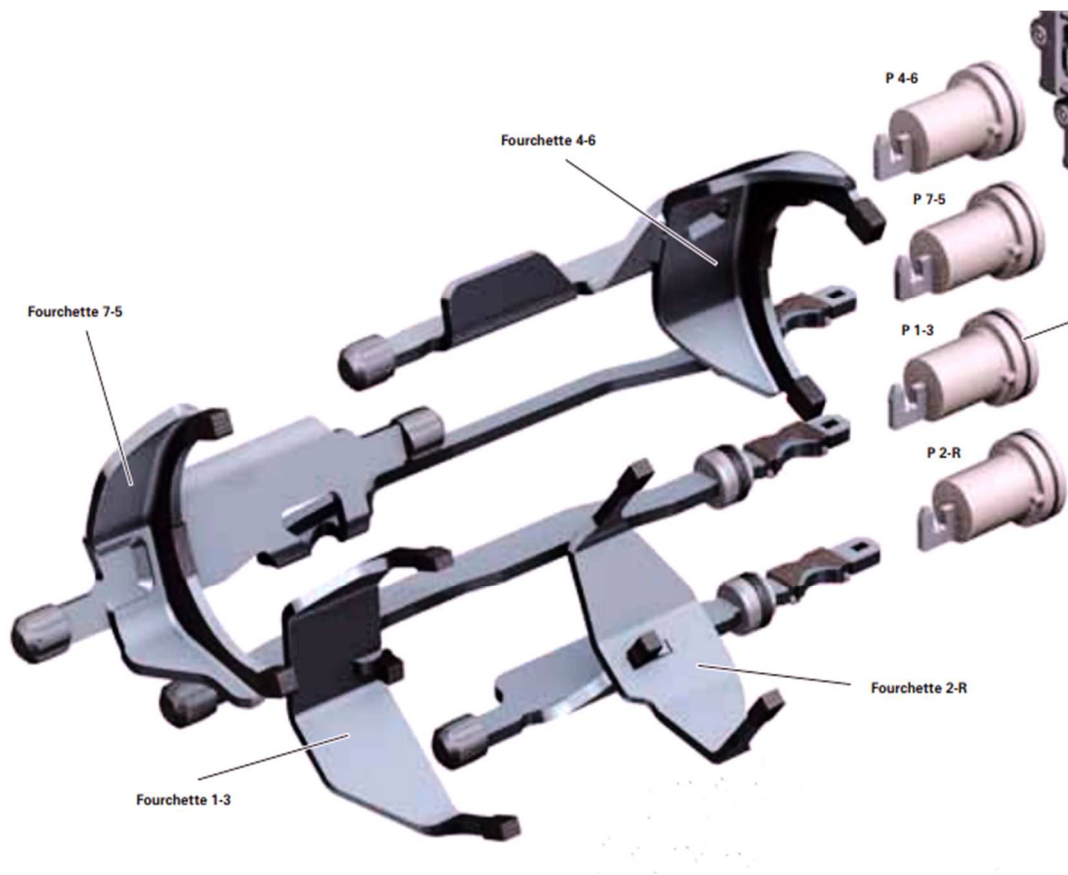
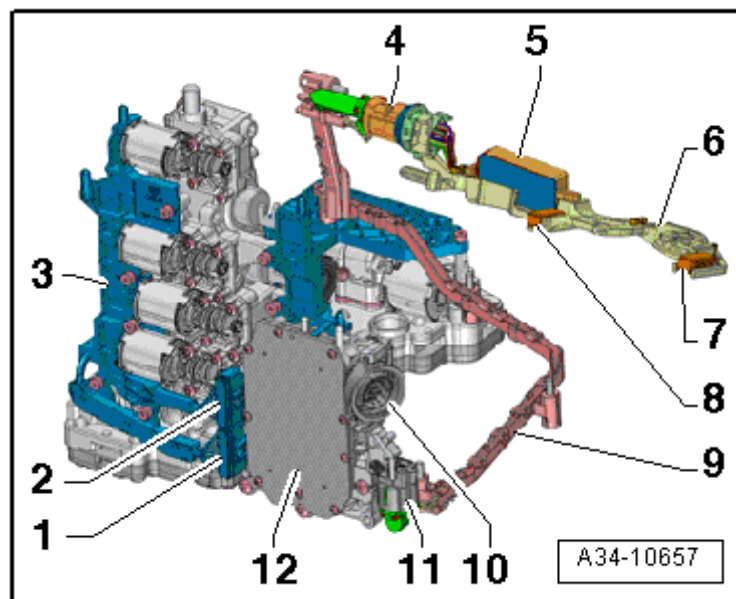


Figure II.11 : Les sélecteurs de fourchette

### II.12.3. Connecteurs et modules de capteurs de la mécatronique :



**Figure II.12 :** Connecteurs électriques de la mécatronique.

Connecteurs électriques de la mécatronique :

1. Calculateur de boîte de vitesses (Grille de connexion 1)
2. Calculateur de boîte de vitesses (Grille de connexion 2)
3. Grille de connexion 2
4. Connecteur du module de capteurs sur le faisceau de câbles
5. Capteur de rapport (G676)
6. Grille de connexion 3 (Module de capteurs)
7. Transmetteur 1 du régime d'entrée de boîte de vitesses (G632)
8. Transmetteur 2 du régime d'entrée de boîte de vitesses (G612)
9. Jeu de câbles avec passe-câbles
10. Calculateur de boîte de vitesses (Faisceau de câbles du véhicule)
11. Calculateur de boîte de vitesses (Module de capteurs)
12. Calculateur de boîte de vitesses

Les composants numérotés de 4 à 8 sont regroupés sous le terme "module de capteurs". [10]

### **II.13. Informations supplémentaires sur le calculateur de boîte**

La gamme B8 introduit un nouveau protocole de données et de diagnostic pour les calculateurs du moteur, de boîte et d'airbag. Cette mise à jour supprime les blocs de valeurs de mesure et les numérotations précédemment utilisés. Désormais, chaque valeur de mesure est disponible sous forme de texte clair, classé alphabétiquement. Cette évolution permet une sélection ciblée des valeurs de mesure requises.

#### **II.13.1. L'effacement de la mémoire de défauts :**

Lorsque les mémoires de défauts des calculateurs du moteur et de la boîte sont effacées, elles le sont simultanément. En d'autres termes, effacer la mémoire de défauts du calculateur de la boîte entraîne automatiquement l'effacement de la mémoire du calculateur du moteur, et vice versa. Cette règle s'applique également dans l'autre sens : effacer la mémoire d'événements du calculateur du moteur entraîne également l'effacement de la mémoire du calculateur de la boîte.

#### **II.13.2. Le remorquage :**

Pour remorquer un véhicule équipé d'une boîte S tonic, il est essentiel de respecter les restrictions d'utilisation pour les boîtes de vitesses automatiques :

- Assurez-vous que le levier sélecteur est en position « N ».
- La vitesse de remorquage ne doit pas excéder 50 km/h.
- La distance maximale de remorquage ne doit pas dépasser 50 km. [7]

## Chapitre III

# Dimensionnement l'arbre transmission principale et Modélisation géométrique

### III.1. Introduction

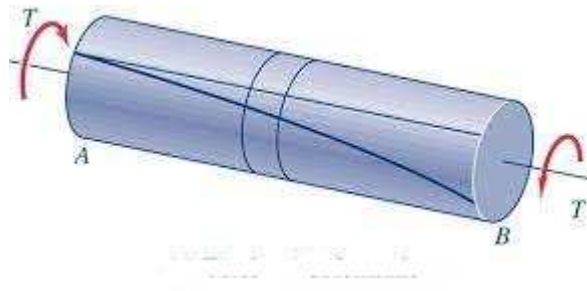
Ce chapitre concernera, en premier lieu, dimensionnement l'arbre principal (arbre transmission 1) de BVA DSG/DL501 qui est l'une des parties les plus importantes responsables de Les rapports impairs (1, 3, 5, 7). Il s'agira de trouver le diamètre acceptable dans des conditions de contrainte admissible, en choisissant le matériau le plus communément utilisé dans ce contexte. Ensuite, Nous étudierons ensuite l'effet du couple moteur max sur l'arbre transmission 1 pour trouver L'emplacement plus exposé de contrainte. Ensuite atteindre les conditions de résistance. Après cela, nous concevrons et trouver des résultats grâce à un logiciel de simulation

### III.2. DIMENSIONNEMENT LES ARBERS

. On remarque que les arbres de BVA sont soumis à des couples de torsion et à des efforts axiaux, mais les engrenages ne sont soumis qu'à des efforts tangentiels et à des efforts centrifuges et à des moments fléchissant dus aux efforts axiaux.

Les arbres subissent des contraintes à la fois en torsion et en flexion. Dans cette phase du projet, la flexion ne peut pas être prise en compte, parce qu'on ne connaît ni les forces qui chargent les arbres, ni la localisation des forces entre les appuis et les arbres sont **des arbres courte** dans ce cas, que les charges (engrenages, poulies, ...) appliquées sur l'arbre ne peuvent le faire fléchir. L'arbre, de diamètre  $d$ , peut être calculé à la torsion. Donc, pour obtenir des valeurs indicatives des diamètres des arbres et la contrainte admissible et atteindre les conditions de résistance, on va faire les dimensionnements dans le cas de torsion, en tenant compte de l'existence de la flexion. Les arbres lounge(couche). Ils mesurent 2 m, 3 m ou plus.

La torsion a lieu lorsque sur un arbre agissent des forées extérieures qui engendrent un moment par rapport à son axe. La déformation de torsion s'accompagne d'une rotation des sections transversales de l'arbre l'une par rapport à l'autre autour de l'axe de cette dernière. [11]



**Figure III.1 :** Représente déformation de torsion

### III.2.1. Matériaux de l'étude

Les aciers à teneur en carbone utilisés couramment pour les arbres de transmission sont désignés selon les codes SAE 1040 et 4140. L'acier au carbone AISI 1040 est un équivalent de l'acier EN8 qui a une teneur élevée en carbone et peut être durci par traitement thermique suivi d'une trempe et d'un revenu pour atteindre une résistance à la traction de 150 à 250 ksi. Concrètement, cela équivaut à la EN8/080M40. C'est un acier de résistance moyenne avec une résistance à la traction adéquate. Nous choisirons **AISI 1040**

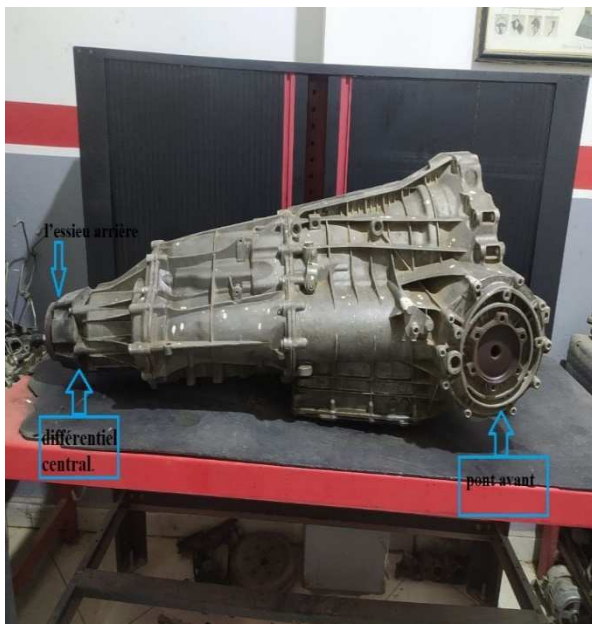
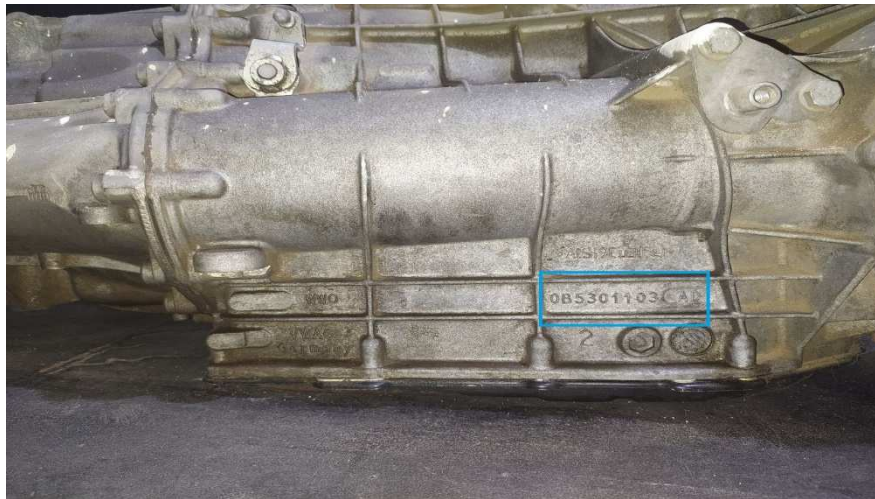
#### Propriétés mécaniques

- Limit d'élasticité ( $R_e$ ) : 415 MPa
- Résistance à la traction ( $R_m$ ) : 620 MPa
- Module de cisaillement (typique pour les aciers) :  $G=80$  GPa
- Module d'élasticité:  $E= 210$  GPa
- Bonne résistance à la fatigue
- Bonne résistance à l'usure
- Bonne ductilité. [12]

### III.2.2. Démontage de la boîte vitesses automatique DSG/0B5

Une boîte automatique DSG/0B5 a été démontée au niveau du hall technologique de FORMADIESEL, afin d'approfondir les connaissances théoriques acquises





**Figure III.2 :** Les images de BVA DSG/0B5 avant démontage

- Nous avons démonté l'arrière de la boîte de vitesses. Ensuite nous avons démonté la mécanique Pour faciliter le processus de démontage des arbres de BVA. Les arbres ils sont dans un seul paquet



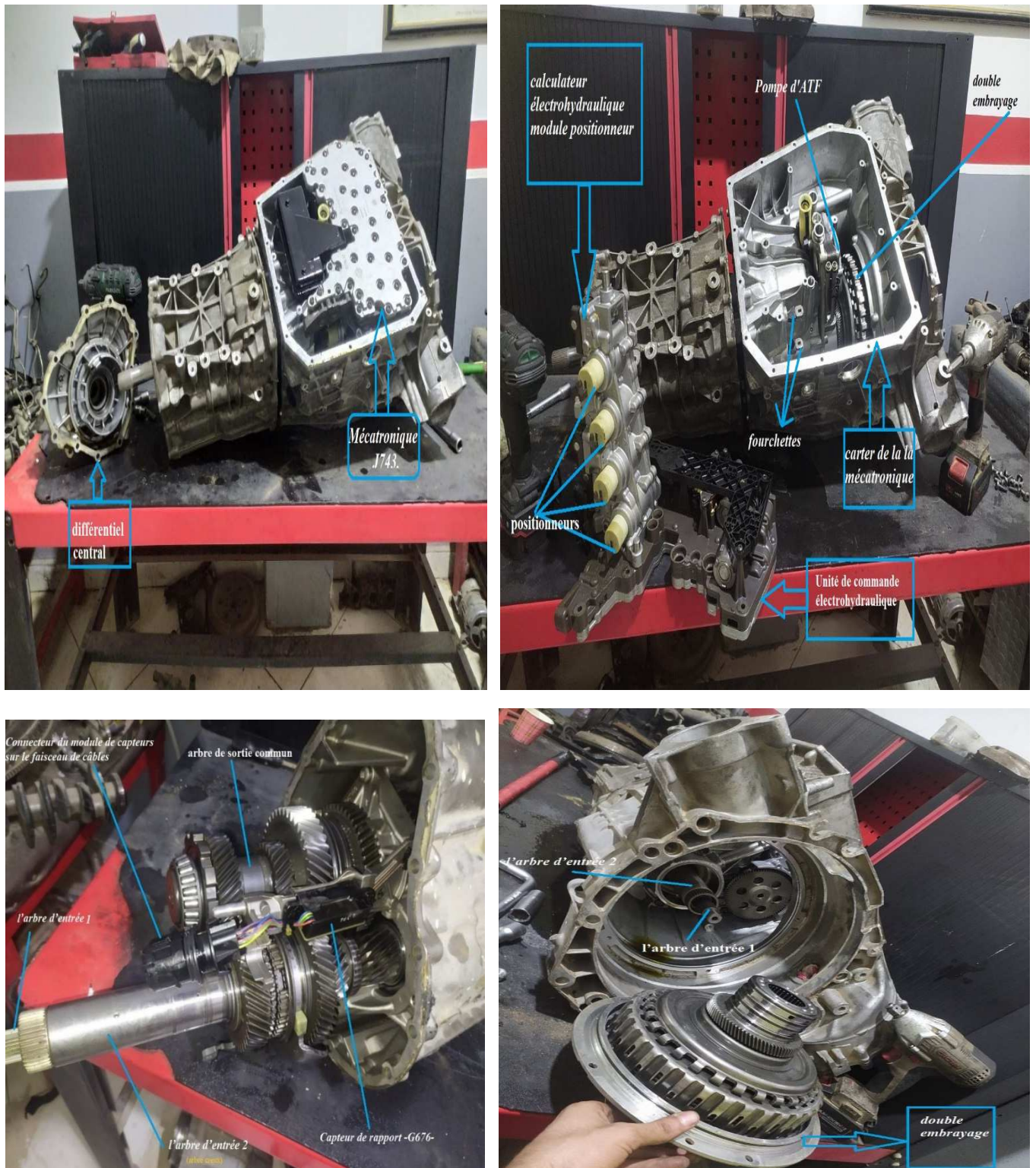


Figure III.3 : Les images de BVA DSG/0B5 après démontage

### III.3. DIMENSIONNEMENT L'ARBRE DE TRANSMISSION 1

Un arbre, qu'il soit mobile ou fixe, est un composant essentiel des machines. Il supporte des engrenages, des poulies, des pignons, etc., et adopte généralement une forme de révolution. Son rôle principal est de transmettre de la puissance, mais il peut également servir à positionner des éléments entre eux. En fonction de son utilisation, il peut être désigné par différents noms. Dans ce cas précis, deux arbres sont en jeu :

- L'arbre de transmission : il transfère un couple, habituellement d'un élément moteur à un autre élément de la machine.
- Les arbres récepteurs : ils constituent l'organe principal des machines réceptrices.

Dans cette configuration, l'arbre 1 agit en tant qu'arbre de transmission, étant responsable de Les rapports impairs (1, 3, 5, 7), tandis que l'arbre récepteur est l'arbre de sortie. Les deux arbres sont soumis à un moment de torsion, ce qui signifie qu'il n'y a pas de résultantes des forces agissant le long des axes Oy et Oz. [13]

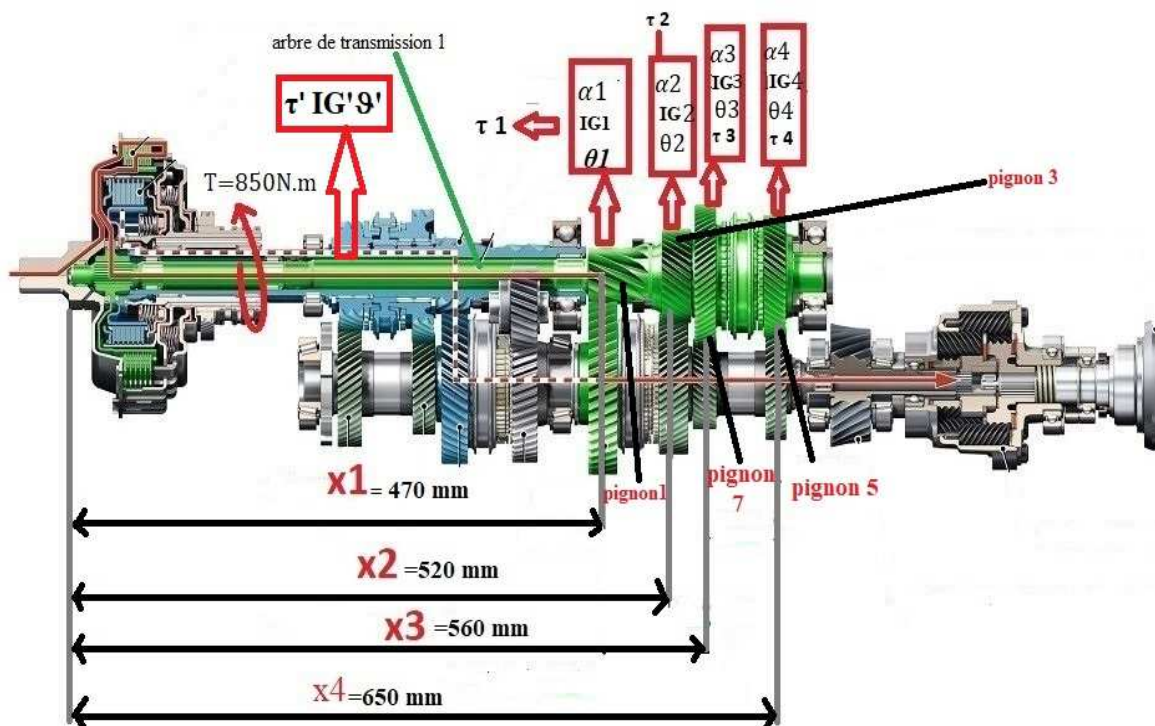


Figure III.4 : Représente les points qui sera étudié

### III.3.1. CONDITION DE RESISTANCE

La Condition de résistance Pour que la pièce résiste en toute sécurité à la torsion, il faut que la contrainte maximale soit inférieure à la contrainte admissible du métal. D'où la condition de la résistance statique de l'arbre à la torsion est sous forme :

$$\tau_{max} \leq \tau_{adm}$$

Le moment quadratique polaire  $I_G$  par rapport au centre G de l'arbre 1 (arbre cylindrique plein) de diamètre  $d$  par :

$$I_G = \frac{\pi \cdot d^4}{32}$$

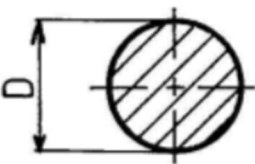
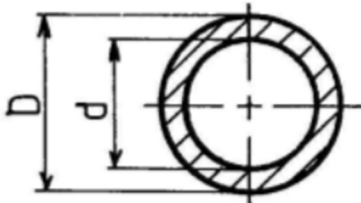
Sections	Caractéristiques
	$I_o = \frac{\pi D^4}{32}$ $\frac{I_o}{R} = \frac{\pi D^3}{16}$
	$I_o = \frac{\pi}{32} (D^4 - d^4)$ $\frac{I_o}{R} = \frac{\pi D^3}{16} - \frac{\pi d^3}{16}$

Figure III.5 : Représenté s expressions de moments quadratiques polaires dans le cas de **tor-**  
**sion** en fonction de la section

#### III.3.1.1. Calculer La contrainte admissible

- La contrainte admissible de torsion :  $\tau_{adm} = \frac{R_{pg}}{s}$

$$R_p = \frac{R_e}{2} = \frac{415}{2} = 207,5 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$R_{pg} = \frac{R_p}{2} = \frac{207,5}{2} = 103,75 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

### Notions sur les coefficients de sécurité

Pour assurer la sécurité d'une structure telle qu'une machine ou un véhicule face aux charges qu'elle est normalement soumise à supporter, il est généralement suffisant qu'elle puisse résister à des charges supérieures. Cette capacité à supporter ces charges supplémentaires est ce que l'on appelle la résistance de la structure. Elle est évaluée à l'aide d'un coefficient de sécurité, noté (s). [14]

$$s = \frac{\text{charge admissible}}{\text{charge exercées}} = \frac{\text{résistance réelle}}{\text{résistance nécessaire}}$$

La sécurité est obtenue si, sous charge

- les déformations du matériau restent élastiques
- la rupture du matériau n'est pas atteinte

$$s = \frac{Re}{Rp} = \frac{\text{résistance élastique}}{\text{résistance pratique}} \quad \text{Où } s = \frac{Rr}{Rp} = \frac{\text{résistance à la rupture}}{\text{résistance pratique}}$$

$$s = \frac{Re}{Rp} = \frac{415}{207,5} = 2$$

La Contrainte de torsion admissible égale :

$$\tau_{adm} = \frac{Rpg}{2} = \frac{103,75}{2} = 51,875 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

### III.3.1.2. La relation de dimensionnement

La relation de dimensionnement Pour calcule le diamètre acceptable dans conditions de contrainte admissible.

Néglige les frottements des paliers

**Nota** : dans le cas de torsion simple on retient :  $C_M = M_t$

Couple moteur max  $(C_M)_{max} = \text{Le moment de torsion } (M_t) = 850000 \text{ N.mm.}$

Pour un arbre cylindrique plein de diamètre **d** dans le cas de **torsion** La relation est donnée comme suit. [15]

$$\tau_{adm} = \frac{16 Mt}{\pi d'^3}$$

$$d' \geq 3 \sqrt{\frac{16 Mt}{\pi \tau_{adm}}}$$

$$d' \geq 3 \sqrt{\frac{16 \cdot 850000}{\pi \cdot 51,875}}$$

Donc le diamètre acceptable  $d' = 43 \text{ mm}$

**$\tau_{adm}$** : Contrainte de torsion admissible (N/mm<sup>2</sup>)

**s**: Coefficient de sécurité

**d'**: le diamètre minimal que fera chaque arbre ( le diamètre acceptable) (mm)

**M<sub>t</sub>** : moment de torsion (N.mm)

**R<sub>pg</sub>** : La résistance pratique au glissement du matériau (N/mm<sup>2</sup>)

**R<sub>p</sub>** : Résistance pratique (N/mm<sup>2</sup>)

**R<sub>e</sub>** : Limite élastique (l'extension) (N/mm<sup>2</sup>)

**d** : Diamètre (mm)

**IG** : Moment quadratique polaire pour l'arbre cylindrique plein (mm<sup>4</sup>)

**$\tau_{max}$** : La contrainte tangentielle maximale (N/mm<sup>2</sup>)



### III.3.1.3. Déformation angulaire

On trace la génératrice **MoM** est on fait croître **Mt** ; on constate que :

- La génératrice se déforme suivant une hélice **MoM'**
- La section droit (S) tourne d'un angle  $\alpha$  autour de l'axe

- Angle de torsion égale :  $\alpha = \frac{Mt \cdot x}{G \cdot IG}$

$C_M$ : couple moteur en (N.mm)

$\alpha$ : Angle de torsion en (rad)

- Angle unitaire de torsion unitaire égale :

$$\vartheta = \alpha / L$$

L : longueur de l'éprouvette en (mm)

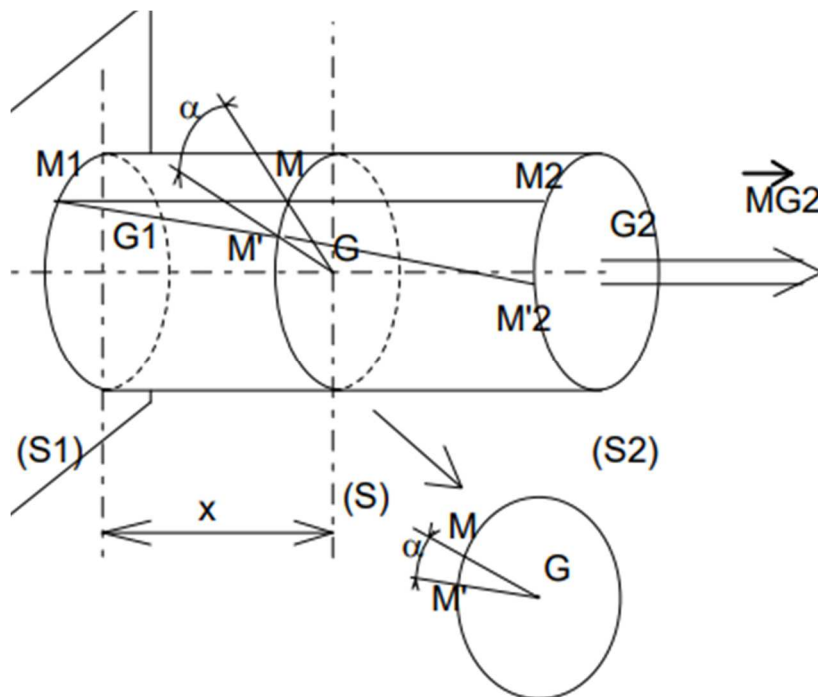


Figure III.6 : Déformation angulaire de torsion

### III.3.1.4. Relation moment de torsion ( $M_t$ ) et angle unitaire ( $\vartheta$ )

$$M_t = G \cdot IG \cdot \vartheta$$

Avec : 
$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

**E** : module de Young ou Module d'élasticité en N/mm<sup>2</sup>

**ν**: coefficient de Poisson = 0,3.

**G** : module d'élasticité transversal ou Module de cisaillement en N/mm<sup>2</sup> : 80000 N/mm<sup>2</sup>

**ϑ**: angle unitaire en rad/m

### III.3.1.5. Relation contrainte tangentielle (τ) et angle unitaire (ϑ)

$$\tau = G \cdot \rho \cdot \vartheta$$

Pour  $\rho_{MAX} = R$   $\tau_{MAX} = G \cdot R \cdot \vartheta$

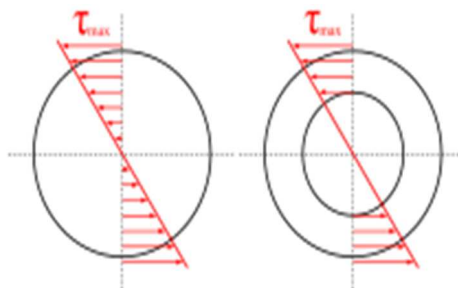
**R** : Rayon

### III.3.1.6. Relation contrainte tangentielle (τ) et moment de torsion (Mt)

$$\tau_{max} = \frac{Mt}{\frac{IG}{\nu}}$$

- on pose  $\nu = R$
- $\frac{IG}{\nu}$  est appelé module de torsion en mm<sup>3</sup>

**τ<sub>max</sub>**: La contrainte tangentielle maximale (N/mm<sup>2</sup>). [16]



**Figure III.7** : Répartition des contraintes sur l'axe vertical dans le cas d'un arbre plein (gauche) et d'un tube (droite).

## III.4. L'emplacement plus exposé de contrainte (la zone critique)

### ❖ Pour pignon 1

- Diamètre de pignon 1 :  $d_1 = 50$  mm
- Le moment quadratique polaire  $IG_1$  :

$$IG_1 = \frac{\pi \cdot d_1^4}{32} = \frac{\pi \cdot 50^4}{32}$$

$$IG_1 = 613592,3151 \text{ mm}^4$$

$X_1=470$  mm

- Angle de torsion égale :  $\alpha_1 = \frac{Mt \cdot x_1}{G \cdot IG_1} = \frac{850000 \times 470}{80000 \times 613592,3151}$

$$\alpha_1 = 0,008138 \text{ rad}$$

- Angle unitaire de torsion égale :  $\vartheta_1 = \alpha_1 / x_1$   
 $\vartheta_1 = 0,008138 / 470 = 17,314 \times 10^{-6} \text{ rad/mm}$

- Moment de torsion  $M_{t1}$  :  $M_{t1} = G \cdot IG_1 \cdot \vartheta_1$

$$M_{t1} = 80000 \times 17,314 \times 10^{-6} \times 613592,3151 = 849898,98 \text{ N.m}$$

- Contrainte tangentielle maximal ( $\tau_{MAX}$ ) :

$$\tau_{m \times x_1} = \frac{M_{t1} \cdot R_1}{IG_1} = \frac{849898,98 \times 25}{613592,3151}$$

$$\tau_{m \times x_1} = 34,628 \text{ N/mm}^2$$

- CONDITION DE RESISTANCE :

$$\tau_{max1} \leq \tau_{adm}$$

$$34,628 \leq 51,875$$

Les conditions de résistance sont satisfaites

### ❖ Pour pignon 3

- Diamètre de pignon 3 :  $d_3 = 60$  mm



- Le moment quadratique polaire  $IG_3$  :

$$IG_3 = \frac{\pi \cdot d^4}{32} = \frac{\pi \cdot 60^4}{32}$$

$$IG_3 = 1272345,0247 \text{ mm}^4$$

$X_2 = 520 \text{ mm}$

- Angle de torsion égale :  $\alpha_3 = \frac{Mt \cdot x_2}{G \cdot IG_3}$

$$\alpha_3 = \frac{850000 \times 520}{80000 \times 1272345,0247}$$

$$\alpha_3 = 0,00434 \text{ rad}$$

- Angle unitaire de torsion égale :  $\vartheta_3 = \alpha_3 / x_2$

$$\vartheta_3 = 8,35 \times 10^{-6} \text{ rad/mm}$$

- Moment de torsion  $M_{t3}$  :  $M_{t3} = G \cdot IG_3 \cdot \vartheta_3$

$$M_{t3} = 80000 \times 8,35 \times 10^{-6} \times 1272345,0247 = 849926,47 \text{ N.m}$$

- Contrainte tangentielle maximal ( $\tau_{MAX}$ ) :

$$\tau_{max3} = \frac{M_{t3} \cdot R_3}{IG_3} = \frac{849926,47 \times 35}{1272345,0247}$$

$$\tau_{max3} = 23,38 \text{ N/mm}^2$$

- CONDITION DE RESISTANCE :

$$\tau_{max3} \leq \tau_{adm}$$

$$23,38 \leq 51,875$$

Les conditions de résistance sont satisfaites

### ❖ Pour pignon 7

- Diamètre de pignon 7 :  $d_7 = 130 \text{ mm}$

- Le moment quadratique polaire  $IG_7$  :

$$IG_7 = \frac{\pi \cdot d_7^4}{32}$$

$$IG7 = \frac{\pi \cdot 130^4}{32} = 28039696,1809 \text{ mm}^4$$

$X_3=560 \text{ mm}$

➤ Angle de torsion égale :  $\alpha_7 = \frac{Mt \cdot x_3}{G \cdot IG7}$

$$\alpha_7 = \frac{850000 \times 560}{80000 \times 28039696,1809}$$

$$\alpha_7 = 0,000212 \text{ rad}$$

➤ Angle unitaire de torsion égale :  $\vartheta_7 = \alpha_7 / x_3$

$$\vartheta_7 = 3,78 \times 10^{-6} \text{ rad /mm}$$

➤ Moment de torsion  $M_{t7}$  :  $M_{t7} = G \cdot IG7 \cdot \vartheta_7$

$$M_{t7} = 80000 \times 3,78 \times 10^{-6} \times 28039696,1809 = 8479204,125 \text{ N.m}$$

➤ Contrainte tangentielle maximal ( $\tau_{MAX}$ ) :

$$\tau_{m\text{ax}7} = \frac{Mt_7 \cdot R_7}{IG7}$$

$$\tau_{m\text{ax}7} = \frac{8479204,125 \times 65}{28039696,1809}$$

$$\tau_{m\text{ax}7} = 19,65 \text{ N/mm}^2$$

➤ CONDITION DE RESISTANCE :

$$\tau_{max7} \leq \tau_{adm}$$

$$19,65 \leq 51,875$$

Les conditions de résistance sont satisfaites

### ❖ Pour pignon 5

➤ Diamètre de pignon 5 :  $d_5 = 120 \text{ mm}$

➤ Le moment quadratique polaire  $IG_5$  :

$$IG7 = \frac{\pi \cdot d_5^4}{32}$$

$$IG5 = \frac{\pi \cdot 120^4}{32}$$

$$IG_5 = 20357520,39 \text{ mm}^4$$

$$X_4 = 650 \text{ mm}$$

➤ Angle de torsion égale :  $\alpha_5 = \frac{Mt \cdot x_4}{G \cdot IG_5}$

$$\alpha_5 = \frac{850000 \times 650}{80000 \times 20357520,39}$$

$$\alpha_5 = 0,00033 \text{ rad}$$

➤ Angle unitaire de torsion égale :  $\vartheta_5 = \alpha_5 / x_4$

$$\vartheta_5 = 5,21 \times 10^{-7} \text{ rad/mm}$$

➤ Moment de torsion  $M_{t5}$  :  $M_{t5} = G \cdot IG_5 \cdot \vartheta_5$

$$M_{t5} = 80000 \times 5,21 \times 10^{-7} \times 20357520,39 = 848501,44 \text{ N.m}$$

➤ Contrainte tangentielle maximal ( $\tau_{MAX}$ ) :

$$\tau_{m\text{ax}5} = \frac{M_{t5} \cdot R_5}{IG_5}$$

$$\tau_{m\text{ax}5} = \frac{848501,44 \times 60}{20357520,39}$$

$$\tau_{m\text{ax}5} = 2,5 \text{ N/mm}^2$$

➤ CONDITION DE RESISTANCE :

$$\tau_{max5} \leq \tau_{adm}$$

$$2,5 \leq 51,875$$

Les conditions de résistance sont satisfaites

### ❖ Pour Le début de l'arbre

➤ Diamètre = 30 mm

➤ Longueur début de l'arbre :  $L' = 435 \text{ mm}$

➤ Le moment quadratique polaire  $IG'$  :

$$IG' = \frac{\pi \cdot d^4}{32} = \frac{\pi \cdot 30^4}{32}$$

$$IG' = 79521,564 \text{ mm}^4$$

- Contrainte tangentielle maximal ( $\tau'_{MAX}$ ) :

$$\tau'_{max} = \frac{Mt \cdot R}{IG'} = \frac{850000 \times 15}{79521,564}$$

$$\tau'_{max} = 160,33 \text{ N/mm}^2$$

- Angle unitaire de torsion ( $\vartheta'$ )

$$\tau'_{MAX} = G \cdot R \cdot \vartheta'$$

$$\vartheta' = \frac{\tau'_{max}}{G \cdot R} = \frac{160,33}{80000 \times 15} = 0,000136 \text{ rad/mm}$$

- Angle de torsion ( $\alpha'$ )

$$\vartheta' = \alpha' / L'$$

$$\alpha' = \vartheta' \times L' = 0,000136 \times 435 = 0,06 \text{ rad}$$

- CONDITION DE RESISTANCE

$$\tau'_{max} \leq \tau_{adm}$$

$$160,33 > 51,875$$

Les conditions de résistance ne sont pas satisfaites au début de l'arbre transmission 1. [17]

### Nota

Nous remarquons que  $\tau_{max5} < \tau_{max7} < \tau_{max3} < \tau_{max1} < \tau'_{max}$

### III.5. Modélisation géométrique

Dans le domaine de la conception mécanique, la modélisation 3D et la simulation jouent un rôle crucial dans le développement et la validation de produits. En combinant la puissance des logiciels de CAO (Conception Assistée par Ordinateur) comme SolidWorks et les techniques de simulation par éléments finis (MEF), les ingénieurs peuvent analyser les performances et la résistance des composants mécaniques avant leur fabrication physique. La méthode des éléments finis (MEF) est une technique numérique puissante pour résoudre des problèmes d'ingénierie complexes, notamment l'analyse des contraintes et de la résistance des structures mécaniques. Elle consiste à diviser le modèle 3D en petits éléments discrets, à appliquer les charges et les conditions aux limites appropriées, puis à utiliser des équations mathématiques pour calculer les déformations et les contraintes à chaque point de la structure. Nous allons à travers ce chapitre modéliser l'arbre de transmission 1 3D avec le logiciel SolidWorks dans le but de vérifier les contraintes dans les pièces et d'étudier la résistance de chaque composant du l'arbre

#### III.5.1. Modélisation géométrique de l'arbre transmission 1

A l'aide de SolidWorks on a réalisé l'arbre de transmission 1

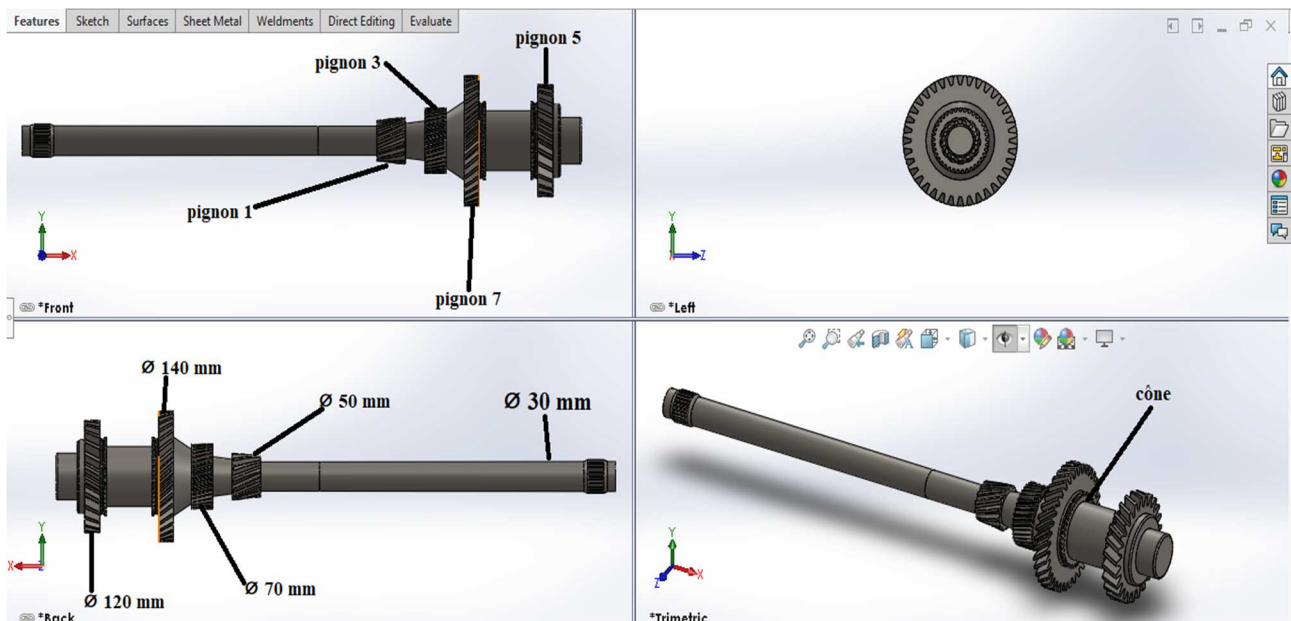


Figure III.8 : Arbre transmission 1 de BVA DSG/0B5

### III.5.2. Vérification via Ansys

La méthode des éléments fins (MEF) permet de modifier les structures mécaniques. Au moment de la conception, il est possible de calculer les zones de hauteurs contrastées et d'autres zones, en ajustant la structure pour optimiser leur aptitude et leur résistance. [18]

#### III.5.2.1. Les étapes d'étude sur Ansys

- Tout d'abord, nous avons converti le fichier de conception de SolidWorks (\*.IGS) à l'Ansys.

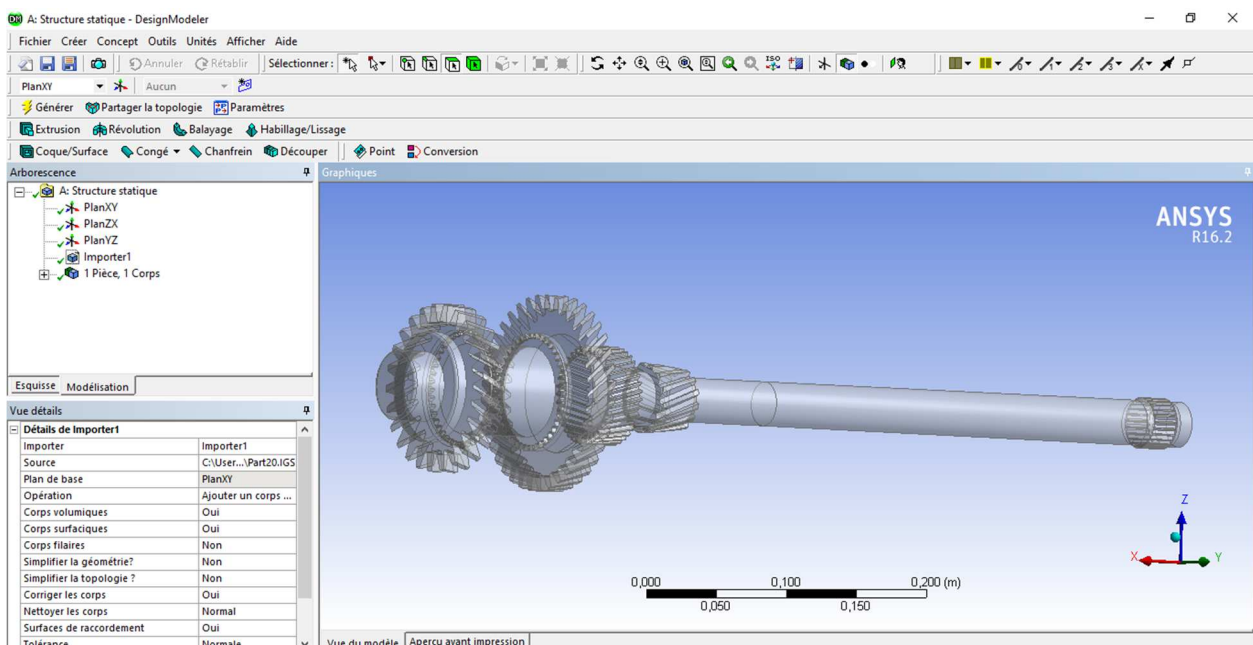


Figure III.9 : Géométrie de l'arbre transmission 1 sur Ansys

- Ensuite, nous avons saisi les données de matérielle AISI 1040 :

Module de cisaillement (typique pour les aciers) :  $G=80$  GPa

Module d'élasticité :  $E= 210$  GPa

Limit d'élasticité ( $R_e$ ) : 415 MPa

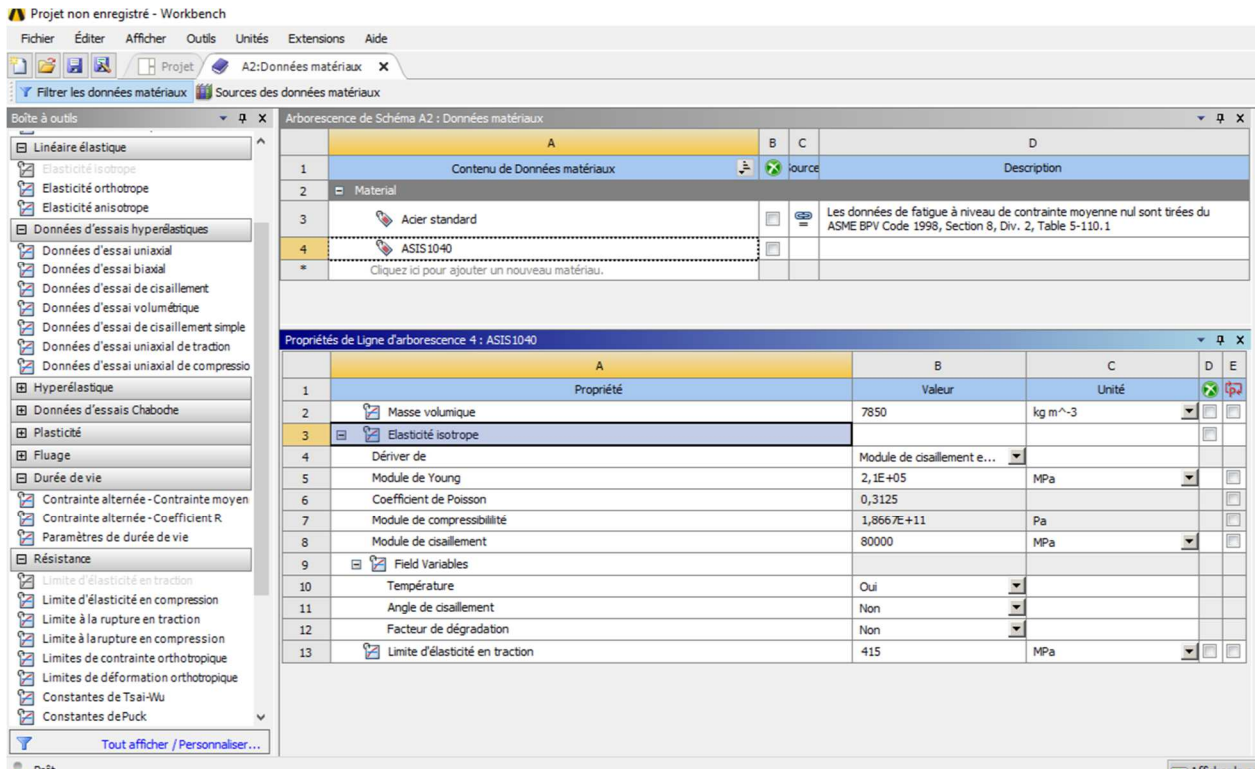


Figure III.10 : Les données de matérielle AISI 1040

➤ Après cela, nous avons effectué le maillage et extraire les résultats. [19]

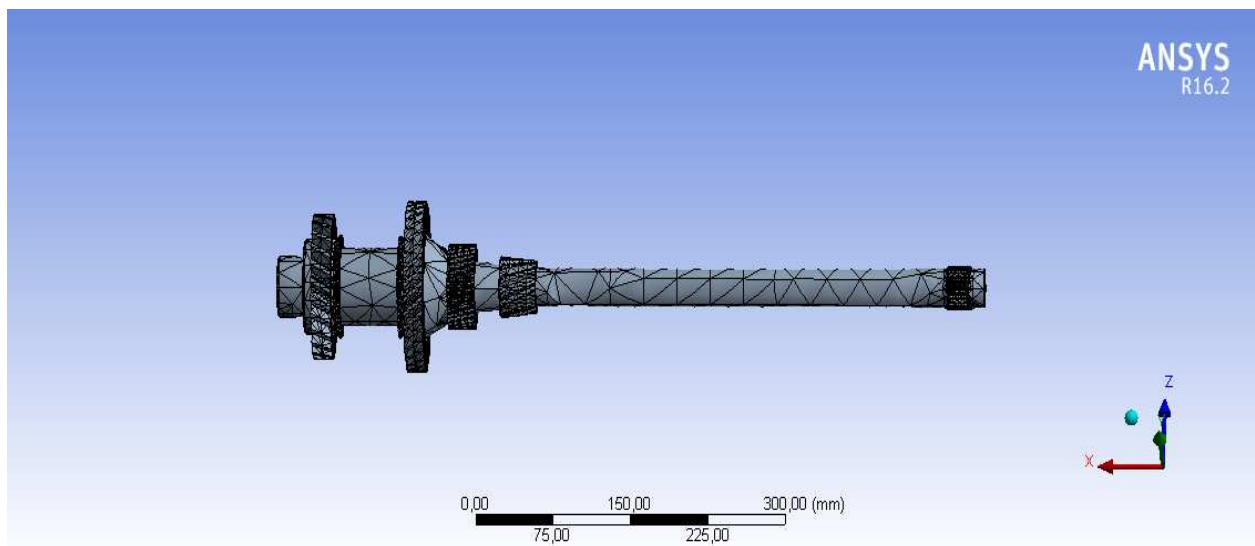


Figure III.11 : Le maillage

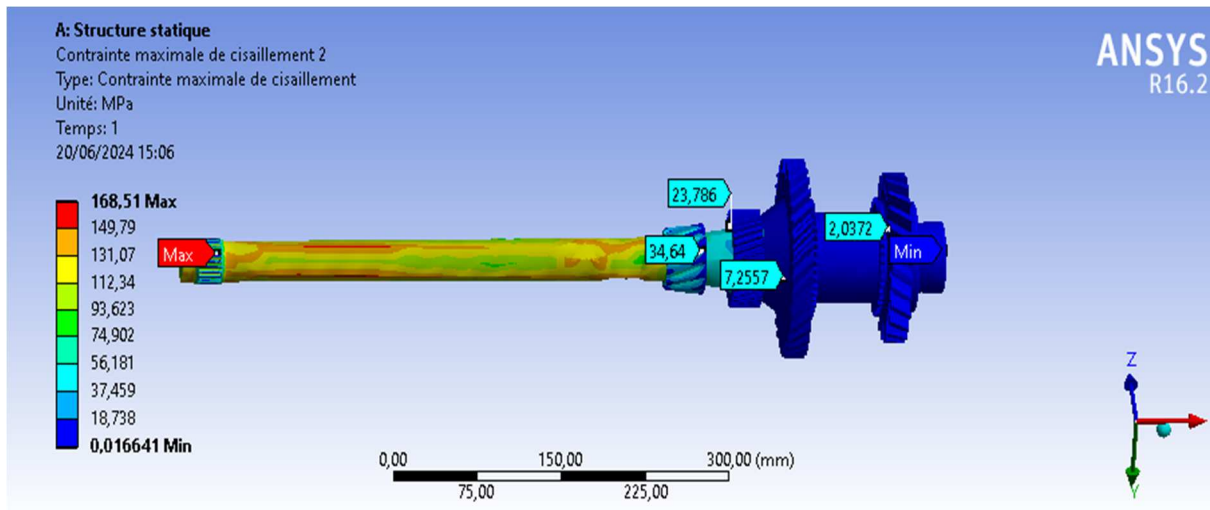


Figure III.12 : Distribution des contrainte de torsion (arbre transmission1)

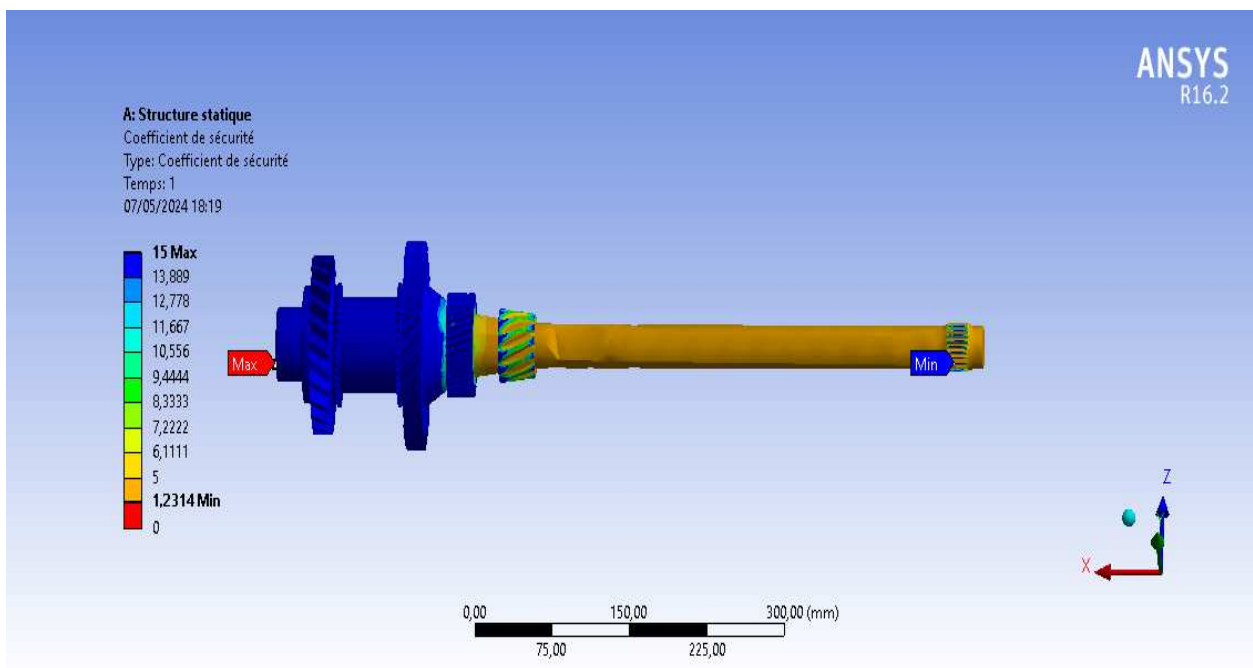


Figure III.13 : Distribution du coefficient de sécurité

- Contraintes tangentielles de torsion  $\tau$  pur est le Contraintes de cisaillement (état de cisaillement pur). [15]



- Un coefficient de sécurité inférieur à 1,24 indique que le matériau s'est rompu à cet endroit.
- Un coefficient de sécurité égal à 1,24 indique que le matériau a commencé à se fissurer à cet endroit.
- Un coefficient de sécurité supérieur à 1,24 indique que le matériau est résistant à cet endroit.

### III.5.2.2. Comparaison entre les résultats de la théorie et les résultats de Ansys.

Les résultats semblent proches en général

**Tableau III.1** Comparaison entre les résultats de la théorie et les résultats de l'Ansys

Contrainte tangentielle ( $\tau$ )	Les résultats de la théorie	Ansys
Début de l'arbre	160.33 MPA	168,51 MPA
Pignon 1	34,628 MPA	34,64 MPA
Pignon 3	23,38 MPA	23,786 MPA
Pignon 5	2,50 MPA	2,0372 MPA
Pignon 7	19,65MPA	7,2557 MPA
Coefficient de sécurité	2	1,24

### **III.6. Conclusion**

En termes de résultats théoriques et de résultats appliqués à l'aide du programme de simulation, nous constatons que le début de l'arbre transmission 1 C'est L'emplacement plus exposé de contrainte (la zone critique). Cela est dû au fait que le diamètre de début de l'arbre transmission 1 est inférieure que le diamètre Acceptable que nous avons calculé : diamètre de début de l'arbre transmission 1 < diamètre acceptable 30 < 43.

Quelques modifications doivent être apportées à l'entrée du premier l'arbre transmission pour que la Boîte de Ross puisse résister au couple qui lui est appliqué.

Ou utilisez un matériau plus résistant.

## Chapitre IV

### Calibration par la reprogrammation de BVA, DSG/DL501

#### IV.1. Introduction :

La reprogrammation se concentre uniquement sur des ajustements logiciels apportés au boîtier électronique de contrôle de la boîte de vitesses DSG, connu sous le nom de Mécatronique. Aucune altération des composants mécaniques de la transmission n'est nécessaire.

Les dysfonctionnements courants des boîtes DSG/S-Tronic proviennent souvent du programme embarqué dans la mécatronique. Les réglages de changement de rapports et de gestion de l'embrayage ne sont pas toujours optimisés pour une conduite quotidienne sur route.

Les programmes de boîte de vitesses élaborés par les constructeurs sont généralement axés sur la conformité aux normes strictes d'émissions et de consommation de carburant EURO 5 et 6. Cependant, ces paramètres peuvent ne pas correspondre aux attentes des conducteurs dans des conditions de conduite réelles, ce qui peut entraîner une expérience de conduite peu satisfaisante et des problèmes de fiabilité.

En intervenant sur la programmation du Mécatronique, les spécialistes de Docteur BVA peuvent ajuster les paramètres du programme d'origine pour répondre précisément aux besoins spécifiques du véhicule et aux préférences du client en termes de fiabilité et de performances.

Il est important de souligner que ces modifications logicielles sont effectuées de manière sûre et réversible, sans aucun risque pour les composants mécaniques de la boîte de vitesses ou du moteur. Cette approche permet d'améliorer le fonctionnement de la transmission, offrant ainsi une conduite plus fluide et une plus grande durabilité. [4]

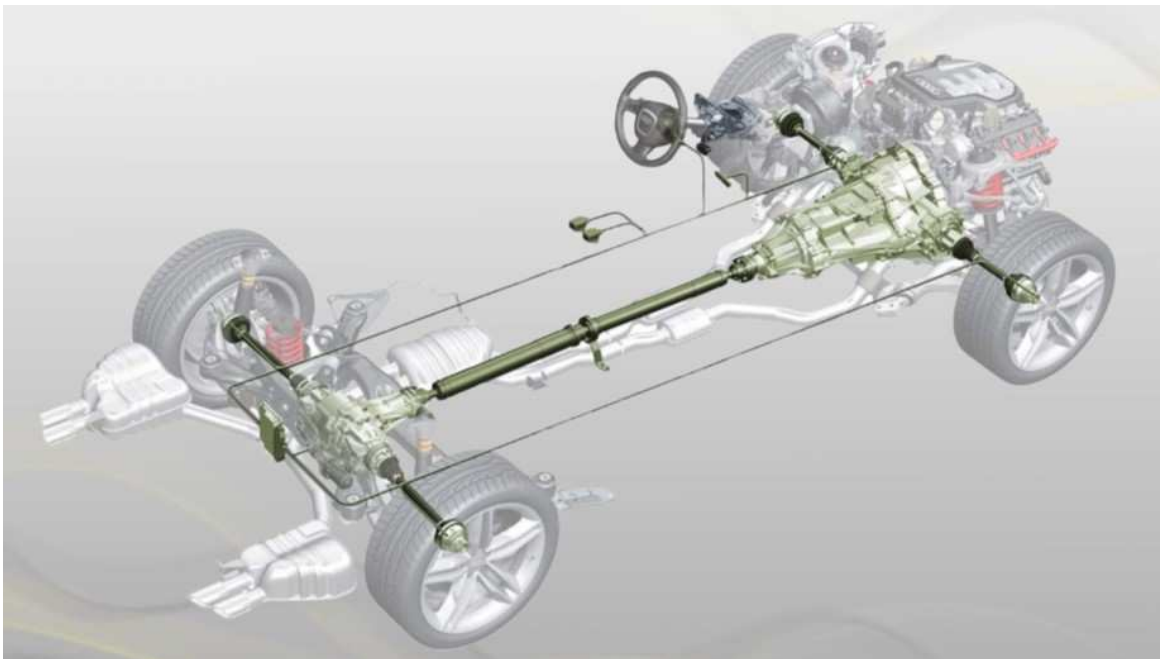
## IV. 2 La reprogrammation

Nous pouvons maintenant commencer par éditer notre fichier d'origine.

- **IV. 2 .1 Description du véhicule:**

La transmission à double embrayage humide DSG/DL501 0B5 est installée sur la transmission intégrale Audi Q5. Plate-forme, qui est également partagée par de nombreux autres véhicules du groupe automobile Volkswagen. La transmission en question n'est installée que sur les véhicules à transmission intégrale. La transmission Temic DSG DL501 0B5 est contrôlée par une unité de commande électronique intégrée à la mécanique. L'unité de commande de transmission en question est équipée d'un microcontrôleur hybride Infineon tricod tc1766.

Le véhicule que nous réglons est l'Audi Q5 8r 2011 équipé d'un moteur TDI de 3 litres de 176 kilowatts et d'une DSG à 7 vitesses, d'une transmission automatique et d'une modalité Tiptronic.



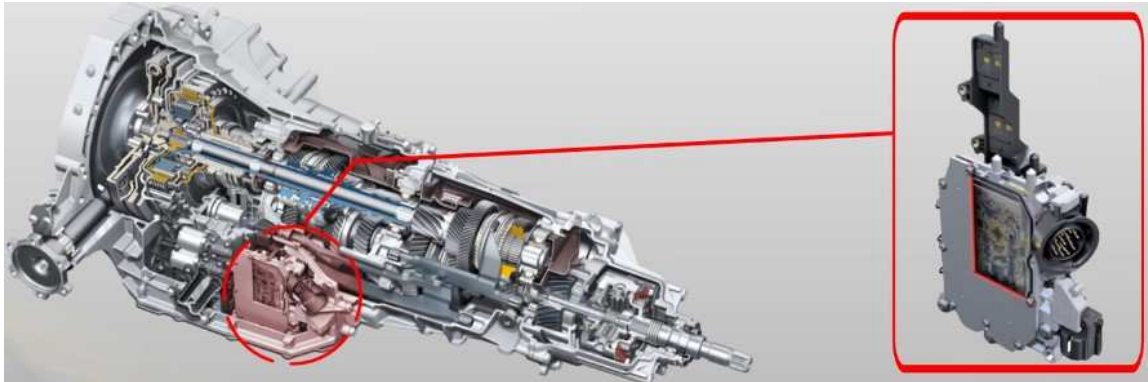
**Figure IV .1 :** le compartiment moteur

- **IV. 2.2. Intervention sur le calculateur de transmission :**

L'unité de commande de transmission ou TCU produite par Chemic est une version DL501. il est essentiel d'intervenir sur le calculateur de transmission lorsque l'on souhaite obtenir un résultat encore meilleur après le réglage du calculateur. Agir en tant que TCU vous permet de supprimer les limitations de la transmission. Par exemple, la transmission en question permet

d'atteindre un couple maximum de 1 000 Newton mètres. Mais le fichier d'origine limite le couple maximum à 500 Newton mètres.

le connecteur électrique de la transmission automatique qui relie le TCU au véhicule est situé à côté de la transmission. ce connecteur est également appelé prise mécatronique



**Figures IV. 2 :** le connecteur électrique de la transmission automatique qui relie le TCU.

- **IV. 2.3. Connectique et outils :**

Cette unité de commande est affectée à des numéros de matériel VAG. Le premier est lisible sur l'étiquette externe et l'autre ne peut être vérifié que via la fonction d'identification disponible sur kessv2. Dans ce véhicule, la transmission est située dans le compartiment moteur et la partie mécatronique qui intègre le TCU est située à côté de la pompe à huile protégée par un couvercle.

Cette prise de diagnostic liée à un outil de diagnostic spécifique sera utilisée pour vérifier que le véhicule ne présente aucun dysfonctionnement tel qu'une erreur DTC que nous sommes détecté par une analyse superficielle. Il est fortement déconseillé sur le véhicule uniquement en cas d'état imparfait. Tout problème non résolu ne peut qu'aggraver le processus de réglage, de plus puisque la transmission DL501 est équipée d'un double embrayage et de nombreux actionneurs hydroélectriques. Le stock de diagnostic sera utile pour vérifier le fonctionnement et les conditions d'entretien de la transmission avant de procéder à la phase de réglage.

La prise OBD2. Cependant, il est situé à l'intérieur de la cabine, sous le volant, à côté de la position gauche du conducteur.

L'unité de commande de transmission temic DL501 ne peut être réglée qu'avec kess v2 pour le moment. Kess v2 doit être relié au connecteur électrique de l'unité de commande de transmission, qui est la prise mécatronique à l'aide du câble 14430 k265 et communique avec l'unité de commande de transmission à l'aide du protocole 577 via la ligne can.

L'outil permet de lire les autres cartes de contrôle de transmission contenues dans le fichier original. Les fonctions standard disponibles dans kess v2 sont la récupération et la configuration de la lecture d'identité. Il est possible de modifier la résistance de rappel et la vitesse de communication en sélectionnant la configuration dans la liste principale.



**Figures IV.3:** la prise OBD2.



**Figures IV.4 :** Câble 14430 k265

- **IV. 2.4. Le programme ECM Titanium**

Le programme utilisé pour le réglage des unités de contrôle électronique (ECU) et de la transmission (TCU) dans des voitures comme l'Audi Q5 avec la transmission DSG DI501 0B5 est

**ECM Titanium** de la société **Alientech**. Ce logiciel est couramment utilisé pour modifier les cartographies et améliorer les performances.

### **Caractéristiques du programme ECM Titanium :**

**1. Analyse des cartographies:**

- Le programme permet d'analyser et de modifier les différentes cartographies de l'unité de contrôle électronique, telles que les cartographies de couple, les points de changement de vitesse et la pression de l'embrayage.

**2. Interface utilisateur intuitive:**

- Il dispose d'une interface utilisateur facile à utiliser, ce qui facilite le processus de modification des fichiers pour les utilisateurs professionnels et débutants.

**3. Large compatibilité:**

- Il prend en charge une large gamme de véhicules et de fichiers de contrôle électronique.

**4. Bases de données intégrées:**

- Il est livré avec des bases de données intégrées pour les cartographies courantes, facilitant ainsi la recherche des cartographies correctes à modifier.

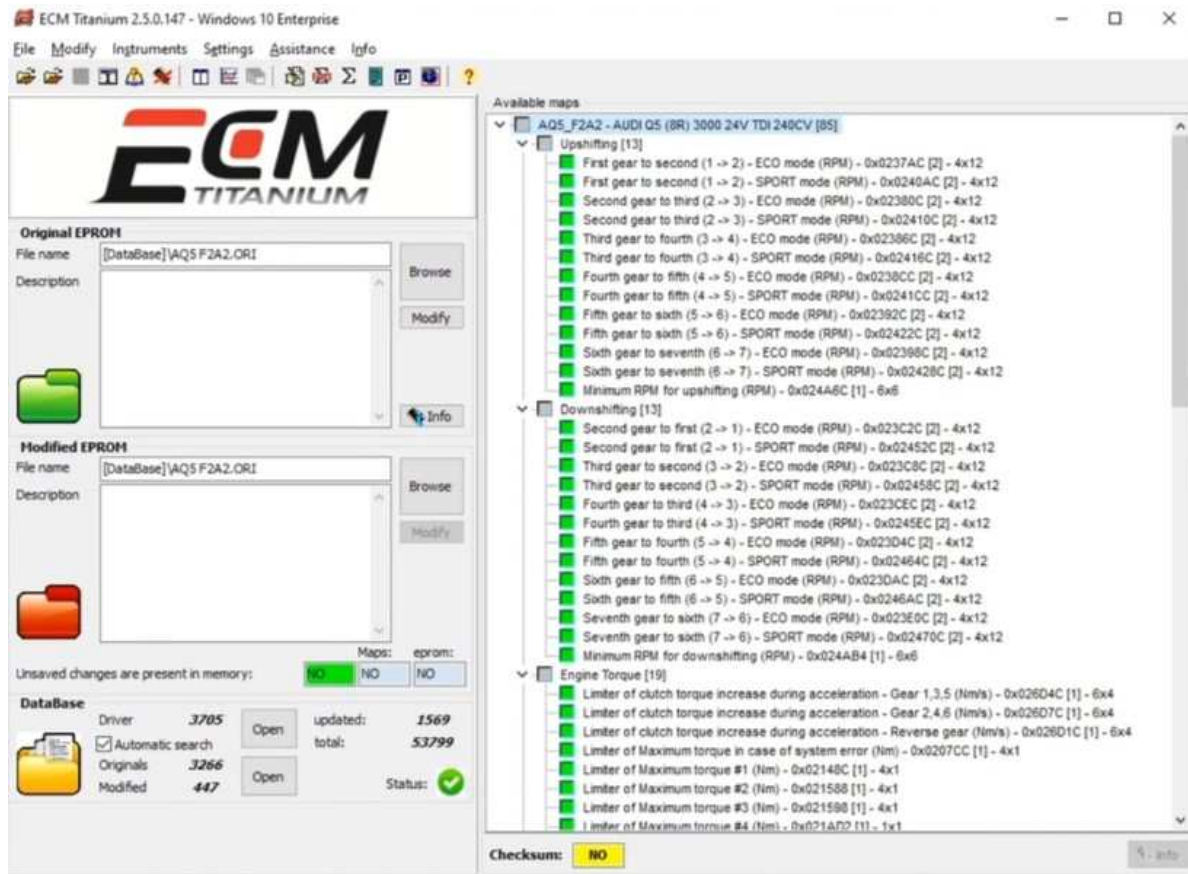
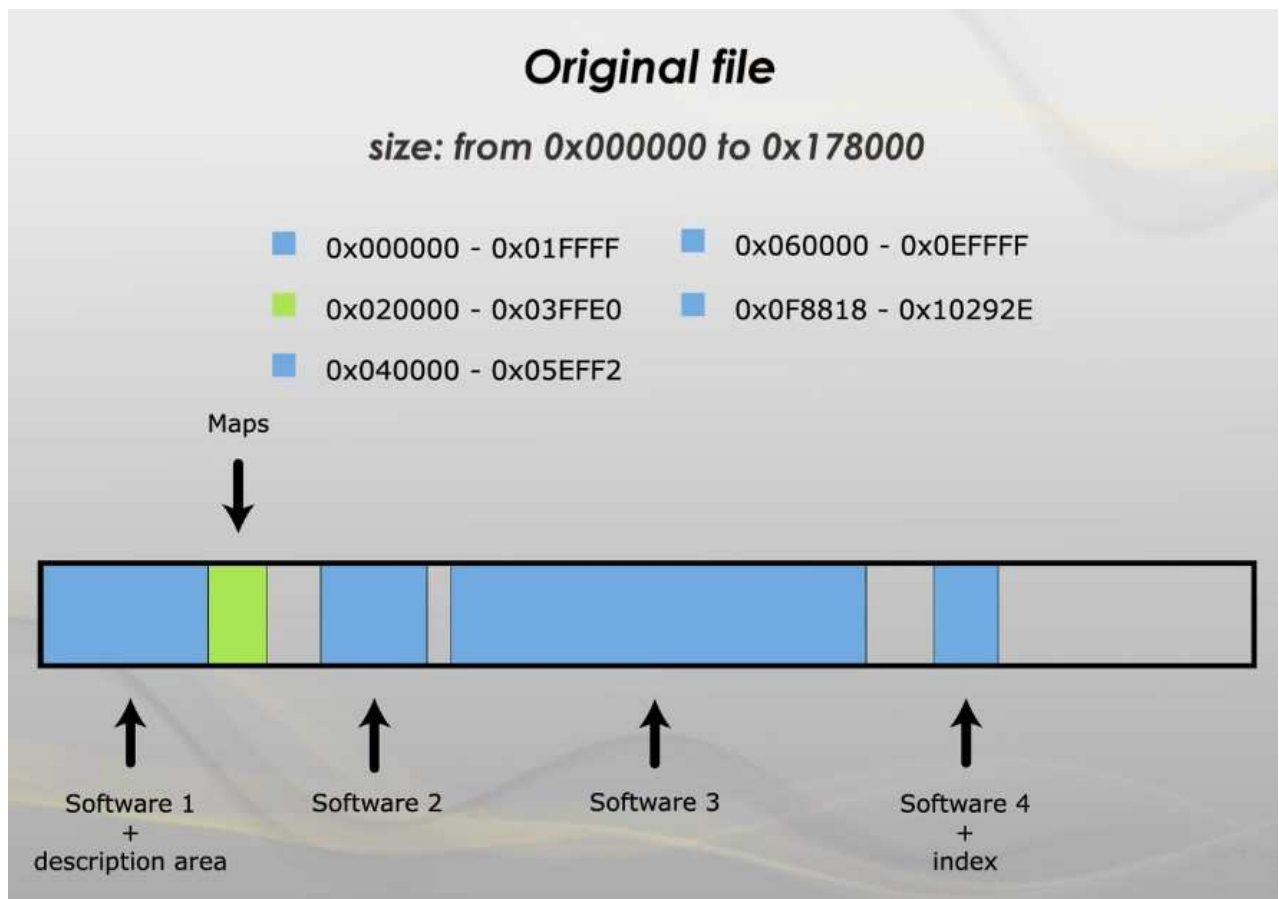


Figure IV.5: ECM Titanium

#### • IV. 2.5. La taille du fichier original

La taille du fichier original contenu dans l'unité de contrôle de transmission temic DL501 va de 0 à 178000. Sa structure est la suivante. La première zone contient la première partie du logiciel et la description sont la deuxième zone contient les cartes la troisième zone contient la deuxième partie du logiciel la quatrième zone contient la troisième partie du logiciel et enfin la zone contient la quatrième partie du logiciel. Le logiciel et l'index





**Figures IV.6 :** La taille du fichier original

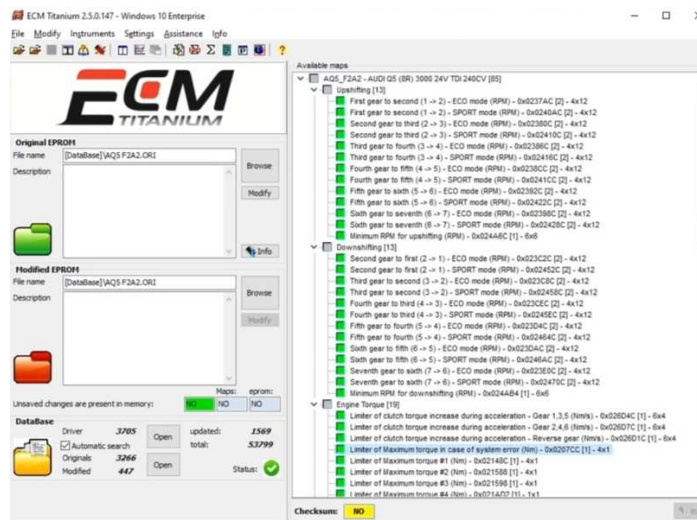
- **IV. 2.6 Procédure de réglage:**

Voici une description détaillée de la procédure de réglage de la transmission DSG contrôlée par le Temic DI501 TCU installé sur une Audi Q5 avec un moteur TDI de 3,0 litres.

### Étape 1 : Modifications du limiteur de couple

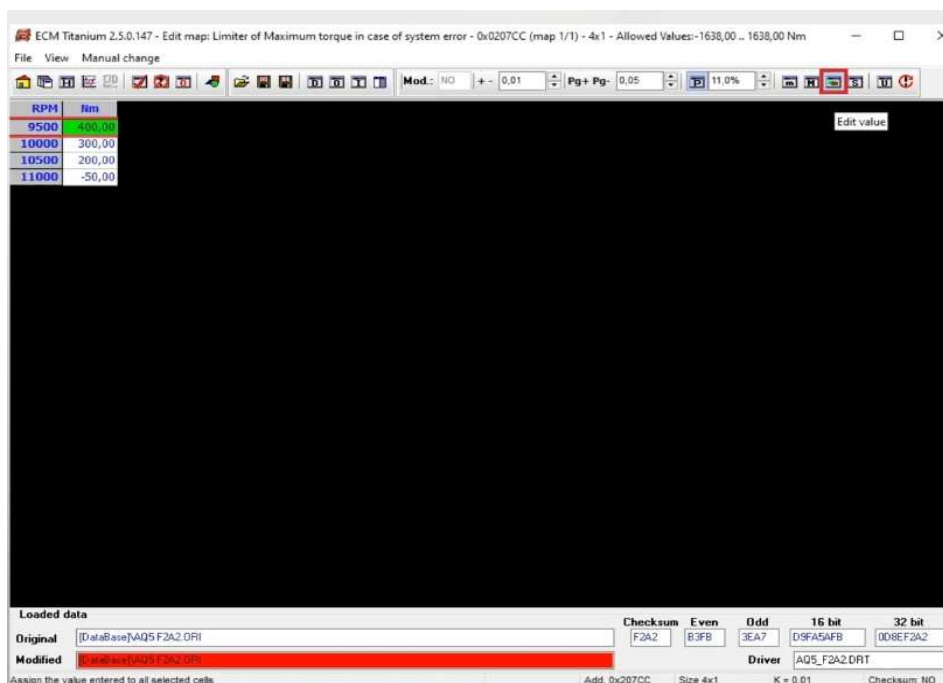
#### 1. Limiteur de couple en cas d'erreur système :

- Adresse: the limiter of Maximum torque in case of system error.



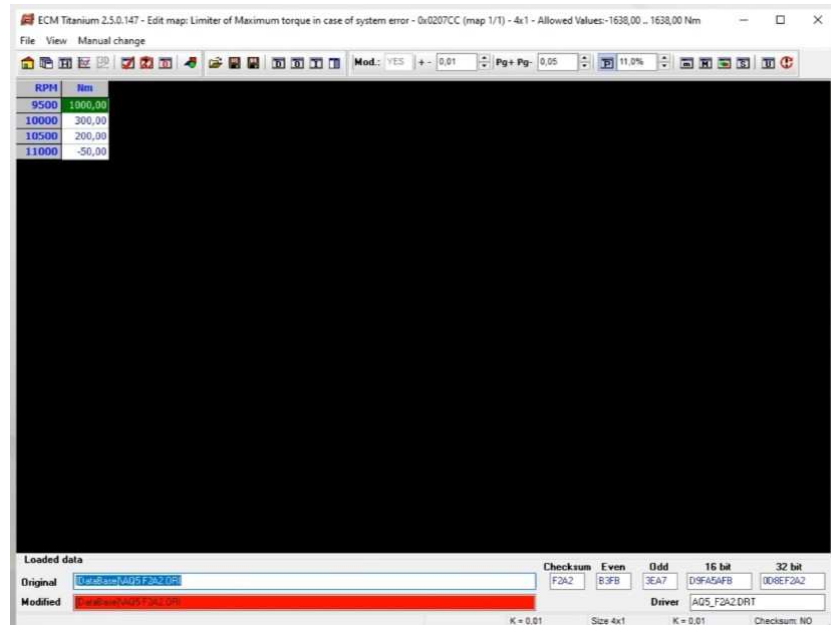
Figures IV.7 : Emplacement du fichier dans ECM Titanium

- Modification : Augmenter le couple maximum en cas de hautes révolutions du moteur pendant un dysfonctionnement partiel.
- Procédure :
- Sélectionner la valeur à 9,500 RPM.



Figures IV.8 : Le lieu où la modification est effectuée (avant)

- Insérer 1,000 Nm.



Figures IV.9 : Le lieu où la modification est effectuée (après)

- Enregistrer et fermer.

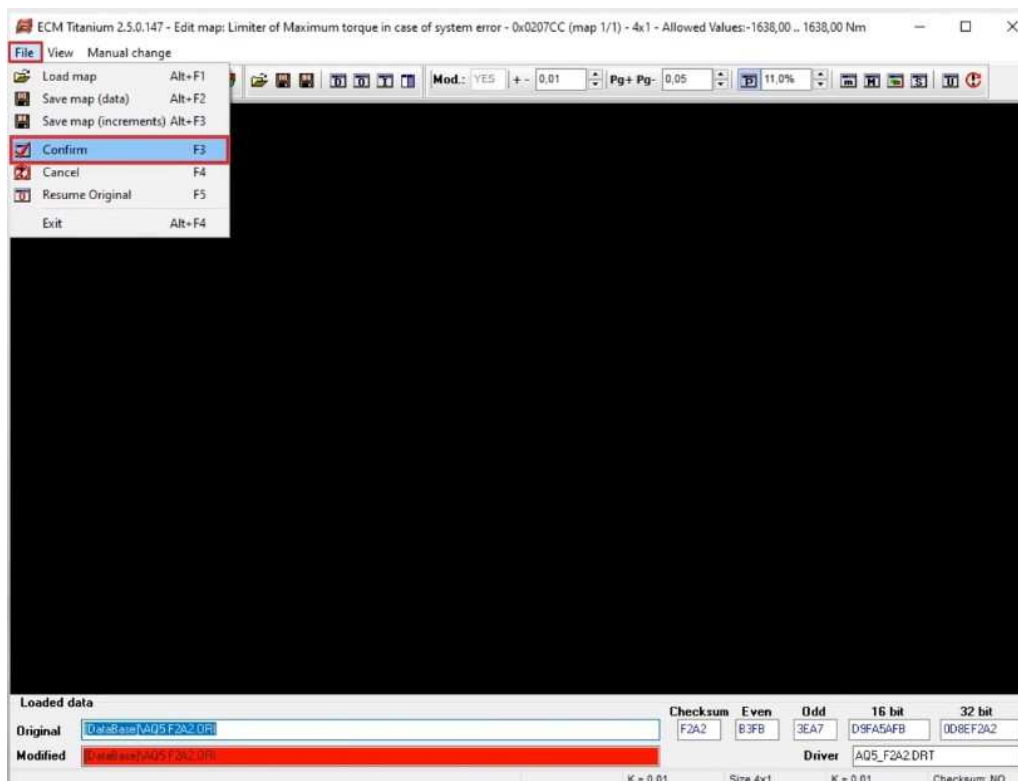


Figure IV.10: Confirmez la modification

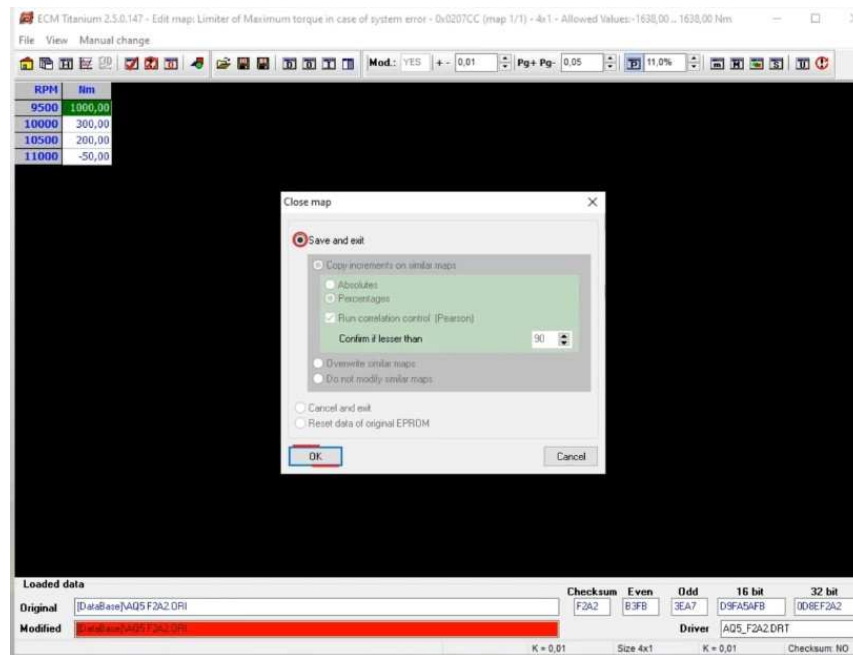


Figure IV.11: Enregistrer et fermer

## 2. Limiteur de couple numéro 1:

- Adresse: limiter of Maximum torque number 1 (0\*02148C).
- Modification : Augmenter le couple maximum à haute température de TCU (jusqu'à 130°C).
- Procédure :
- Sélectionner les valeurs de 130°C à 134°C.
- Interpoler les valeurs à 1,500 Nm.
- À 140°C, insérer 300 Nm.
- Enregistrer et fermer.

## 3. Limiteur de couple numéro 2 :

- Adresse : the limiter of Maximum torque number 2 (0\*021588).
- Modification : Augmenter le couple à haute température de l'embrayage (jusqu'à 160°C).
- Procédure :
- Sélectionner les valeurs de 150°C à 160°C.
- Interpoler les valeurs à 1,500 Nm.
- Enregistrer et fermer.

**4. Limiteur de couple numéro 3 :**

- Adresse: the limiter of Maximum torque number 3 (0\*021598).
- Modification : Augmenter le couple à très haute température de l'embrayage (jusqu'à 190°C).
- Procédure :
- Sélectionner les valeurs de 180°C à 190°C.
- Interpoler les valeurs à 1,500 Nm.
- Enregistrer et fermer.

**5. Limiteur de couple numéro 9 :**

- Adresse: the limiter of Maximum torque number 9 (0\*021E2E).
- Modification : Augmenter le couple maximum pour l'adaptation de la pression de l'embrayage pour éviter le glissement.
- Procédure :
- Sélectionner la seule valeur.
- Insérer 600 Nm.
- Enregistrer et fermer.

**6. Limiteur de couple numéro 10 :**

- Adresse : the limiter of Maximum torque number 10 (0\*02157A).
- Modification : Augmenter le couple pendant le contrôle de lancement basé sur l'angle de braquage.
- Procédure :
- Sélectionner toutes les valeurs.
- Insérer une augmentation de 300%.
- Enregistrer et fermer.

**7. Limiteur de couple numéro 11 :**

- Adresse : the limiter of Maximum torque number 11 (0\*0215DC).
- Modification : Augmenter le couple en fonction de la pression de l'embrayage.

- Procédure :
- Sélectionner toutes les valeurs.
- Insérer 5,000 Nm.
- Enregistrer et fermer.

### **8. Limiteurs de couple numéros 12, 13, 14 :**

- Adresses : the limiter of Maximum torque number 12,13,14 (0\*021602) (0\*0215F) (0\*020910).
- Modification : Augmenter le couple maximum autorisé par la transmission.
- Procédure :
- Pour les numéros 12 et 13, insérer 1,000 Nm.
- Pour le numéro 14, insérer 700 Nm.
- Enregistrer et fermer.

## **Étape 2 : Modifications des limiteurs de régime**

### **1. Limiteur de régime numéro 7 :**

- Adresse : RPM Limiter Number 7 (0\*0206A0).
- Modification : Augmenter le régime maximum à haute température de TCU.
- Procédure :
- À 125°C, insérer 3,150 RPM (diesel) ou 500 RPM (essence).
- Enregistrer et fermer.

### **2. Limiteur de régime numéro 8 :**

- Adresse : RPM Limiter Number 8 (0\*0206B0).
- Modification : Augmenter le régime maximum à très haute température de TCU.
- Procédure :
- À 165°C, insérer 3,150 RPM (diesel) ou 500 RPM (essence).
- Enregistrer et fermer.

## **Étape 3 : Modifications des changements de vitesse :**

**1. Changements de vitesse en mode Eco (1ère à 2ème, 2ème à 3ème, 3ème à 4ème, 4ème à 5ème, 5ème à 6ème, 6ème à 7ème) :**

- Adresses: Eco Mode Gear Shifts (1st to 2nd, 2nd to 3rd, 3rd to 4th, 4th to 5th, 5th to 6th, 6th to 7th).
- Modification : Diminuer les régimes pour des changements de vitesse plus doux en mode éco pour économiser du carburant.
- Procédure :
- Diminuer les valeurs de régime de -10 (0-90%) et -5 (100%).
- Enregistrer et fermer.

**2. Changements de vitesse en mode Tiptronic (1ère à 2ème, 2ème à 3ème, 3ème à 4ème, 4ème à 5ème, 5ème à 6ème, 6ème à 7ème) :**

- Adresses: Tiptronic Mode Gear Shifts (1st to 2nd, 2nd to 3rd, 3rd to 4th, 4th to 5th, 5th to 6th, 6th to 7th).
- Modification : Réduire le temps de chevauchement pour des changements de vitesse plus rapides.
- Procédure :
- Insérer -30, -34, -35, -36 (les valeurs varient légèrement pour les différentes vitesses).
- Enregistrer et fermer.

**3. Changements de vitesse en mode Sport (1ère à 2ème, 2ème à 3ème, etc.) :**

- Adresses: Sport Mode Gear Shifts (1st to 2nd, 2nd to 3rd, etc.).
- Modification : Réduire le temps de chevauchement pour des changements de vitesse plus rapides en mode sport.
- Procédure :
- Insérer -30, -34, -35, -36 (les valeurs varient légèrement pour les différentes vitesses).
- Enregistrer et fermer.

**Étape 4 : Modifications de la pression d'huile :**

**1. Pression d'huile maximale numéro 2 :**

- Adresse : Maximum Oil Pressure Number 2.
- Modification : Définir une valeur de référence plus élevée pour la pression de l'huile ATF.
- Procédure :
- Utiliser l'interpolation et remplacer les valeurs pour différents régimes et niveaux de pression.
- Enregistrer et fermer.

**2. Pression d'huile maximale numéro 3 :**

- Adresse : Maximum Oil Pressure Number 3.
- Modification : Augmenter la pression de référence maximale pour l'huile ATF.
- Procédure :
- Insérer 19 bars.
- Enregistrer et fermer.

**3. Pression d'huile maximale numéro 4 :**

- Adresse : Maximum Oil Pressure Number 4.
- Modification : Augmenter la courbe de pression pour les embrayages.
- Procédure :
- Insérer 20 bars.
- Enregistrer et fermer.

**Étape 5 : Modifications des temps de changement de vitesse :**

**1. Temps de changement de vitesse pour la vitesse D numéro 1 :**

- Adresse: Shifting Times Gear D Number 1.
- Modification : Réduire le temps pour ouvrir l'embrayage K1 et fermer l'embrayage K2.
- Procédure :
- Insérer -30, -34, -35 (les valeurs varient pour les différents changements de vitesse).
- Enregistrer et fermer.



## **2. Temps de changement de vitesse pour les modes Tiptronic et Sport :**

- Adresses: Shifting Times for Tiptronic and Sport Modes.
- Modification : Réduire le temps de chevauchement pour des changements de vitesse plus doux et plus rapides.
- Procédure :
- Similaire à la vitesse D, les valeurs varient pour les différents changements de vitesse.
- Enregistrer et fermer.

## **Étape 6 : Modifications des actionneurs de sélection de vitesse :**

### **1. Temps de changement de vitesse numéro 1 :**

- Adresse : Shifting Times Number 1.
- Modification : Réduire la correction appliquée aux actionneurs de changement de vitesse.
- Procédure :
- Insérer -20 dans toutes les cases.
- Enregistrer et fermer.

### **2. Temps de changement de vitesse pour les numéros 2, 3, 6 :**

- Adresses: Shifting Times for Numbers 2, 3, 6.
- Modification : Réduction similaire pour des changements plus doux.
- Procédure :
- Insérer -20 dans toutes les cases.
- Enregistrer et fermer. [20]

### **IV.7. Conclusion :**

Cette procédure de réglage complète vise à optimiser les performances et la fiabilité de la transmission DSG en modifiant les limiteurs de couple, les limiteurs de régime, les paramètres de changement de vitesse, les valeurs de pression d'huile et les corrections de l'actionneur de sélection de vitesse. Chaque étape implique des ajustements précis à des cartes spécifiques au sein du TCU, améliorant ainsi la maniabilité, l'efficacité et les performances globales du véhicule.

En conclusion, une fois la procédure de réglage terminée, Alien Tech a testé minutieusement le véhicule équipé de la transmission DSG DL501 0B5 pour confirmer sa fonctionnalité sans faille. Les modifications appliquées à l'unité de commande de transmission (TCU) à elles seules n'étaient pas suffisantes pour améliorer les performances du véhicule ; ils ont dû être intégrés au réglage de l'unité de commande du moteur (ECU). Le réglage de la transmission élimine efficacement les goulots d'étranglement qui entravent les performances, poussant le moteur et la transmission près de leurs limites mécaniques. Malgré cette contrainte, la procédure a réduit les temps de changement de vitesse, a permis des régimes plus élevés pendant les changements de vitesse et, combinée au réglage de l'ECU, a abouti à un couple et une puissance plus élevée, tout en maintenant la fiabilité du véhicule. Les tests finaux n'ont montré aucune erreur de code de diagnostic (DTC), confirmant que notre Audi Q5 3,0 litres TDI avec la transmission automatique DSG DL501 est entièrement fonctionnelle et que ses performances

## Conclusion générale

Dans le cadre spécifique de la boîte de vitesses DSG à 7 rapports destinée aux gros moteurs longitudinaux Audi, connue sous le nom de DL501, son déploiement dans les berlines et les SUV de la marque depuis 2009 en fait un choix fiable pour les véhicules haut de gamme. Cependant, bien que robuste, sa capacité de couple maximal est initialement limitée par le programme d'origine, pouvant être améliorée jusqu'à 850 Nm grâce à une reprogrammation de la mécanique.

Nos analyses théoriques, appuyées par des simulations avancées, mettent en lumière une zone de préoccupation spécifique : le début de l'arbre de transmission 1. Cette zone est identifiée comme étant soumise à des contraintes importantes en raison de son diamètre inférieur à celui considéré comme acceptable. Plus précisément, nous avons observé que le diamètre de début de l'arbre de transmission 1 est inférieur à la valeur seuil que nous avons calculée, où  $30 < 43$ .

En conséquence, des ajustements sont nécessaires à l'entrée de ce premier arbre de transmission pour garantir que la boîte de vitesses puisse résister efficacement au couple qui lui est appliqué. Ces ajustements pourraient inclure des modifications structurelles pour renforcer cette zone critique ou l'utilisation de matériaux plus résistants afin d'assurer une performance optimale et une durabilité accrue de la boîte de vitesses DSG DL501 dans des conditions de fonctionnement intensives.

Cette analyse met en évidence l'importance cruciale d'une ingénierie précise et d'une conception robuste dans le développement de composants automobiles avancés tels que la boîte de vitesses DSG. En identifiant les zones de contraintes potentielles et en proposant des solutions pour les renforcer, nous contribuons à garantir la fiabilité et la performance des véhicules Audi équipés de la transmission DL501, tout en offrant des perspectives d'amélioration continue pour répondre aux demandes croissantes des conducteurs et des conditions de conduite variées.

En conclusion, La procédure de réglage complète que nous avons fait vise à optimiser les performances et la fiabilité de la transmission DSG en modifiant les limiteurs de couple, les limiteurs de régime, les paramètres de changement de vitesse, les valeurs de pression d'huile et les corrections de l'actionneur de sélection de vitesse. Chaque étape implique des ajustements précis à des cartes spécifiques au sein du TCU, améliorant ainsi la maniabilité, l'efficacité et les performances globales du véhicule.

## Bibliographie

1. **Ali, Mr. AFOUN Abdelhalim.** *Etude d'une boîte de vitesse à deux embrayage DSG.* E.N.P 10, Avenue Hassan Badi, EL-HARRACH, ALGER : Projet de Fin d'Etude ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE.
2. **EDDINE, Boubakeur Mohamed Chihab.** *Étude d'une pompe hydraulique volumétrique à engrenages extérieurs à dentures droites d'une boîte de vitesses robotisée DSG (DQ200).* Biskra : MEMOIRE DE FIN D'ETUDES master 2 Université Mohamed Khider de Biskra, 2022.
3. **DocDonkey Academy.** Training Course - Calibration of automatic transmission. [En ligne] Alientech. <https://www.docdonkey.com>.
4. **Docteur BVA.** Modèles de boîtes DSG. [En ligne] WordPress, 2019. [www.docteur-bva.com](http://www.docteur-bva.com).
5. **volkswagen.** *SSP 308 Direct Shift Gearbox 02E.* Germany : VOLKSWAGEN AG, Wolfsburg, VK-36 Service Training, 2021.
6. **Ploux, Christophe.** Boîte robotisée à double embrayage. [En ligne] LaBoiteAuto.fr. <https://laboiteauto.fr/>.
7. **volkswagen.** *SSP 429 Audi Q5 - Ensembles mécaniques.* Germany : AUDI AG, 2021.
8. **vag-perf.f, Amazon EU Partner.** Présentation De La Boite De Vitesses DSG7/DL501 0B5 : 7 RAPPORTS POUR GROS MOTEURS LONGITUDINAUX AUD. [En ligne] vag-perf.fr. <https://www.vag-perf.fr/>.
9. **BMW.** BMW M3 F80 / M4 F82: Présentation technique complète. [En ligne] BMW-Tech, 27 12 2017. [Citation : 02 06 2016.] <https://www.forumbmw.net/>.
10. **kolhosniki.ru.** Mécatronique de la boîte de vitesses à double embrayage -J743-, vannes, capteurs et transmetteur de régime d'entrée de boîte de vitesses. [En ligne] KOLHOSNIK. <https://kolhosniki.ru/>.
11. **Nabil, M. LITIM.** *Etude et dimensionnement de la boîte de .* Avenue Hassan Badi, EL-HARRACH, ALGER : Projet de Fin d'Etudes ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE, Septembre 2011. p. 91.
12. **Davey, Reginald.** AISI 1040 Carbon Steel (UNS G10400). AZO MATERIALS. 10 01 2023.
13. **Noureddine, Doumi.** *VIBRATION DE TORSION DES ARBRES DE MACHINES.* BLIDA : MEMOIRE DE FIN D'ETUDES, UNIVERSITÉ DE SAAD DAHLAB, BLIDA FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR DEPARTEMENT D'AERONAUTIQUE, 2011.
14. **S.BENSAADA.** *RESISTANCE DES.* Biskra : Université Mohamed Khider - Biskra, 2010-2011.
15. **Roger, ITTERBEEK, Ingénieur Industriel en Electromécanique.** *CHAPITRE 6. TORSION.* Belgique : [www.itterbeek.org](http://www.itterbeek.org), 6 février 2024.
16. **pro, technologue.** *cour RDM torsion simple.* TUNISIE : s.n., 2012-2013.
17. **AWADI, KAROU, CHOUCHE, BOUZIDI.** *Cours RDM 1 Chapitre 5 La torsion Simple.* s.l. : genie mecanique -ISET Siliana, 2009-2010.

18. **Edwin Nyoni, Pedro Benjamim.** *Etude et conception d'un réducteur de vitesses.* blida : Memoir de Fin d'Etudes MASTER en construction mecanique UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA 1.

19. **ANSYS,Inc.** *Lecteur 7 static structural analysis.* s.l. : ANSYS, 27-02-2015.

20. **docdonkey.** Training Course - Calibration of automatic transmission. *docdonkey.* [En ligne] Alientech srl.

<https://www.docdonkey.com/en/courses/training-course-calibration-of-automatic-transmission/>. P.IVA

IT02007510023 - AEE.

