

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR**

**ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE Abderrahmane MIRA BEJAIA**

Faculté de Technologie

Département de Génie Mécanique

**MEMOIRE**

Présenté pour l'obtention du diplôme de

**MASTER**

**Filière : Génie Mécanique**

**Spécialité : Construction mécanique**

Par :

**Mr. AMARA Adel**

**Mr. HAMOUCHE Nadjim**

**Thème**

**Etude et maintenance du système de freinage  
Volkswagen**

Soutenu le 26/06/2018 devant le jury composé de:

**Melle. HIMED Lynda**

Président

**Pr. LAGGOUNE Redouane**

Rapporteur

**Mr. HADJOU Madjid**

Examineur

**Année Universitaire 2017-2018**

# Remerciements

---

*A terme de notre modeste travail, nous tenons à remercier tous d'abord Dieu, le tout puissant de nous avoir accordé la volonté, la force, la santé, la détermination et le courage afin d'accomplir notre mémoire.*

*Nous tenons à exprimer nos profondes gratitudees à notre promoteur Mr LAGGOUNE, d'avoir accepté de diriger ce travail, et pour ses précieux conseils et encouragements, sans lesquels cette étude n'aurait pas vu le jour. Merci pour votre confiance.*

*Nous remercions de même notre encadreur de stage Mr DRISSI pour son encadrement pendant la période du stage.*

*Nous remercions le DRH de la SARL AUTOVAL Mr KHODJA et le responsable de service après-vente de la SARL AUTOVAL Mr HAMAILI pour leurs l'accueil sympathique.*

*Nos remerciements s'adressent également aux membres du jury : Melle HIMED L. Mr HADJOU M. qui nous ont honorés en acceptant d'examiner notre travail et surtout d'y avoir apporté un jugement critique et objectif à ce travail.*

*Nous tenons à remercier tous les enseignants qui ont assurés notre formation durant notre cycle universitaire. Ainsi, que tout le personnel du département de génie mécanique.*

# Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à :*

*À l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, qui éclaire mon chemin et m'illumine de douceur et d'amour, que dieu te garde pour nous mon père.*

*À ma très chère maman en signe d'amour, de reconnaissance et de gratitude pour tous les soutiens et les sacrifices dont elle a fait preuve à mon égard.*

*Àux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour, à tous mes frères et mes sœurs, je dédie ce travail dont le grand plaisir leur revient en premier lieu pour leurs conseils, aides, et encouragements.*

*Àux personnes qui m'ont toujours aidés et encouragés, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagnés durant mon chemin d'études supérieures, mes aimables amis, collègues d'étude, et frères.*

*À mes chéries amies (farinas, maziqhe, tarik, zaki, aimad...) pour tous les instants inoubliables que j'ai passé avec vous.*

AMARA ADEL

# *Dédicaces*

*A mes très chers parents, que Dieu les protège.*

*A mon frère et ma sœur.*

*A mes très chers amis.*

*A tous qui me sont très chers.*

*HAMOUCHE Nadjim*

# *Sommaire*

## Introduction générale

### Présentation de l'entreprise AUTOVAL & Volkswagen

1. Présentation de l'entreprise AUTOVAL.....	1
1.2. Historique .....	1
1.2. Situation géographique .....	2
2. Organigramme d'AUTOVAL (présentation).....	2
3. Présentation de la marque Volkswagen.....	4
3.1. Historique .....	4
3.2. Les marques qui appartiennent à Volkswagen .....	7

### Chapitre I : Généralités sur le système de freinage

I.1. Introduction.....	8
I.2. Définition .....	8
I.3. Fonction globale du système de freinage.....	8
I.4. La distance d'arrêt et la distance de freinage.....	10
I.4.1. La distance d'arrêt .....	10
I.4.2. La distance de freinage.....	11
I.5. Les constitutions du freinage automobile .....	12
I.5.1. Le Master-vac (assistance) .....	12
I.5.2. Le maître-cylindre .....	13
I.5.3. Le liquide de frein .....	14
I.5.4. Les circuits de freinages .....	15
I.5.5. Système opératif.....	16
I.5.5.1. Fonctionnement .....	16
I.5.5.2. Différents systèmes.....	16
I.5.6. Les correcteurs de freinage .....	23
I.5.6.1. Nécessité des correcteurs de freinage .....	23
I.5.6.2. Fonction globale .....	23
I.5.6.3. Les différents correcteurs de freinage.....	24
I.6. La commande mécanique .....	24
I.6.1. Constitution .....	24
I.6.2. Fonctionnement.....	24
I.7. Système de freins antiblocage (ABS) .....	25

---

I.7.1. Définition .....	25
I.7.2. Fonctionnement de système ABS .....	25
I.8. Programme électronique de stabilité (ESP) .....	26
I.8.1. Définition .....	26
I.8.2. De quoi l'ESP est-il capable ? .....	27
 <b>Chapitre II : Le système de freinage et de stabilité utilisé par Volkswagen</b>	
II.1. Introduction .....	28
II.2. Importance des systèmes de freinage et de stabilisation .....	28
II.2.1. Augmentation de la sécurité active du véhicule .....	28
II.2.2. Facilitation de la conduite et augmentation du confort de conduite .....	28
II.3. Systèmes d'aide au freinage et législation .....	29
II.4. Catégories de systèmes de freinage et de stabilisation .....	29
II.5. L'importance de la pneumatique sur la chaussée .....	30
II.6. Logique des transmetteurs dans les systèmes de freinage et de stabilisation .....	30
II.6.1. Transmetteurs utilisés dans les circuits de freinage et de stabilisation .....	31
II.6.2. Protocole de communication .....	32
II.7. Système antiblocage (ABS) .....	32
II.7.1. Le rôle de l'ABS .....	32
II.7.2. Comportement du véhicule sans ABS .....	33
II.7.3. Comportement du véhicule avec ABS .....	33
II.7.4. Composants du système ABS .....	34
II.7.5. Schéma hydraulique de l'ABS .....	35
II.7.6. Principe de fonctionnement de l'ABS .....	36
II.7.6.1. Actionnement de la pédale de frein .....	37
II.7.6.2. Maintien de la pression .....	37
II.7.6.3. Réduction de pression .....	37
II.7.6.4. Montée de pression .....	37
II.8. Répartition électronique de la force de freinage (EBV) .....	38
II.9. Stabilisation en cas de freinage dans un virage (CBC) .....	39
II.10. Influence du couple d'embarquée (GMB) .....	39
II.11. Contrôle électronique de la stabilité (ESP) .....	40
II.11.1. Les différents noms de l'ESP suivant les marques .....	41
II.11.2. Déroulement de la stabilisation au moyen de l'ESP .....	41

II.11.2.1. Sous-virage .....	41
II.11.2.2. Survirage .....	42
II.11.2.3. Manœuvre d'évitement .....	43
II.11.3. Schéma hydraulique de l'ESP .....	44
II.12. Assistant hydraulique de freinage (HBA) .....	45
II.12.1. Disposition .....	45
II.12.2. Description du fonctionnement de l'HBA .....	45
II.13. Assistance hydraulique au freinage (HBV) .....	46
II.14. Constitutions de système de freinage chez Volkswagen .....	47
II.14.1. Le Master-vac .....	47
II.14.2. Le maître-cylindre et le circuit de freinage .....	48
II.14.2.1. Le maître-cylindre .....	48
II.14.2.2. Le circuit de freinage .....	48
II.14.3. Le liquide de frein .....	48
II.14.4. Système opératif .....	49
II.14.4.1. Le frein à disque et à tambour chez Volkswagen .....	49
II.14.4.2. Étrier de frein .....	49
II.14.4.3. Les plaquettes .....	50
II.14.5. Unité hydraulique et calculateur ABS/ ESP .....	50
II.15. Le frein de stationnement. ....	51
II.15.1. Le frein de stationnement électromécanique (EPB) .....	51
II.15.2. Les actionneurs de frein de stationnement électromécanique .....	52

### **Chapitre III : Calculs de freinage d'une Golf 2013**

III.1. Introduction .....	53
III.2. Déroulement des essais .....	53
III.3. Etude dynamique de freinage .....	54
III.3.1. La décélération .....	54
III.3.2. Le coefficient d'adhérence .....	55
III.3.5. La variation de vitesse .....	55
III.3.6. La distance théorique de freinage .....	56
III.3.7. La distance de réflexe $D_r$ .....	56
III.3.8. La distance d'arrêt .....	57
III.3.9. Temps de freinage. ....	57

---

III.3.10. Conception d'escargot de freinage .....	58
III.3.11. Distance parcourue pendant le freinage selon la vitesse acquise .....	59
III.3.12. Force de freinage. ....	59
III.3.13. Tangage .....	60
III.3.14. Travail de la force de freinage .....	60
III.3.15. Energie dissipée par le freinage .....	61
III.3.16. Variation d'énergie selon la vitesse acquise .....	61
III.3.17. Puissance de freinage.....	61
III.3.18. Variation de température du système de freinage .....	62
III.4. Etude statique du système de freinage .....	62
III.4.1. Force d'entrée au servofrein .....	63
III.4.2. Pression d'assistance .....	64
III.4.3. Force développée par le piston .....	64
III.4.4. Force en entrée du maître-cylindre .....	64
III.4.5. Pression dans le circuit. ....	64
III.4.6. Force sur les garnitures AV .....	65
III.4.7. Force sur les garnitures AR .....	65

## **Chapitre IV : Défaillances du système de freinage Volkswagen**

IV.1. Introduction .....	66
IV.2. Défaillance des éléments du système de freinage .....	66
IV.2.1. Pivot de la pédale du frein de service .....	66
IV.2.2. État et course de la pédale du dispositif de freinage .....	66
IV.2.3. Commande du frein de stationnement .....	67
IV.2.4. Dispositif de freinage assisté, maître-cylindre (systèmes hydrauliques) .....	68
IV.2.5. Conduites rigides des freins .....	69
IV.2.6. Flexibles de frein .....	70
IV.2.7. Garnitures ou plaquettes de frein.....	71
IV.2.8. Tambours de freins, disques de freins .....	72
IV.2.9. Câbles de freins .....	73
IV.2.10. Cylindres ou étriers de freins.....	74
IV.2.11. Correcteur automatique de freinage .....	75
IV.2.12. Système de freinage complet.....	76

IV.2.13. Performances et efficacité du frein de service.....	77
IV.2.14. Performances et efficacité du frein de secours .....	78
IV.2.15. Performances et efficacité du frein de stationnement .....	78
IV.2.16. Système antiblocage (ABS).....	79
IV.3. Analyse de défaillance (Diagramme d'Ishikawa).....	79
IV.3.1. Définition.....	79
IV.3.2. Méthodes pour étudier un problème.....	80
IV.3.2.1. Définir l'effet .....	80
IV.3.2.2. Identifier les causes.....	80
IV.3.2.3. Les mots-clés .....	80
IV.3.2.4. Les principales familles .....	80
IV.3.2.5. Tracer le diagramme .....	80
IV.3.2.6. Choisir.....	81
IV.3.2.7. Définir l'objectif.....	81
IV.3.2.8. Les moyens .....	81
IV.3.2.9. Confronter aux résultats antérieurs .....	81
IV.3.3. Etapes de création du diagramme cause-et-effet .....	81
IV.3.3.1. Diagramme cause-et-effet d'une pédale dure .....	82
IV.3.3.2. Diagramme cause-et-effet d'une dérive.....	83
IV.3.3.3. Diagramme cause-et-effet d'une pédale molle .....	84
IV.3.3.4. Diagramme cause-et-effet d'une perte d'efficacité de freinage.....	85

## **Chapitre V : Maintenance du système de freinage Volkswagen**

V.I. Généralités sur la maintenance .....	87
V.I.1. Introduction .....	87
V.I.2. Définition de la maintenance.....	87
V.I.3. Différentes formes de la maintenance .....	88
V.I.3.1. Maintenance préventive .....	88
V.I.3.1.1. Maintenance préventive systématique .....	88
V.I.3.1.2. Maintenance préventive conditionnelle .....	89
V.I.3.2. Maintenance corrective .....	89
V.I.3.2.1. Maintenance corrective Palliative.....	89
V.I.3.2.2. Maintenance corrective curative.....	89
V.I.4. Opérations de maintenance .....	89

---

V.I.4.1. Dépannage .....	89
V.I.4.2. Réparation .....	90
V.I.4.3. Contrôle .....	90
V.I.4.4. Inspection .....	90
V.I.4.5. Visite .....	90
V.I.4.6. Révision.....	90
V.I.4.7. Echange standard.....	90
V.I.9. Les niveaux de maintenance .....	91
V.II.I. Maintenance du système de freinage.....	92
V.II.1. Introduction.....	92
V.II.2. Maintenance de quelques défaillances du système de freinage.....	92
V.II.2.1. Le bruit.....	92
V.II.2.1.1. Vibrations à basse fréquence (broutement) .....	93
V.II.2.1.2. Vibrations à moyenne fréquence (crissement) .....	93
V.II.2.1.3. Vibrations à haute fréquence (grincement) .....	94
V.II.2.2. La dérive .....	94
V.II.2.3. Une pédale molle .....	95
V.II.2.4. Pédale dure .....	95
V.II.2.5. Présence d'odeur ou s'échappe au niveau d'une roue de la fumée.....	96
V.II.3. La défaillance des plaquettes et des disques de frein.....	97
V.II.3.1. Plaquettes de frein.....	97
V.II.3.2. Disque de frein .....	99
V.II.4. Les étriers de frein .....	103
V.II.5. Maître-cylindre .....	104
V.II.6. Maintenance préventive.....	104
V.II.6.1. Maintenance préventive conditionnelle (les voyants).....	104
V.II.6.1.1. Le voyant du liquide de frein.....	105
V.II.6.1.2. Voyant d'ABS.....	105
V.II.6.1.3. Exemple.....	105
V.II.6.2. Maintenance préventive systématique .....	106
Conclusion.....	108
Annexe A.....	109
Annexe B1.....	111

Annexe B2.....	112
Annexe B3.....	113
Annexe B4.....	114
Annexe B5.....	115
Annexe B6.....	117

- Bus CAN** (à partir de l'anglais : *Controller Area Network*).
- ABS** (à partir de l'allemand: *Antiblockiersystem*) Système antiblocage.
- ASR** (à partir de l'allemand: *Antriebsschlupfregelung*) Régulation antipatinage.
- BSW** (à partir de l'allemand: *Bremsscheibenwischer*) Système d'essuyage des disques de frein.
- CBC** (à partir de l'anglais: *CorneringBrake Control*) Stabilisation en cas de freinage en virage.
- DSR** (à partir de l'anglais: *Driver SteeringRecommendation*) Assistance de direction dynamique pour l'amélioration de la stabilité du véhicule.
- EBV** (à partir de l'allemand: *elektronischeBremskraftverteilung*) Répartition électronique de la force de freinage.
- EDS** (à partir de l'allemand: *elektronischeDifferentialsperre*) Blocage électronique du différentiel.
- ESC** (à partir de l'anglais: *Electronic Stability Control*) Régulation électronique de la stabilité; est identique à ESP.
- ESP** (à partir de l'allemand: *ElektronischesStabilitätsprogram*) Programme électronique de stabilisation.
- FBS** (à partir de l'anglais: *Fading Brake Support*) Assistance de la force de freinage Fading.
- GMB** (à partir de l'allemand: *Giermomentbeeinflussung*) Influence du couple d'embarquée.
- HBA** (à partir de l'anglais: *HydraulicBrakeAssist*) Assistant hydraulique de freinage.
- HBV** (à partir de l'allemand: *hydraulischeBremskraftverstärkung*) Assistance hydraulique de freinage.
- HHC** (à partir de l'anglais: *Hill Hold Control*) Aide au démarrage en côte.
- MSR** (à partir de l'allemand: *Motorschleppmomentregelung*) Régulation du couple de traction du moteur.
- TPM** (à partir de l'anglais: *Tire Pressure Monitoring*) Surveillance de la pression des pneus.
- TSA** (à partir de l'anglais: *TrailerStability Assistent*) Stabilisation de remorque/caravane.
- XDS** (à partir de l'allemand: *erweiterteDifferentialsperre*) Blocage accru du différentiel.
- VW** Volkswagen.
- ECU** (à partir de l'anglais : *Electronique Commande Unité*).
- UE** (à partir de français *Union Européenne*).
- USA** (à partir de l'anglais *United Staice of America*).
- Y** : décélération, en m/s<sup>2</sup>

**V** : vitesse initiale, en m/s

**D** : distance de freinage, en m

**a** : Coefficient de glissement, grandeur sans dimension.

**d** : La distance théorique de freinage.

**Dr** : La distance de réflexe.

**Tr** : Distance parcourue pendant le temps de réaction.

**T** : Temps de freinage, en s

**Va** : Vitesse initiale, en m/s

**Vb** : Vitesse acquise, en m/s

**F** : La force de freinage en N

**R** : Réaction de tangage, en N

**M** : Masse, en kg

**H** : Hauteur du centre de gravité, en m

**L** : Longueur de l'empattement, en m

**w** : Travail, en J

**E** : Energie, exprimée en J

$\Delta E$  : Variation d'énergie, exprimée en J

**B** : Puissance de freinage, exprimée en W

$\Delta T$  : Variation de température, exprimée en K

**C** : Capacité thermique du matériau de freinage, exprimée en J.kg<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>

**Pa** : Pression d'assistance en mbar

**Fp** : Force développée par le piston

**Fc** : Force d'entre au maitre-cylindre

**Sp** : Surface de piston de maitre-cylindre

**P atm** : Pression atmosphérique en mbar

**P mot** : Dépression de moteur en mbar

Figure 1 : Présentation générale de la SARL AUTOVAL.....	1
Figure 2 : Explication d'AUTOVAL. ....	2
Figure 3 : Organigramme de la SARL AUTOVAL 2018.....	3
Figure 4 : Le signe de la marque Volkswagen. ....	4
Figure 5 : Les marques qui appartiennent à Volkswagen. ....	7
Figure I.1 : Système de freinage.....	8
Figure I.2 : Fonctionnement générale de système de freinage. ....	9
Figure I.3 : Les constitutions de système de freinage automobile. ....	12
Figure I.4 : L'emplacement de Master-vac. ....	12
Figure I.5 : Fonctionnement de l'assistance de freinage. ....	13
Figure I.6 : L'emplacement de maître-cylindre. ....	13
Figure I.7 : Fonctionnement de maître-cylindre.....	13
Figure I.8 : Les circuits de freinages, circuit en H (a) et circuit en X (b). ....	15
Figure I.9 : L'emplacement de système opératif. ....	16
Figure I.10 : Fonctionnement de système de frein. ....	16
Figure I.11 : Illustration d'un frein à tambour. ....	17
Figure I.12 : Fonctionnement d'un frein à tambour, au repos (a) et lors du freinage (b).....	18
Figure I.13 : Illustration d'un frein à disque. ....	18
Figure I.14 : Fonctionnement d'un frein à disque, au repos (a) et lors du freinage (b). ....	19
Figure I.15 : Comparaison des technologies d'étrier fixe (a) et flottant (b).....	20
Figure I.16 : Les deux types de disques. ....	21
Figure I.17 : Différentes technologies de ventilation des disques schématisées sur une portion de disque de 30°. ....	21
Figure I.18 : Une plaquette de Frein à disque. ....	22
Figure I.19 : L'emplacement de correcteur de freinage. ....	23
Figure I.20 : Fonctionnement de correcteur de freinage ....	23
Figure I.21 : Constitution de la commande mécanique.....	24
Figure I.22 : Les positions des câbles (1) et des leviers (2). ....	25
Figure I.23 : fonctionnement de véhicule avec et sans ABS.....	26
Figure II.1 : Logique des transmetteurs dans les systèmes de freinage et de stabilisation. ....	31
Figure II.2. Comportement du véhicule avec ABS (b) ou sans ABS (a). ....	33
Figure II.3 : Un système de freinage à double circuit avec disposition en diagonale est utilisé sur les véhicules Škoda. ....	34
Figure II.4 : Schéma hydraulique de l'ABS.....	35

Figure II.6 : Comportement de véhicule avec EBV. ....	38
Figure II.5. Principe de fonctionnement de l'ABS. ....	36
Figure II.7 : comportement de véhicule avec ou sans GMB. ....	40
Figure II.8 : Comportement de véhicule avec ou sans ESP en cas de Sous-virage.....	42
Figure II.9 : Comportement de véhicule avec ou sans ESP en cas de survirage.....	42
Figure II.10 : Comportement de véhicule avec ou sans ESP dans un Manœuvre d'évitement.	43
Figure II.11 : Schéma hydraulique de l'ESP. ....	44
Figure II.12 : La course de véhicule avec et sans HBV. ....	45
Figure II.13 : Pression hydraulique dans le système de freinage. ....	47
Figure II.14 : Système de freinage des véhicules chez Volkswagen. ....	47
Figure II.15 : Le Master-vac avec le maître-cylindre.....	48
Figure II.16 : Disque de frein avant (a) et arrière (b). ....	49
Figure II.17 : Audi Q3.....	50
Figure II.18 : Plaquettes de frein de Volkswagen avec capteur .....	50
Figure II.19 : Unité hydraulique et calculateur ABS/ ESP. ....	51
Figure II.20 : Frein de stationnement électromécanique.....	52
Figure III.1 : Golf 2013. ....	53
Figure III.2 : Distance d'arrêt de véhicule. ....	57
Figure III.3 : Escargot de freinage. ....	58
Figure III.4 : Caractéristique du système de freinage. ....	63
Figure III.5 : Les résultats des calculs statiques.....	65
Figure IV.1 : Diagramme d'Ishikawa.....	81
Figure IV.2 : Diagramme d'Ishikawa d'une pédale dure. ....	82
Figure IV.3 : Diagramme d'Ishikawa d'une dérive. ....	83
Figure IV.4 : Diagramme d'Ishikawa d'une pédale molle. ....	84
Figure IV.5 : Diagramme d'Ishikawa d'une perte d'efficacité de freinage. ....	85
Figure V.1 : Les types de maintenance. ....	88
Figure V.2 : Les types de bruits. ....	93
Figure V.3 : Défaut signalé sur le tableau de bord.....	106

Tableau I.1 : Décélération minimale définies par la législation.....	10
Tableau I.2 : Les constitutions de système de freinage automobile.....	12
Tableau I.3 : Les avantages et inconvénient des circuits de freinages.....	15
Tableau II.1 : Quelques systèmes de freinage et de stabilisation utilisés chez Volkswagen. ..	30
Tableau II.2 : Les noms des composants de la (figure II.4).....	36
Tableau II.3 : Les différents noms de l'ESP suivant les marques.....	41
Tableau II.4 : Les noms de composant de la (figure II.11).....	45
Tableau III.1 : Les résultats des essais.....	54
Tableau III.2 : Résultats théorique de freinage.....	58
Tableau IV.1 : Défaillances de la pédale du frein de service.....	66
Tableau IV.2 : Défaillances de la pédale du dispositif de freinage.....	67
Tableau IV.3 : Défaillances de la commande du frein de stationnement.....	67
Tableau IV.4 : Défaillances du système hydraulique.....	69
Tableau IV.5 : Défaillances des conduites rigides des freins.....	70
Tableau IV.6 : Défaillances des flexibles de frein.....	71
Tableau IV.7 : Défaillances des plaquettes de frein.....	72
Tableau IV.8 : Défaillances des tambours et des disques de freins.....	73
Tableau IV.9 : Défaillances des câbles de freins.....	74
Tableau IV.10 : Défaillances des étriers de freins.....	75
Tableau IV.11 : Défaillances du correcteur automatique de freinage.....	76
Tableau IV.12 : Défaillances du système de freinage complet.....	76
Tableau IV.13 : Défaillances du frein de service.....	77
Tableau IV.14 : Défaillances du frein de secours.....	78
Tableau IV.15 : Défaillances du frein de stationnement.....	79
Tableau IV.16 : Défaillances du système antiblocage (ABS).....	79
Tableau V.1 : Types des actions de la maintenance.....	87
Tableau V.2 : Les cinq niveaux de maintenance (AFNOR X 60 011).....	91
Tableau V.3 : Les défaillances du Plaquette de frein.....	98
Tableau V.4 : Les défaillances du disque de frein.....	103
Tableau V.5 : Les défaillances des entrées de frein.....	103
Tableau V.6 : Les défaillances de Maître-cylindre.....	104
Tableau V.7 : Changement systématique des composants de freinage.....	107

# *Introduction Générale*

Avec le développement des nouvelles technologies dans l'industrie automobile, les véhicules sont devenus de plus en plus performants. Les systèmes de freinage doivent suivre ce même rythme. Le frein, comme organe majeur de sécurité, suscite constamment un grand intérêt pour les ingénieurs. Outre la concurrence dans le domaine de l'automobile de plus en plus rude s'ajoute les soucis d'efficacité, de fiabilité, de confort, du coût et du délai de fabrication. L'objectif de l'ingénieur est donc de trouver le meilleur compromis entre ces exigences de sécurité et de ces contraintes technico-économiques.

Les fabricants de véhicules et les fournisseurs de systèmes de freinage ont réagi à des situations critiques au cours des trente dernières années en développant des systèmes de freinage et de stabilisation (ABS, ESP, XDS, EBV,.....etc.), qui permettent au conducteur de faire face à certaines situations critiques. Ces systèmes font partie des éléments les plus importants de la sécurité active conjointement aux ceintures de sécurité et aux airbags.

Dans l'industrie automobile, de nombreuses pièces dans le système de freinage sont soumises simultanément à des problèmes pouvant provoquer des déformations et mêmes des endommagements. Diagnostiquer et résoudre les problèmes du système de freinage sont des tâches courantes qu'il importe de réaliser avec le plus grand soin, notre objectif dans ce travail est l'étude et la maintenance du système de freinage Volkswagen.

La présentation de ce travail s'articule autour de cinq chapitres, le premier chapitre présente une étude bibliographique fondée sur le système de freinage, la composition et rôle de chaque composant, ainsi que leur fonctionnement. Le deuxième chapitre est consacré à la description et à l'interprétation du système de freinage et de stabilité utilisé par Volkswagen (ABS, ESP, XDS, EBV,.....etc.), le troisième chapitre porte sur des calculs de freinage d'un véhicule (Golf 2013), le quatrième chapitre est consacré à la présentation de différentes défaillances de différents organes du système de freinage tels que le frein de stationnement, les disques et les plaquettes, ainsi que l'analyse des défaillances par la méthode d'Ishikawa. Le cinquième chapitre porte sur la maintenance des éléments essentiels du système de freinage.

*Présentation de l'entreprise*  
*AUTOVAL & Volkswagen*

## 1. Présentation de l'entreprise AUTOVAL

AUTOVAL est une entreprise créée depuis 1999 par les frères BENYAHIA. Elle représente officiellement les marques Volkswagen, Audi, Seat et Skoda à Bejaia.

Fort de son expérience et de son sérieux, il est l'un des premiers agents agréés dans le réseau SOVAC, qui assure la distribution et le service après-vente des véhicules touristiques et utilitaires du groupe Volkswagen, ainsi que la vente de pièces de rechange d'origine.

Depuis sa création, AUTOVAL s'appuie pour son développement sur des normes internationales fixées par le constructeur et cela afin d'offrir une qualité de service répondant aux attentes de la clientèle.



**Figure 1 :** Présentation générale de la SARL AUTOVAL.

### 1.2 Historique

Depuis la création d'AUTOVAL en 1999, elle continue à s'investir et se développer avec le temps.

1999 : Création d'AUTOVAL et le lancement de la marque Volkswagen à Bejaia.

2001 : Introduction de la marque Volkswagen utilitaire et intégration du réseau SOVAC.

2004 : Lancement des marques Audi et Skoda.

2005 : SARL AUTOVAL élue meilleur vendeur de l'année par les responsables locaux et étrangers de la marque allemande.

2006 : Introduction de la marque Seat.

2009 : Inauguration du nouveau showroom Volkswagen avec les standards internationaux.

2011 : Ouverture du nouveau showroom Seat/Audi.

2015 : AUTOVAL élue meilleure concession de l'année de la marque Skoda.

2016 : Séparation des marques, et ouverture des showrooms en 3S (Sales showroom, Service, Spare parts) et cela pour les marques Volkswagen, Skoda.

### 1.2. Situation géographique



**Figure 2** : Explantation d'AUTOVAL.

## 2. Organigramme d'AUTOVAL (présentation)

Après six semaines d'observation au sein de la SARL AUTOVAL, nous avons pu constater une structure du personnel qui se constitue la direction générale.

# ORGANIGRAMME SARL AUTOVAL

## 2018

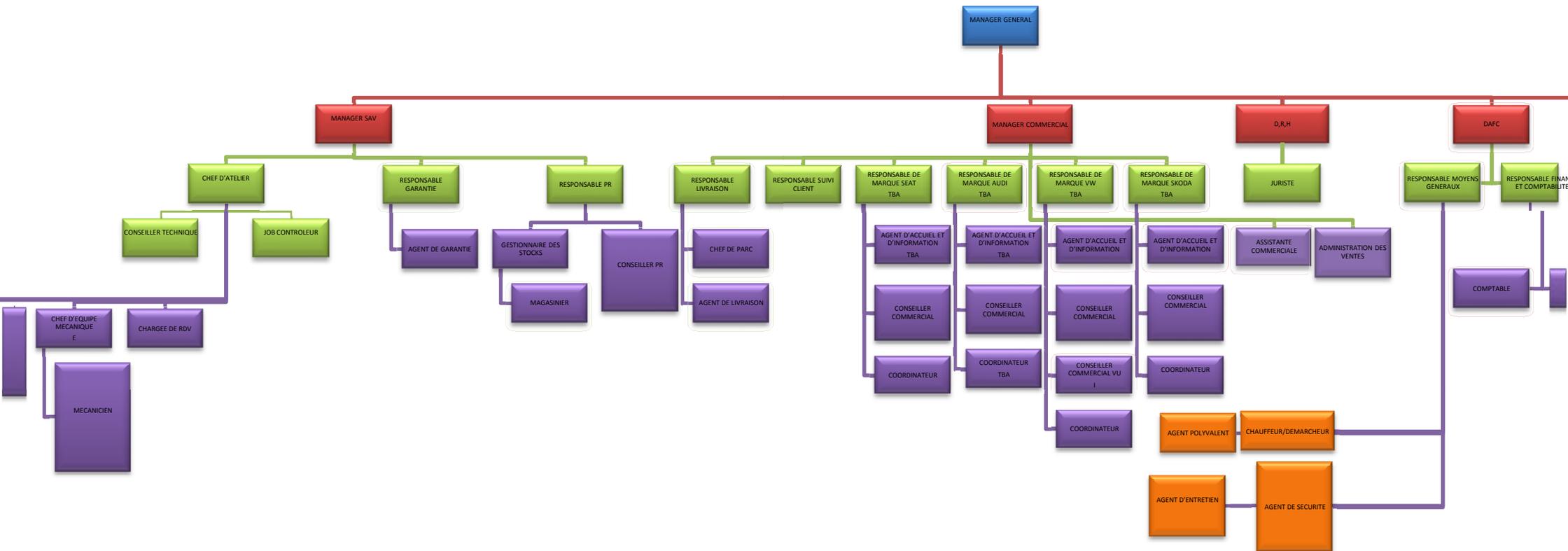


Figure 3 : Organigramme de la SARL AUTOVAL 2018

### 3. Présentation de la marque Volkswagen

Volkswagen (en abrégé VW, littéralement la voiture du peuple) est une marque automobile allemande créée en 1937 par Ferdinand Porsche. Elle appartient au groupe Volkswagen AG. Elle s'impose comme une référence dans toutes les catégories. Elle est fort de ses excellents véhicules et de ses excellentes prestations de services, Volkswagen incarne les vertus de l'automobile allemande : précision, fiabilité et compétence.



**Figure 4 :** Le signe de la marque Volkswagen.

#### 3.1. Historique

Volkswagen est toujours en avance sur son temps et agit en accordant systématiquement la priorité aux besoins de ses clients.

- **La création de l'usine Volkswagen de 1937 à 1945**

1904 : L'idée de la « Volkswagen » (en allemand, « voiture populaire ») : une voiture bon marché.

Juin 1934 : Mission confiée à Ferdinand Porsche.

Mai 1937 : Fondation de la société « Gesellschaft zur Vorbereitung des Deutschen Volkswagens mbH » à Berlin Société pour la préparation de la voiture du peuple Allemand.

Janvier 1938 : Début de la construction de l'usine Volkswagen près de Fallersleben.

Octobre 1938 : Inscription de la « Volkswagenwerk GmbH » au registre du commerce.

Septembre 1939 : Production d'armement et travail forcé à l'usine Volkswagen pendant la Seconde Guerre Mondiale.

- **L'usine des Britanniques de 1945 à 1949**

Juin 1945 : Les Américains confient au gouvernement militaire britannique l'administration fiduciaire de l'entreprise.

Décembre 1945 : Démarrage de la production en série de la Coccinelle, avec 55 voitures montées.

Octobre 1947 : Première exportation d'une Volkswagen.

Juin 1949 : Fondation de la « Volkswagen- Finanzierungs-Gesellschaft mbH ».

Octobre 1949 : Le gouvernement militaire britannique remet la gestion fiduciaire entre les mains du gouvernement allemand.

1949 : Environ 10 000 salariés produisent 4 000 véhicules par mois.

- **L'internationalisation et la production en masse de 1950 à 1960**

Mars 1950 : Démarrage de la production en série du Transporter.

Septembre 1952 : La « Volkswagen Canada Ltd. » est la première société de distribution à l'étranger.

Mars 1953 : « Volkswagen do Brasil Ltda. » est la première société de production à l'étranger.

1954 : Automatisation de la production.

Août 1955 : La millionième Volkswagen.

Octobre 1955 : Fondation de la « Volkswagen of America Inc. ».

Août 1960 : La Volkswagenwerk GmbH est transformée en société anonyme.

- **La société anonyme entre boom et crise de 1961 à 1972**

Mars 1961 : Première émission de l'action Volkswagen.

Octobre 1962 : Le millionième Transporter.

Décembre 1962 : Pour la première fois, un million de véhicules produits par an.

Décembre 1964 : L'usine d'Emden produit pour les autres continents.

Janvier 1965 : La société « Auto-Union GmbH » est rachetée par Volkswagenwerk AG.

Octobre 1966 : Fondation de la « Volkswagen Leasing GmbH ».

Juillet 1970 : Début de la production de la K 70.

Février 1972 : La 15.007.034ème Coccinelle dépasse la « Tin Lizzy » de Ford.

- **La production flexible : Passat et Golf de 1973 à 1980**

Mai 1973 : Démarrage de la production en série de la Passat.

Mars 1974 : Démarrage de la production en série de la Golf.

1. Juillet 1974 : A 11h19, la dernière Coccinelle sort des chaînes de Wolfsburg.

Mars 1975 : Démarrage de la production en série de la Polo.

Juin 1976 : Un moteur diesel quatre cylindres pour la Golf.

Octobre 1976 : La millionième Golf.

Avril 1978 : Démarrage de la production de la Golf dans l'usine américaine de Westmoreland.

- **Nouvelles marques, nouveaux marchés de 1982 à 1991**

Avril 1985 : Fondation de la « Shanghai-Volkswagen Automotive Company Ltd. ».

Juillet 1985 : Nouveau nom : « Volkswagen AG ».

Juin 1986 : Rachat de 51 pour-cent du capital de SEAT.

Février 1991 : Fondation de la « FAW-Volkswagen Automotive Company Ltd. » à Changchun (Chine).

Mars 1991 : Regroupement des services financiers dans la « Volkswagen Finanz GmbH ».

Avril 1991 : Reprise de la « ŠKODA, automobilová a.s. ».

- **La mondialisation du groupe automobile de 1992 à 2018**

Janvier 1994 : Naissance de la « Volkswagen Financial Services AG ».

Juillet 1995 : Lancement de la marque « Volkswagen Véhicules utilitaires ».

Juillet 1998 : Reprise de Bugatti et de Bentley.

Septembre 1998 : Audi rachète Lamborghini.

Juin 2000 : Inauguration de la ville de l'auto.

Août 2001 : Fondation de l'« Auto 5000 GmbH ».

Mai 2005 : La 100 millionième Volkswagen.

Mars 2007 : 25 millionème GOLF.

Septembre 2007 : Nouveau concept car de VOLKSWAGEN : LA UP!

2015 : Volkswagen est une des quatre marques du groupe impliquées dans l'affaire Volkswagen liée au trucage de tests d'émissions polluantes.

2016 : Volkswagen présente un concept de SUV urbain cabriolet façon « Range Rover Evoque ».

août 2017 : Volkswagen annonce la production de ses 150 millionèmes voitures dans l'histoire de la marque et il s'agit d'une Golf GTE.

janvier 2018 : Volkswagen s'excuse pour avoir forcé des singes à respirer des gaz d'échappement lors de tests en laboratoire aux États-Unis.

### 3.2. Les marques qui appartiennent à Volkswagen

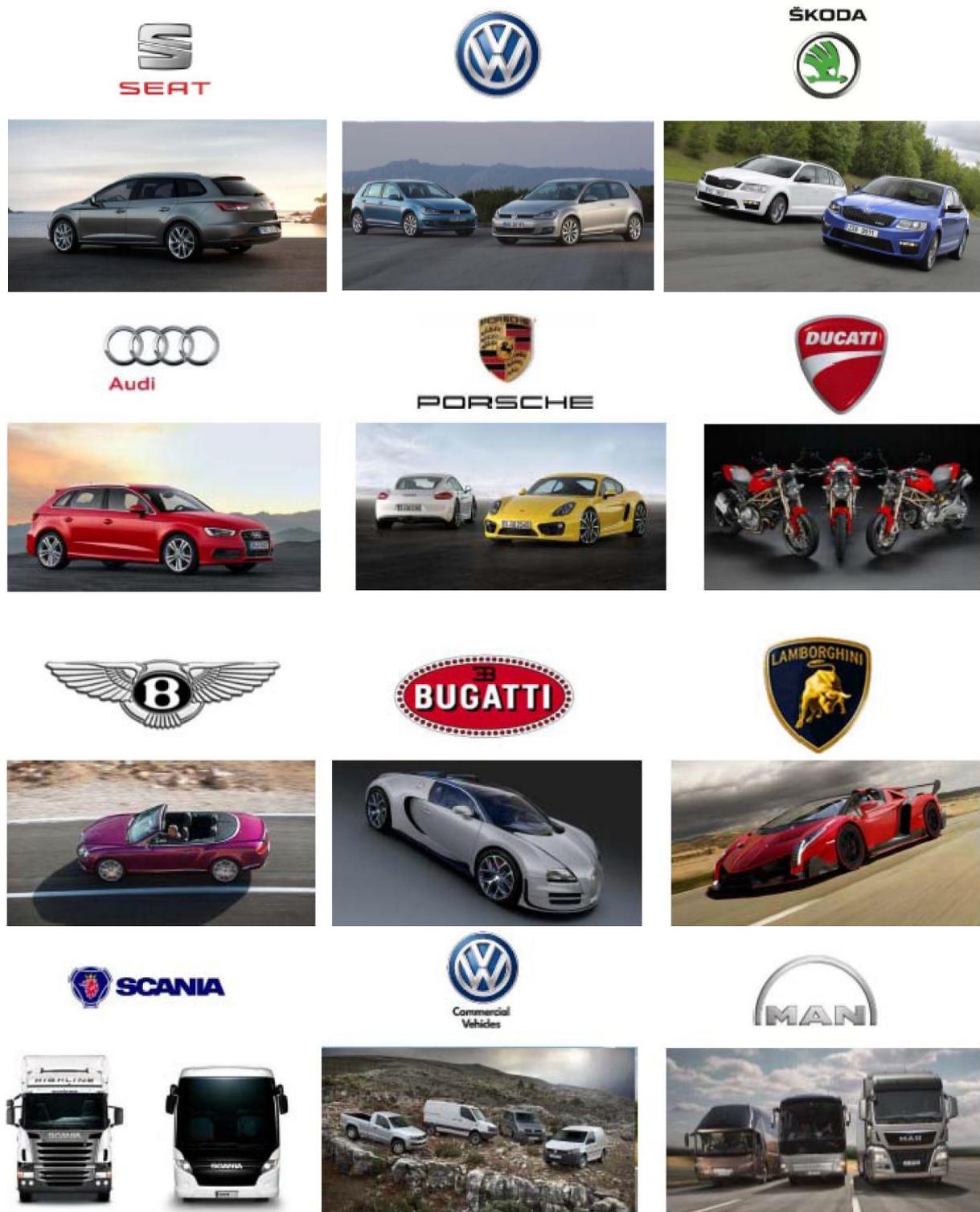


Figure 5 : Les marques qui appartiennent à Volkswagen.

# *Chapitre I*

## *Généralités sur le système de freinage*

## I.1. Introduction

Du développement de l'automobile, le frein jouait un rôle plutôt secondaire étant donné que les frictions au niveau de la chaîne cinématique étaient si élevées qu'elles décéléraient suffisamment le véhicule, sans même actionner le frein [1].

Des puissances et vitesses de plus en plus élevées ainsi qu'une augmentation constante de la densité du trafic ont conduit, dans les années 20, à étudier comment l'on pouvait, en utilisant des systèmes de freinage adaptés, faire contrepoids aux performances de traction et de conduite en hausse.

Ce ne sont toutefois que les progrès de l'électronique et de la microélectronique qui ont permis de développer des systèmes permettant de réagir suffisamment vite dans les situations d'urgence. L'ancêtre des systèmes de freinage électronique est l'ABS, ou système antiblocage, qui n'a pas cessé d'être perfectionné depuis son introduction en série en 1978 et a été complété par d'autres fonctions. Ces fonctions interviennent activement dans le processus de conduite pour augmenter la stabilité routière.

Actuellement, le développement se tourne vers les systèmes d'assistance du conducteur, qui apportent leur soutien au conducteur dans des situations d'urgence.

## I.2. Définition

On entend par système de freinage, l'ensemble des éléments permettant de ralentir ou de stopper le véhicule suivant le besoin du conducteur [2].

## I.3. Fonction globale du système de freinage

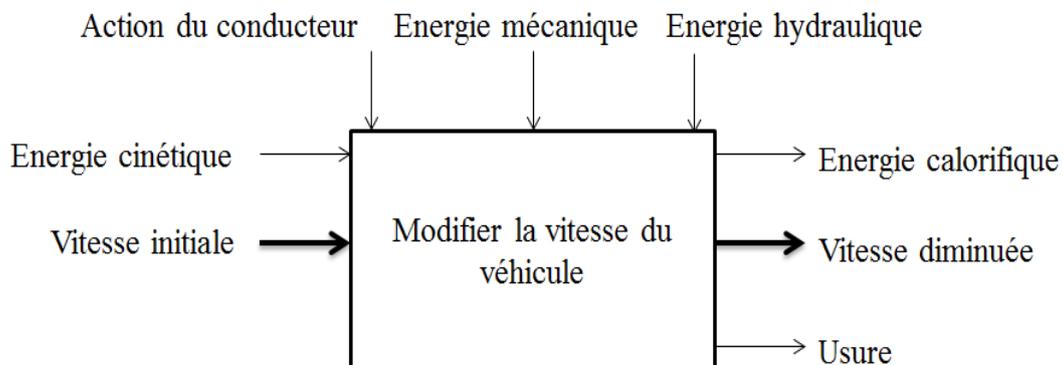
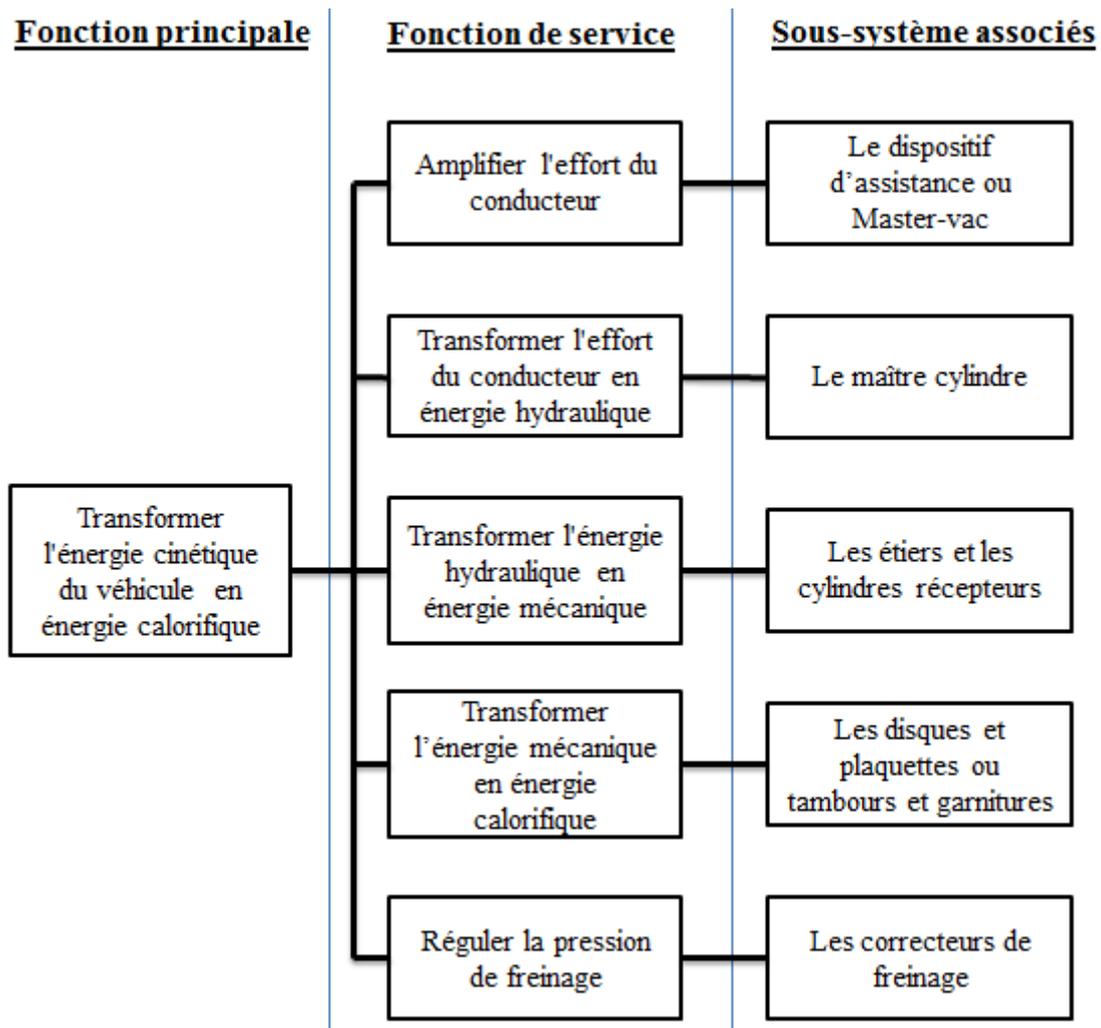


Figure I.1 : Système de freinage.



**Figure I.2 :** Fonctionnement générale du système de freinage (figure V.1).

Un véhicule en mouvement possède une énergie appelée énergie cinétique. Elle est fonction de :

- La masse du véhicule
- La vitesse du véhicule

$$E_c = \frac{M \times V^2}{2}$$

Avec :

$E_c$  : Energie cinétique en Joule

$M$  : Masse du véhicule en Kg

$V$  : Vitesse du véhicule en m/s (mètre par seconde)

Pour réduire sa vitesse, il faudra absorber une partie de cette énergie. Pour s'arrêter, il sera nécessaire de l'absorber complètement.

Donc le système de freinage doit dissiper l'énergie cinétique en la transformant en chaleur « énergie calorifique » (voir la figure I.2).

Tout véhicule automobile doit être pourvu d'un dispositif (tableau I.1) :

- De freinage principal ou frein de service dont la commande est constituée de deux circuits indépendants
- De freinage secondaire ou frein de secours dont la commande doit être indépendante de celle du frein de service
- De frein de stationnement permettant le maintien à l'arrêt le véhicule en charge sur une pente ascendante ou descendante de 18 %

	Dispositif principal (ou frein de service)	Dispositif de secours (ou frein de secours)	Dispositif de stationnement (lorsqu'il fait aussi fonction de frein de secours)
Voitures particulières	5.5 m/s <sup>2</sup>	2.5 m/s <sup>2</sup>	2.2 m/s <sup>2</sup>
Voitures Utilitaires légers	4.5 m/s <sup>2</sup>	2 m/s <sup>2</sup>	2 m/s <sup>2</sup>

**Tableau I.1** : Décélération minimale définies par la législation.

## I.4. La distance d'arrêt et la distance de freinage

### I.4.1. La distance d'arrêt

Elle dépend de nombreux facteurs :

- La vitesse du véhicule
- L'état et le type de suspension
- L'état et le type de pneumatique
- L'état et le type de dispositif de freinage
- Le coefficient d'adhérence
- Le temps de réaction du conducteur

Il faut un certain temps pour que le conducteur réagisse et que les freins entrent en action [2]

Remarque : Alcool, fatigue, prise de médicaments ou drogue, allonge le temps de réaction de 0.5 à 2 secondes.

**I.4.2. La distance de freinage**

- Il s'agit de la distance parcourue par le véhicule pendant le freinage du conducteur
- Elle dépend de la vitesse du véhicule et de la décélération possible du véhicule

$$D_f = \frac{(V_i - V_t)^2}{2\gamma}$$

Avec :

$D_f$  : Distance de freinage en m (mètre)

$V_i$  : Vitesse initiale en m/s (mètre par seconde)

$V_t$  : Vitesse terminale en m/s

$\gamma$  : Décélération en  $m/s^2$

Pour la distance d'arrêt total du véhicule, il faut ajouter la distance parcourue pendant le temps de réaction du conducteur

Les conditions à satisfaire :

- Efficacité       $\longrightarrow$       Durée et distance de freinage réduite
- Stabilité       $\longrightarrow$       Conservation de la trajectoire du véhicule
- Progressivité       $\longrightarrow$       Freinage proportionnel à l'effort du conducteur
- Confort       $\longrightarrow$       Effort réduit pour le conducteur

## I.5. Les constitutions du freinage automobile

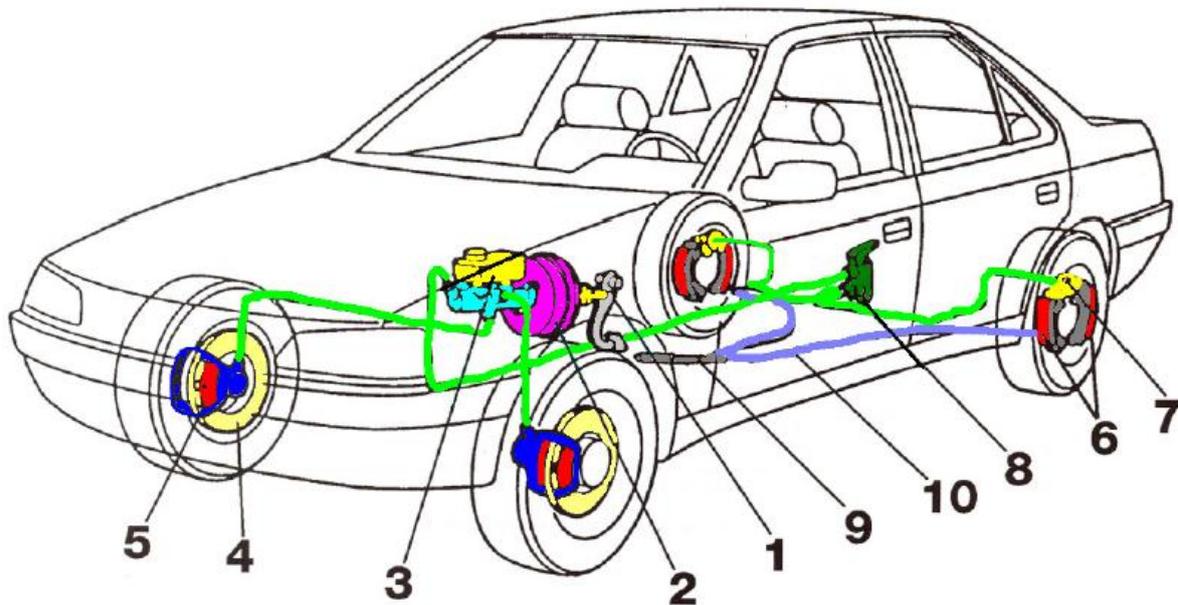


Figure I.3 : Les constitutions de système de freinage automobile [2].

Repère	Désignation	Repère	Désignation
1	Pédalier	6	Segments de freins
2	Master-vac	7	Cylindres de roues
3	Maître cylindre	8	Correcteurs
4	Disques	9 et 10	Commande et câble freins de stationnement
5	Etrier		

Tableau I.2 : Les constitutions de système de freinage automobile.

### I.5.1. Le Master-vac (assistance)

Il est situé entre la pédale de frein et le maître-cylindre

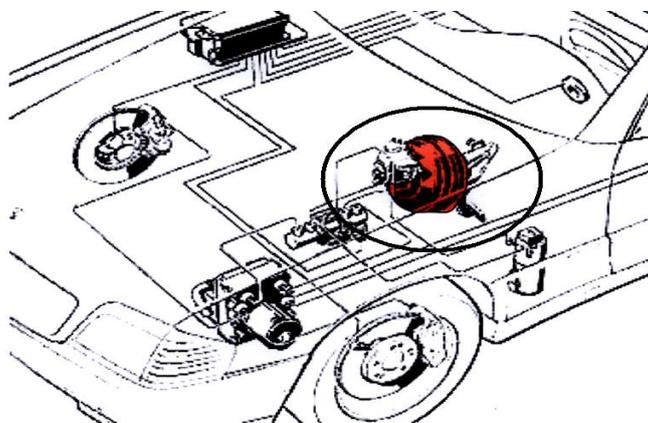
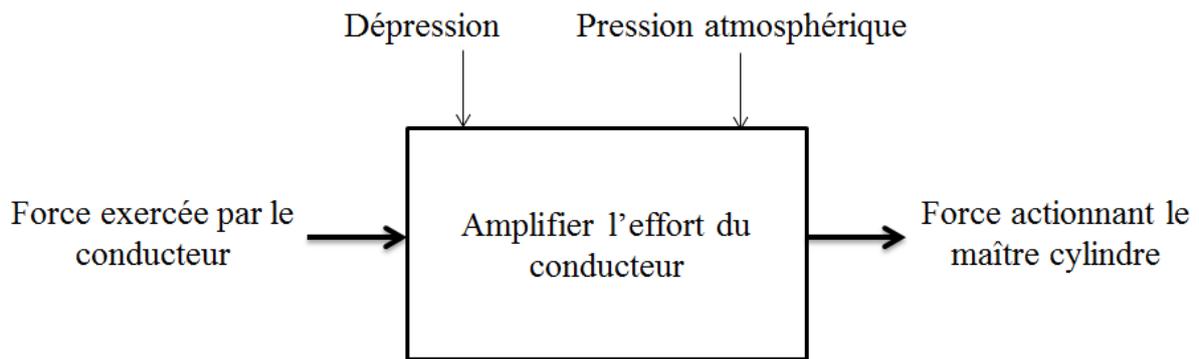


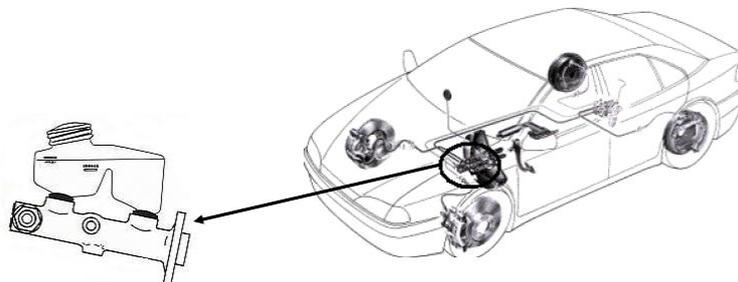
Figure I.4 : L'emplacement de Master-vac.



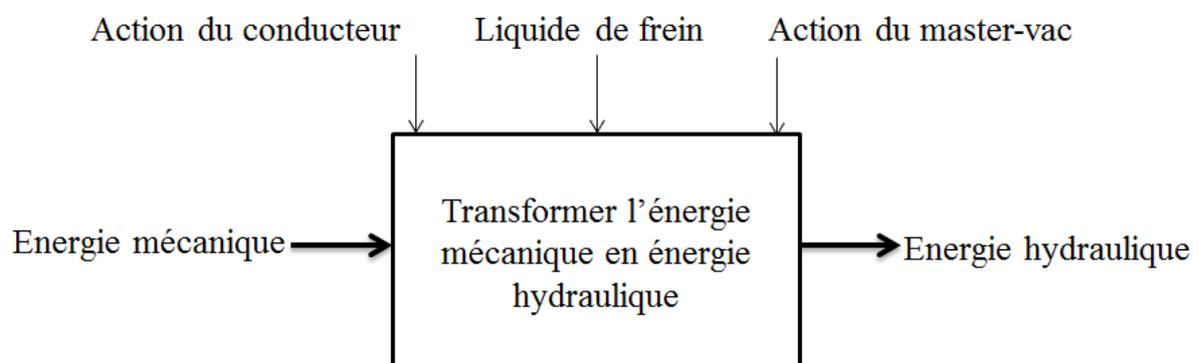
**Figure I.5 :** Fonctionnement de l'assistance de freinage.

- L'assistance au freinage a pour but de réduire considérablement l'effort exercé par le conducteur sur la pédale de frein
- Elle utilise pour cela une source d'énergie qui s'ajoute à celle qui est fournie par le conducteur lorsqu'il agit sur la pédale de frein
- L'assistance pneumatique utilise la pression qui règne dans la tubulure d'admission d'un moteur essence ou celle fournie par une pompe à vide sur un moteur diesel

### I.5.2. Le maître-cylindre



**Figure I.6 :** L'emplacement de maître-cylindre.



**Figure I.7 :** Fonctionnement de maître-cylindre.

- Il reçoit la force issue du master-vac et la transforme en pression hydraulique dans tout le circuit. Cette montée en pression est progressive car elle dépend de l'effort du conducteur sur la pédale [2]
- Il commande les récepteurs (étrier ou cylindre de roue)

### I.5.3. Le liquide de frein

C'est par leur intermédiaire que la pression de sortie du maître-cylindre est communiquée aux cylindres récepteurs de chaque roue et / ou aux pistons des étriers pour les freins à disque. Ils ne doivent donc jamais être défectueux, c'est pourquoi ils sont soumis à des normes très sévères [3].

Malheureusement, ces liquides sont encore trop souvent appelés "huile" de frein alors qu'il est rigoureusement interdit de les remplacer par une huile quelconque qui attaquerait toutes les pièces en caoutchouc. Tous ces fluides de frein doivent correspondre aux normes internationales SAE J 1703, Dot 3 ou Dot 4 ou Dot 5 ...

Ces normes définissent rigoureusement les caractéristiques d'ébullition, de neutralité chimique, d'incompatibilité avec l'eau, de corrosion, de lubrification et de compatibilité avec les différents composants (surtout les caoutchoucs).

Une particularité essentielle de ces normes est que tous les fluides de même type sont miscibles (peuvent se mélanger) entre eux.

Les liquides de frein sont déshydratés et au contact de l'air dans le réservoir il se charge en eau ce qui diminue leur température d'ébullition.

- Liquide de frein DOT 3 T° ébullition min : 205°C T° ébullition min liquide humide : 140°C
- Liquide de frein DOT 4 T° ébullition min : 230°C T° ébullition min liquide humide : 155°C
- Liquide de frein DOT 5 (SILICONE) T° ébullition min : 260°C T° ébullition min liquide humide : 180°C
- Liquide de frein DOT 5.1 T° ébullition min : 260°C T° ébullition min liquide humide : 180°C

Il sont d'origine [4] :

- Minérale (LHM) : ils sont très peu utilisés et sont de couleur rouge ou vert.
- Synthétique : ce sont les plus utilisés et sont classés par normes en fonction de leur point d'ébullition : DOT3, DOT4 et DOT5.1. ils sont de couleur ambre.
- Silicones : DOT5. ils sont très peu utilisés et sont de couleur violette.

Les liquides d'origine différente ne sont pas miscibles entre eux.

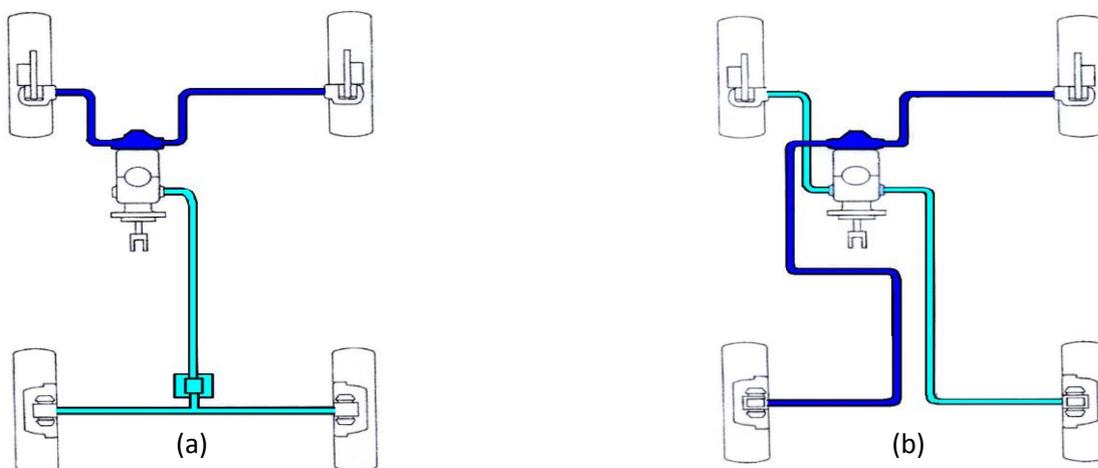
### I.5.4. Les circuits de freinages

Depuis 1977 la législation impose l'utilisation de deux circuits indépendants [2] :

- Le circuit en « H » : Les circuits avant et arrière sont séparés
- Le circuit en « X » : Le circuit est séparé en deux. Une roue avant avec une roue arrière

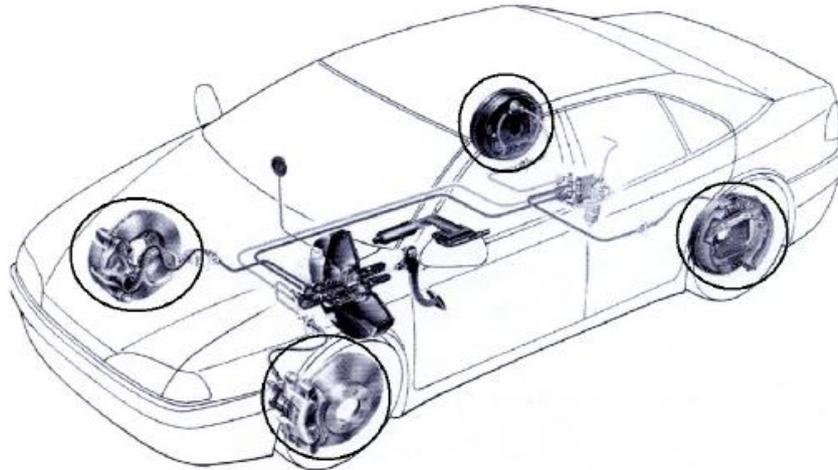
Circuits	Avantages	Inconvénient
H	Simplicité du système, la stabilité du véhicule n'est que très peu affecté	En cas de défaillance, la perte d'efficacité diffère suivant le circuit touché
X	La perte d'efficacité est de <b>50%</b> quel que soit le circuit défaillant	En cas de défaillance, la stabilité du véhicule est très affectée

**Tableau I.3 :** Les avantages et inconvénient des circuits de freinages.



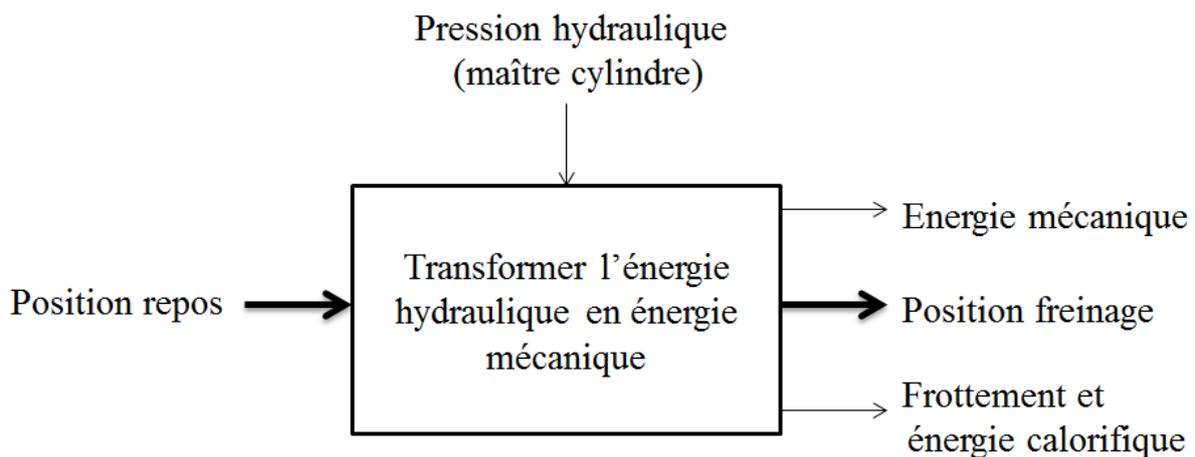
**Figure I.8 :** Les circuits de freinages, circuit en H (a) et circuit en X (b).

### I.5.5. Système opératif [2]



**Figure I.9 :** L'emplacement de système opératif.

#### I.5.5.1. Fonctionnement



**Figure I.10 :** Fonctionnement de système de frein.

Le système de frein reçoit la pression hydraulique issue du maître-cylindre et proportionnelle au besoin du conducteur.

Il transforme cette pression en force mécanique afin de déplacer les éléments de friction et de transformer l'énergie cinétique du véhicule en énergie calorifique issue des frottements.

#### I.5.5.2. Différents systèmes

On compte aujourd'hui deux technologies principales qui sont utilisées pour le freinage automobile [5], à savoir :

- Les freins à tambour,
- Les freins à disque.

Les principales technologies et leurs mécanismes sont détaillés dans les sections suivantes.

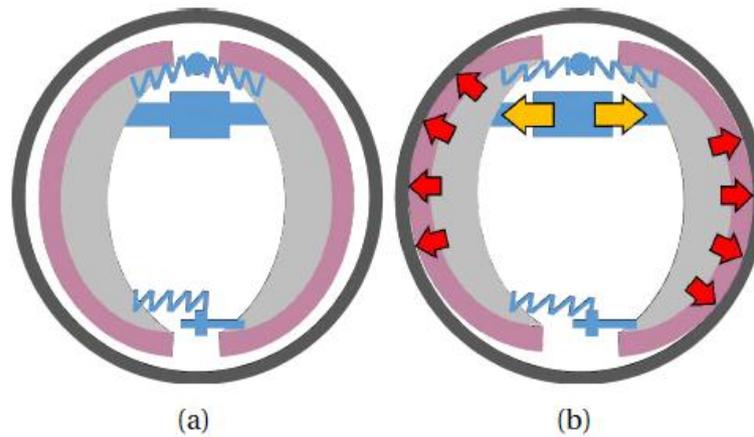
#### I.5.5.2.1. Le frein à tambour :

Cette technologie a été utilisée majoritairement sur les véhicules jusqu'à l'arrivée des freins à disque. Cela dit, son faible coût lui permet d'être toujours utilisée sur l'essieu arrière des véhicules, notamment en tant que frein de stationnement. Une illustration de ce type de système est présentée à la (figure I.11).



**Figure I.11 :** Illustration d'un frein à tambour.

Le tambour est entraîné par la rotation de la roue. Les mâchoires, situées à l'intérieur de ce tambour, sont liées par un ressort de rappel qui les empêche, quand le conducteur n'appuie pas sur la commande de freinage, d'entrer en contact avec le tambour (figure I.12(a)). Ces mâchoires sont recouvertes d'une garniture composée d'un matériau de friction. Une fois que le frein est actionné, le piston vient pousser les mâchoires qui pivotent et entrent ainsi en contact avec le tambour en rotation, ce qui a pour action de ralentir le véhicule (figure I.12 (b)). C'est le ressort de rappel qui, en fin de freinage, permet d'éviter le blocage des roues en décollant les mâchoires du tambour.



**Figure I.12 :** Fonctionnement d'un frein à tambour, au repos (a) et lors du freinage (b).

#### I.5.5.2.2. Le frein à disque

En comparaison aux freins à tambours, les freins à disque freinent plus efficacement, refroidissent plus vite et présentent des propriétés autonettoyantes, du fait des forces centrifuges mises en jeu. Ces nombreux avantages leur ont permis de s'imposer comme la référence des systèmes de freinage équipant l'essieu avant des automobiles. Une illustration de ce type de système est présentée à la (figure I.13).

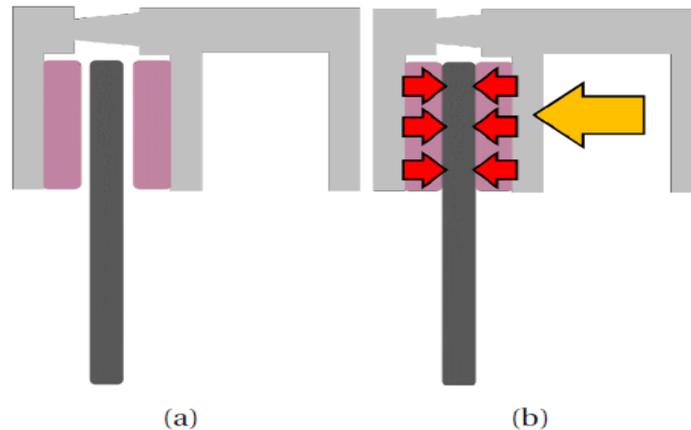


**Figure I.13 :** Illustration d'un frein à disque.

#### a) Fonctionnement

Le système se compose d'un disque solidaire de la roue qui est donc mis en rotation quand le véhicule se déplace. Un jeu de plaquettes est placé de part et d'autre de ce disque.

On nomme plaquette intérieure celle qui est placée côté véhicule et plaquette extérieure celle du côté roue (figure I.14(a)). Ces plaquettes sont maintenues dans l'étrier et peuvent translater de manière normale à la surface du disque sous l'action d'un ou plusieurs pistons. Elles viennent alors, au cours d'une opération de freinage, pincer le disque et ralentir sa rotation jusqu'à stopper le véhicule (figure I.14(b)).



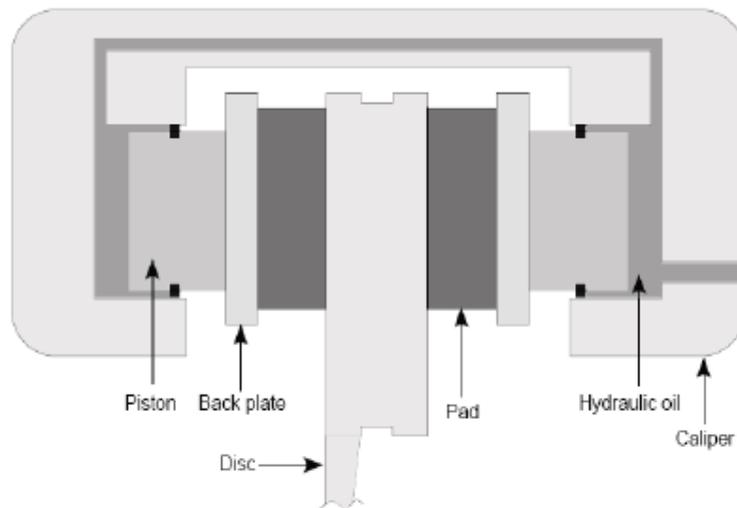
**Figure I.14 :** Fonctionnement d'un frein à disque, au repos (a) et lors du freinage (b).

### b) Étrier fixe vs flottant

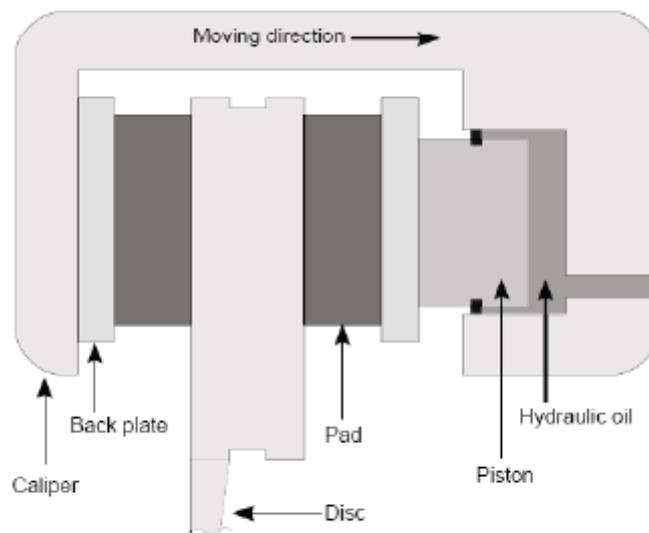
L'étrier est la pièce du système de freinage qui contient les plaquettes et vient les mettre en mouvement à l'aide d'un ou plusieurs pistons. Deux technologies sont aujourd'hui utilisées pour cette pièce en fonction de la performance de freinage recherchée : l'étrier fixe et l'étrier flottant. Un étrier fixe se compose au minimum de deux pistons alors qu'il n'en faut qu'un pour un étrier flottant. Pour un étrier fixe, un piston est placé de chaque côté du disque, au dos de chacune des plaquettes, intérieure comme extérieure. Lorsque le conducteur freine, chaque piston pousse alors la plaquette qui lui est associée contre la surface du disque en rotation. L'étrier est lui fixe et ne sert que de guide à la translation du piston et des plaquettes.

Dans le cas de l'étrier flottant, un seul piston est nécessaire du côté intérieur du système. La plaquette extérieure est alors plaquée contre le disque par le coulissement de l'étrier dans un porte étrier. Quand la pression est appliquée, le piston avance et vient pousser la plaquette intérieure contre le disque. Quand la plaquette intérieure est en contact avec le disque, l'effort de réaction appliqué à l'étrier le fait coulisser dans la direction opposée au mouvement de la plaquette, de sorte qu'il vient également déplacer la plaquette extérieure contre le disque. Cette conception a l'avantage d'être plus légère et moins coûteuse, ce qui en fait la solution la plus répandue dans l'industrie automobile. Cela dit, les véhicules nécessitant de hautes

performances de freinage, notamment en sport automobile, sont eux équipés de systèmes à étrier fixe possédant plusieurs pistons par plaquettes.



(a)



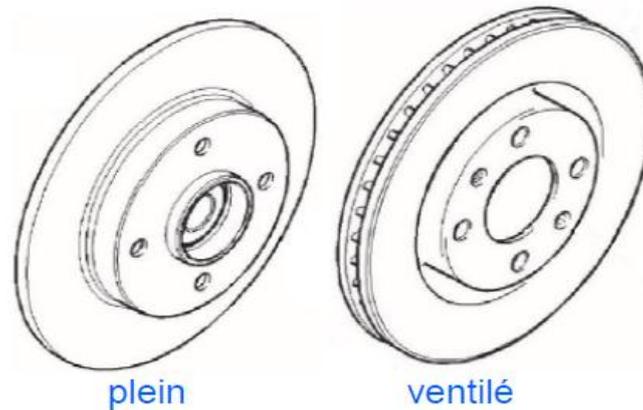
(b)

**Figure I.15 :** Comparaison des technologies d'étrier fixe (a) et flottant (b).

### c) Les disques :

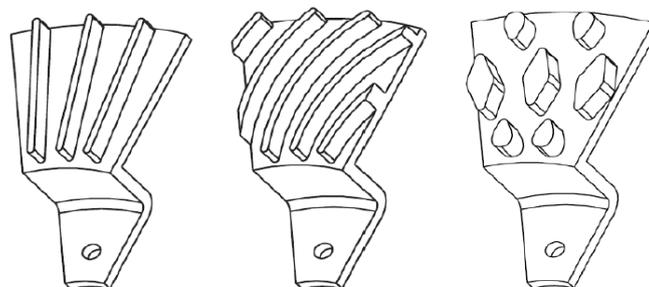
Il existe deux types de disques :

- les disques pleins,
- les disques ventilés pour un meilleur refroidissement.



**Figure I.16** : Les deux types de disques [4].

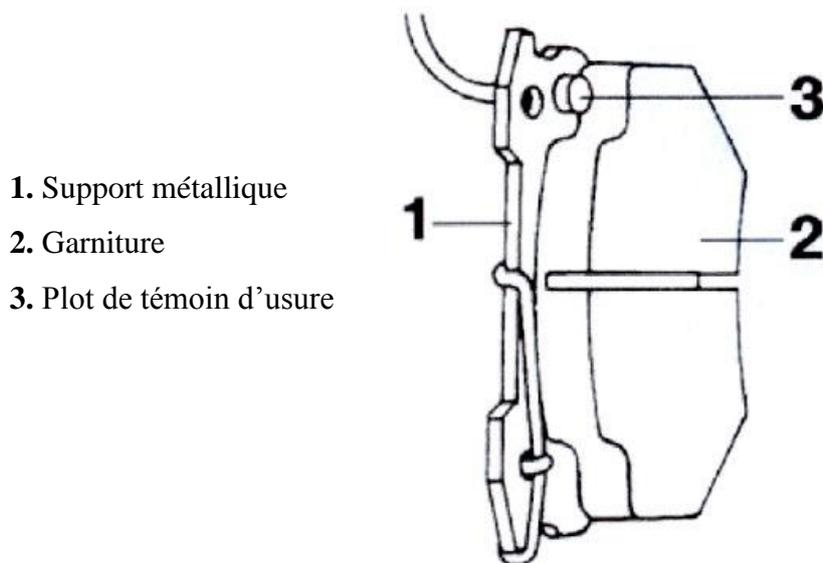
Le disque, solidaire de l'axe de roue, tourne à la même vitesse que celle-ci. Plus la quantité d'énergie cinétique convertie en chaleur sera élevée, plus le freinage sera efficace. Cependant, il ne faut pas que l'échauffement des pièces du système dû à cette dissipation d'énergie ne vienne influencer sur les performances du freinage. On trouve donc dans la conception des disques de nombreuses solutions pour dissiper cette chaleur. L'introduction d'une cloche de montage permet d'augmenter la surface globale du disque ce qui facilite le refroidissement. De plus, il existe désormais des disques appelés ventilés dont différentes configurations sont présentées à la (figure I.17). La piste de frottement n'est plus une pièce volumique pleine, elle est creusée de nombreux canaux qui, avec la rotation, facilitent l'écoulement d'air permettant le refroidissement du disque. Les disques sont majoritairement faits en fonte grise, ce qui leur confère une très bonne tenue à l'usure. On trouve certaines applications spécifiques de disque en carbone, notamment pour la compétition automobile. Cependant, leur performance n'est observée que pour de très hautes températures, causées par d'importantes puissances de freinage. Cela ne représente donc pas les cas d'application les plus communs dans l'industrie automobile.



**Figure I.17** : Différentes technologies de ventilation des disques schématisées sur une portion de disque de 30°.

**d) Les plaquettes**

Les plaquettes sont composées de plusieurs éléments et de différents matériaux. Une plaquette se compose toujours d'un matériau d'usure appelé garniture, fixé sur un support ou encore back plate, qui lui est rigide et résistant à l'usure. La rigidité de cette back plate doit permettre la transmission et la répartition de l'effort transmis par le piston, c'est pourquoi cette pièce est faite d'acier ou parfois d'aluminium pour des raisons d'allègement. La garniture est-elle l'élément d'usure du système, c'est donc les plaquettes qu'il faudra remplacer avant les disques sur un système de freinage. Des exigences en matière d'efficacité et de sécurité sont requises pour ces garnitures. Elles doivent assurer une bonne tenue thermomécanique et un coefficient de frottement élevé et constant quelles que soient les conditions (température, vitesse, pression, humidité, état de surface, corrosion,...). Sa rigidité est bien plus faible que celle de la back plate (de l'ordre de quelques GPa). On peut trouver dans sa composition jusqu'à 25 matériaux différents [5].



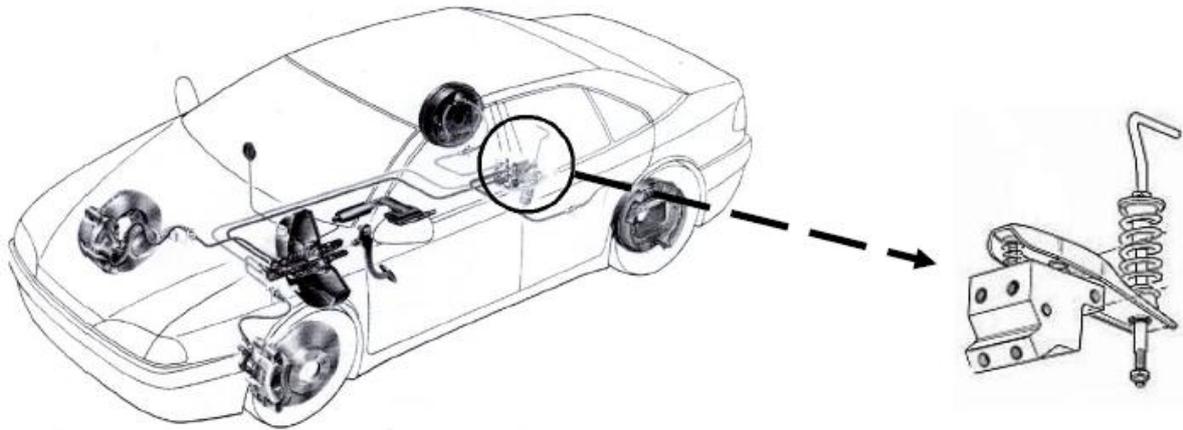
**Figure I.18** : Une plaquette de Frein à disque [2].

Elles doivent :

- Présenter une bonne résistance à l'usure et ne pas être agressive vis-à-vis du disque
- Fonctionner sans bruit
- Résister à des températures de fonctionnement pouvant atteindre 800°C

Remarque : Une température trop élevée peut entraîner une perte d'efficacité presque totale du freinage.

### I.5.6. Les correcteurs de freinage

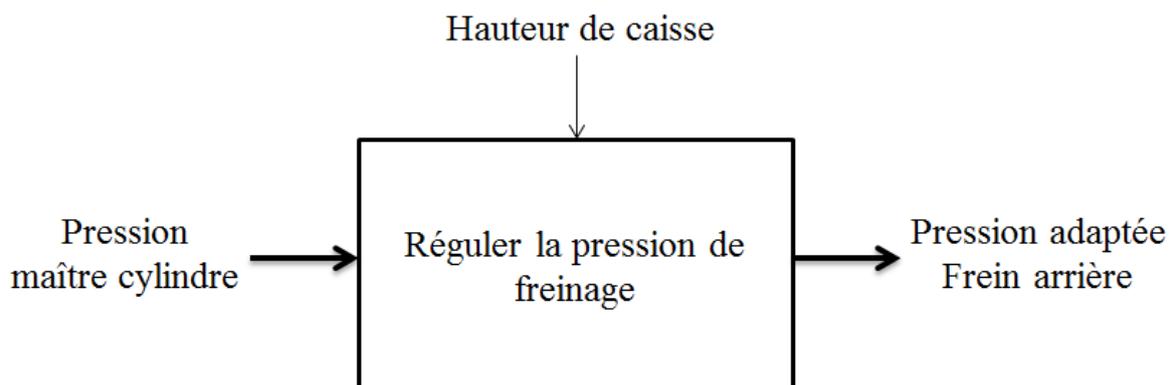


**Figure I.19** : L'emplacement du correcteur de freinage [2].

#### I.5.6.1. Nécessité des correcteurs de freinage

- Lors d'un freinage, il y a un transfert de masse de l'arrière vers l'avant. Le train avant est surchargé alors que le train arrière est délesté.
- L'adhérence des roues avant augmente tandis que celle des roues arrière diminue.
- Afin d'éviter le blocage des roues arrière, il faut diminuer la force de freinage à l'arrière.

#### I.5.6.2. Fonction globale



**Figure I.20** : Fonctionnement de correcteur de freinage.

Les correcteurs de freinage permettent de modifier à un moment donné le rapport des pressions hydrauliques entre les freins AV et AR.

### I.5.6.3. Les différents correcteurs de freinage [4]

Les limiteurs :

- Limiteur simple
- Limiteur asservi à la charge

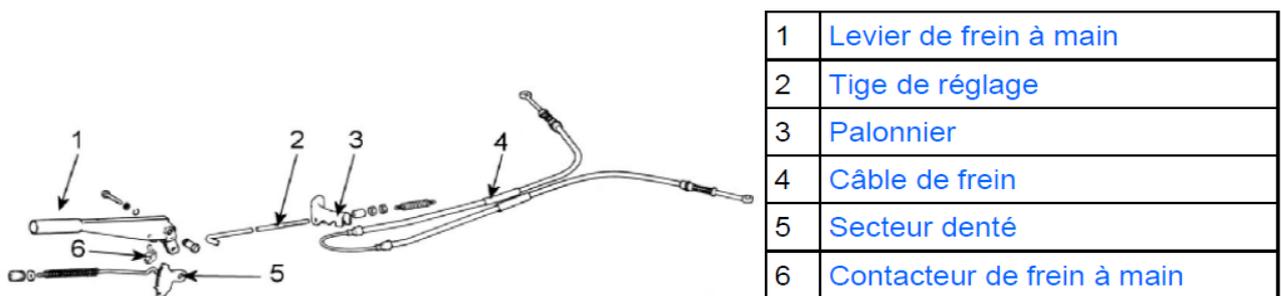
Les compensateurs :

- Compensateur simple
- Compensateur asservi à la charge
- Compensateur intégré

## I.6. La commande mécanique

Son rôle est de la maintenir à l'arrêt de véhicule [4].

### I.6.1. Constitution



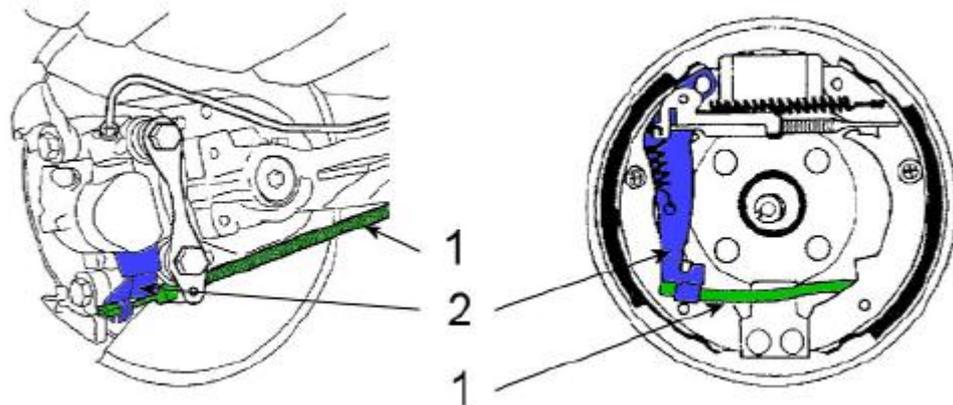
**Figure I.21 :** Constitution de la commande mécanique.

### I.6.2. Fonctionnement

Le conducteur actionne le levier en le faisant pivoter sur son axe. Celui-ci reste en position après enclenchement des crans de verrouillage. Par l'intermédiaire du palonnier, les câbles (1) se tendent et entraînent les leviers (2) situés dans les organes de frein (à l'arrière dans la majorité des cas).

Ces leviers agissent soit :

- En écartant les segments de frein afin de les mettre en contact avec le tambour (frein à tambour),
- En poussant les pistons qui appliquent les plaquettes contre les disques (frein à disque).



**Figure I.22 :** Les positions des câbles (1) et des leviers (2).

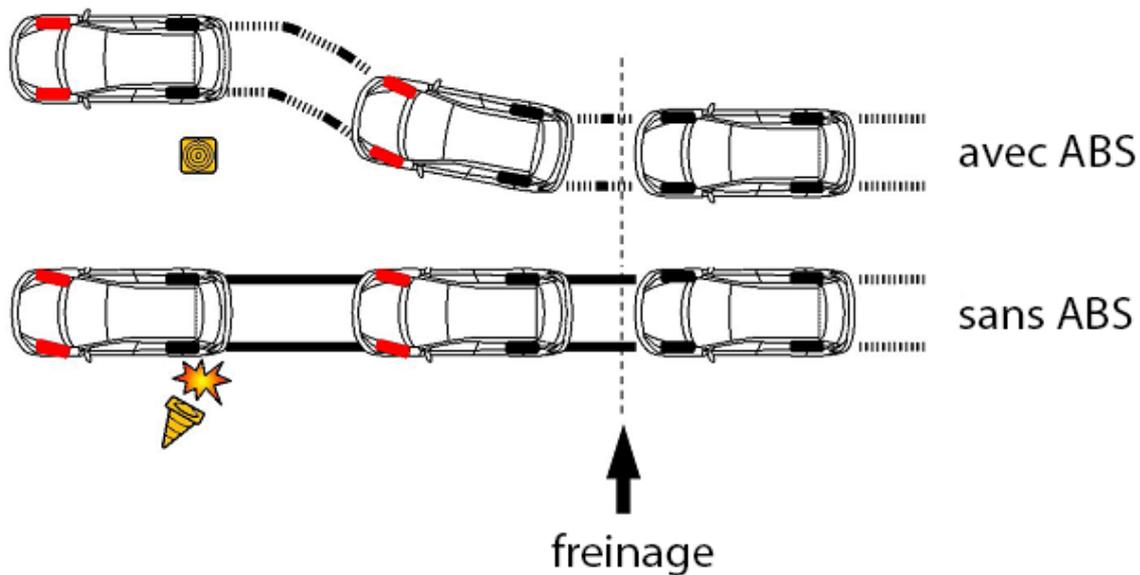
## **I.7. Système de freins antiblocage (ABS)**

### **I.7.1. Définition**

Le système de freins antiblocage (ABS) est une caractéristique de sécurité active conçue pour empêcher les roues d'un véhicule de se bloquer à la suite d'un freinage vigoureux, réduisant ainsi le risque de dérapage et permettant au conducteur de conserver la maîtrise de son véhicule. Sur des routes détrempées ou glissantes, le système ABS peut également réduire la distance d'arrêt du véhicule [6]. Quand le conducteur appuie à fond sur les freins dans un véhicule sans ABS, les roues sont susceptibles de cesser de tourner et de se bloquer. Lorsque les roues se bloquent, le conducteur du véhicule n'a plus aucune maîtrise de la direction et le véhicule peut commencer à patiner. Sur des surfaces de route plus accidentées, des nids de poule ou des courbes douces pourraient entraîner le dérapage du véhicule s'il est déjà en train de patiner. La fonction principale du système ABS étant de vous permettre d'éviter le dérapage et la perte de maîtrise du véhicule après un freinage vigoureux, il contribue à réduire le risque de collision frontale avec une voiture ou un autre objet.

### **I.7.2. Fonctionnement de système ABS**

Il existe de légères différences entre les divers systèmes de freins antiblocage, mais ils ont tous en commun trois principaux composants : des capteurs de vitesse de roue (des capteurs qui surveillent la vitesse de rotation des roues), des unités hydrauliques (des dispositifs mécaniques qui relâchent effectivement les freins au besoin) et une unité de commande électronique (ECU) (le contrôleur électronique qui interprète l'information transmise par les capteurs de vitesse de roue et transmet des commandes aux unités hydrauliques).



**Figure I.23 :** fonctionnement de véhicule avec et sans ABS.

L'ECU est conçu pour détecter les décélérations rapides des roues, signes qu'une roue est sur le point de se bloquer. Par exemple, si l'ordinateur du système ABS détecte que la roue avant gauche décélère rapidement, il demandera à l'unité hydraulique associée à la roue avant gauche de réduire la force de freinage. L'unité hydraulique continuera de réduire la force de freinage jusqu'à ce que l'ordinateur détecte que la roue en cause s'est remise à accélérer. Une fois que la roue s'est mis à tourner normalement, les freins sont de nouveau appliqués puis relâchés si la roue présente un risque de blocage. Le processus qui consiste à relâcher et appliquer les freins peut se produire plusieurs fois par seconde.

Dans le 2<sup>ème</sup> chapitre nous donnerons plus de détails sur l'ABS utilisé par Volkswagen.

## I.8. Programme électronique de stabilité (ESP)

### I.8.1. Définition

ESP aide le conducteur à conserver la maîtrise de sa trajectoire en cas de dérive du véhicule lors d'une manœuvre urgente [7]. Il évite, par une intervention ciblée sur les freins et la gestion du moteur, le dérapage possible du véhicule [8].

**I.8.2. De quoi l'ESP est-il capable ?**

- Le Programme Electronique de Stabilité fait partie des facteurs influençant la sécurité active d'un véhicule.
- On parle aussi du "système dynamique du véhicule". Il s'agit, en simplifiant beaucoup, d'un "Programme anti-dérapiage".
- Il identifie le risque de dérapage et corrige de manière ciblée un éventuel décrochage du véhicule.

Dans le 2ème chapitre nous donnerons plus de détails sur l'ESP utilisé par Volkswagen.

# *Chapitre II*

*Le système de freinage et de stabilité  
utilisé par Volkswagen*

## II.1. Introduction

La nouvelle technologie dans le secteur automobile a beaucoup poncé au conducteur pour se trouve le plus confronté à des situations critiques qu'il ne peut toujours résoudre seul avec ses compétences et son expérience.

Les situations critiques apparaissent la plupart du temps pour les raisons suivantes :

- Densité du trafic croissante et vitesse dans la circulation routière.
- Conditions climatiques.
- Etat technique du véhicule.

Les fabricants de véhicules et les fournisseurs de systèmes de freinage ont réagi à ces situations au cours des trente dernières années en développant des systèmes de freinage et de stabilisation qui permettent au conducteur de faire face à certaines situations critiques. Ces systèmes font partie des éléments les plus importants, de la sécurité active conjointement aux ceintures de sécurité et aux airbags [9].

Volkswagen aussi fait appel à cette nouvelle technologie, il l'utilise dans sa construction automobile, dans ce chapitre va expliquer quelque de ces systèmes de stabilité avec les déférant composant de système de freinage.

## II.2. Importance des systèmes de freinage et de stabilisation

### II.2.1. Augmentation de la sécurité active du véhicule

- Raccourcissement de la course de freinage du véhicule.
- Montée de la pression de freinage dans les situations critiques (par exemple : en cas de freinages brusques prolongés ou fréquents).
- Capacité de braquage améliorée.
- Amélioration de la stabilité de conduite du véhicule.
- Amélioration de la traction du véhicule [9].

### II.2.2. Facilitation de la conduite et augmentation du confort de conduite

- Assistance en cas de démarrage en côte.
- Système d'essuyage des disques de frein.
- Surveillance de la pression des pneus.

- Facilitation de la conduite sur des routes non macadamisées et hors route.

Après une étude établie par le Groupe Volkswagen en 2004, tous les véhicules ont été équipés d'une unité ESP présentant les avantages suivants :

- Diminution du nombre des victimes de la route de 35%.
- Diminution du nombre de personnes blessées dans des accidents de la circulation de 25%.

### **II.3. Systèmes d'aide au freinage et législation**

**2011** : Introduction obligatoire de l'ESP dans l'équipement des nouveaux véhicules particuliers homologués dans l'UE.

**2013** : Introduction obligatoire de l'ESP dans l'équipement des tous les véhicules particuliers dans l'UE.

**2012** : Introduction obligatoire de l'ESP dans l'équipement des nouveaux véhicules particuliers dans USA [14].

En Algérie, l'ESP et l'ABS aussi obligatoire dans l'équipement des nouveaux véhicules particuliers.

### **II.4. Catégories de systèmes de freinage et de stabilisation**

A cause des nombreux ensembles de systèmes de freinage et de stabilisation utilisés, il est difficile de les désigner clairement. Certains de ces systèmes sont reliés entre eux de façon hiérarchique, d'autres sont plutôt constitués en différents niveaux d'évolution ou sont en revanche, du point de vue matériel et logiciel, un mode d'extension qui complète les fonctions existantes [9].

Une des classifications possible est l'affectation des systèmes de régulation aux modes de conduite "Démarrage", "Marche" et "Freinage". Dans notre travail nous intéressons aux modes de freinage.

Démarrage	Marche	Freinage
EDS, ASR, HHC	XDS(RS), ASR, MSR, ESP, DSR, TSA, BSW	ABS, EBV, CBC, GMB, ESP, HBA, HBV

**Tableau II.1 :** Quelques systèmes de freinage et de stabilisation utilisés chez Volkswagen.

## II.5. L'importance de la pneumatique sur la chaussée

Avant de continuer avec l'explication du principe de quelques assistants de freinage, nous souhaiterions d'énoncer l'importance du comportement des pneus en roulant sur la chaussée. Si le véhicule est équipé de pneus qui ne sont pas en mesure de répartir efficacement les forces de freinage, les forces de traction et les interventions des assistants de freinage sur la chaussée, les assistants ne fonctionnent alors pas de façon optimale et ne peuvent pas aider le conducteur dans une situation critique.

Au cours du développement du véhicule, Volkswagen travaille activement avec les fabricants de pneumatiques à synchroniser le comportement du train de roulement et de tous les assistants de freinage et contrôle le fonctionnement dans des conditions climatiques et de conduite extrêmes.

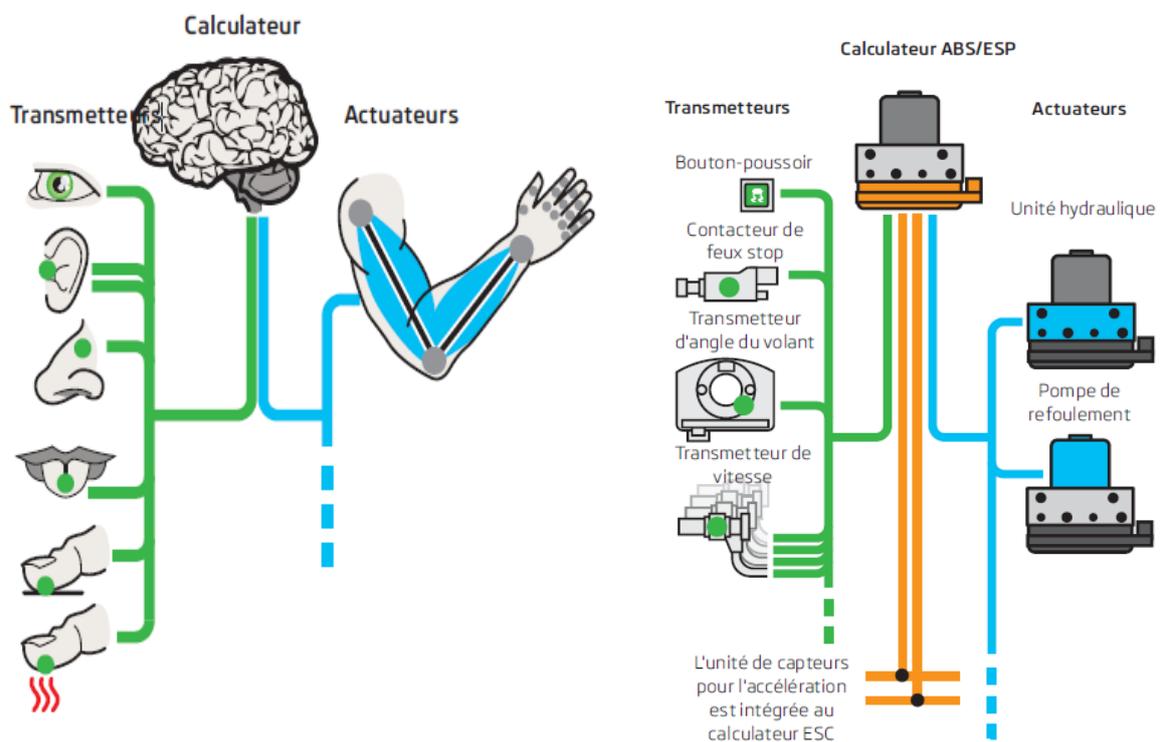
Pour chaque type de véhicule, Volkswagen recommande des pneus qui permettent de prévoir le comportement routier des véhicules et avec lesquels les assistants de freinage peuvent garantir une sécurité plus élevée au conducteur sur la chaussée [9].

## II.6. Logique des transmetteurs dans les systèmes de freinage et de stabilisation

Afin que l'homme puisse réagir sur le champ et esquiver à temps un danger qui se rapproche par exemple, il doit pouvoir percevoir („scanner“) les alentours. Pour cela, il utilise ses sens. Les capteurs optiques (yeux), les capteurs acoustiques et les capteurs pour le sens de l'équilibre (oreilles), les capteurs qui réagissent aux produits chimiques (odorat et goût) ainsi que les capteurs qui réagissent au contact et à la température (sens tactile). L'ouïe représente même une sorte "d'unité de capteurs" voire une composition de plusieurs capteurs puisque elle enregistre aussi bien les bruits que l'accélération.

Une logique comparable est également valable pour les véhicules ainsi que pour les systèmes de freinage et de stabilisation. Afin que ces systèmes puissent fonctionner correctement et que le risque de situations de conduite critiques puisse s'en trouver réduit voire empêché, vous devez disposer de capteurs qui peuvent détecter les situations de conduite. Il s'agit tout particulièrement du transmetteur de vitesse de rotation des roues, des capteurs d'accélération, transmetteur d'angle de rotation et du transmetteur d'angle du volant qui détectent la position réelle du véhicule sur la chaussée. Afin que le système puisse fonctionner avec des informations complexes, il est en outre équipé de transmetteurs de pression de freinage dans le maître-cylindre, avec transmetteurs de position de la pédale de frein etc.

La principale différence entre les sens d'un homme et les transmetteurs des systèmes électroniques est l'aptitude visuelle. Elle permet aux hommes de prévoir les choses. Cependant, les systèmes électroniques réagissent seulement à un état du véhicule qui s'est déjà produit et cherchent à réduire le risque d'une situation critique provoquée par une mauvaise appréciation du conducteur [9].



**Figure II.1 :** Logique des transmetteurs dans les systèmes de freinage et de stabilisation.

### II.6.1. Transmetteurs utilisés dans les circuits de freinage et de stabilisation

En fonction des informations des transmetteurs, le sens dans lequel le véhicule accélère ou freine ou bien s'il tourne sur lui-même est analysé à l'aide des différentes fonctions des systèmes de régulation anti patinage et des systèmes d'assistance.

En fonction de ces données, les systèmes de régulation peuvent déterminer le sens réel de déplacement du véhicule ou la force qui s'exerce sur le véhicule et, éventuellement, influencer en quelque sorte le sens de déplacement. Comme les transmetteurs réagissent de façon très sensible, les situations critiques peuvent être identifiées dès qu'elles se présentent, de ce fait, les mesures appropriées peuvent être initiées.

- Le système ABS utilise le transmetteur de vitesse des roues pour déterminer la vitesse de rotation des roues.
- Le système ESP utilise toujours le capteur d'accélération et le transmetteur d'angle de rotation qui analysent le sens de déplacement du véhicule en fonction des forces centrifuges agissantes.

### II.6.2. Protocole de communication

Les exigences augmentent avec l'extension de l'ABS sur le système ESP :

- Puissance de calcul plus élevée des composants matériels du PC.
- Communication avec les autres systèmes électroniques dans le véhicule (moteur, direction, airbags...) qui a rendu nécessaire l'utilisation du protocole de communication Bus CAN.

Actuellement, les réseaux basés sur le protocole de communication Bus CAN arrivent à la limite de leur capacité et sont remplacés peu à peu par des réseaux de communication basés sur le câble optique comme Flex Ray qui a une capacité dix fois supérieure à celle du Bus CAN.

## II.7. Système antiblocage (ABS)

L'ABS commande automatiquement l'efficacité de freinage d'une ou plusieurs roues du véhicule. C'est la base pour tous les systèmes de freinage et de stabilisation et il s'agit d'un système avec intervention exclusive des freins [9].

### II.7.1. Le rôle de l'ABS

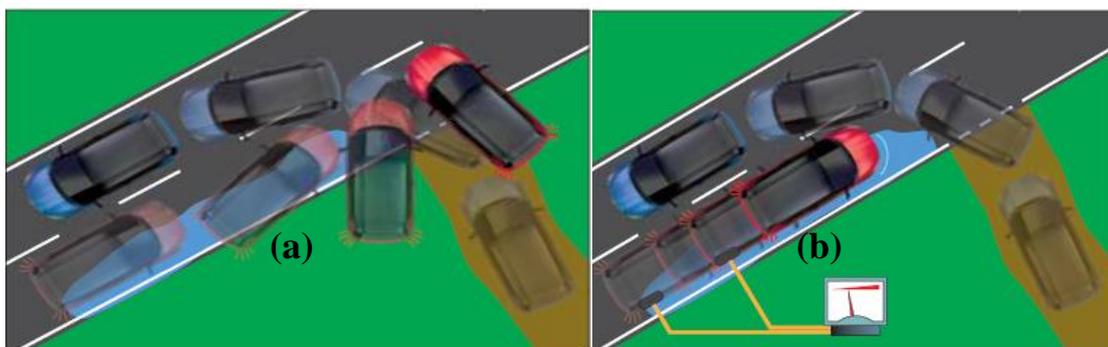
- Garantie de la stabilité et de la dirigeabilité du véhicule.
- Garantie de la gouvernabilité du véhicule en cas de freinage intense.
- Utilisation optimale de l'adhérence de toutes les roues de sorte que la course de freinage physiquement la plus courte est garantie.
- Réaction rapide au changement de la surface de la chaussée, autrement dit à la modification des conditions d'adhérence (par exemple : asphalte/verglas) et détection du soi-disant „Aquaplaning“ (les pneus glissent sur l'eau).
- En cas de défaillance d'un des composants du circuit de régulation, un système de freinage conventionnel doit être disponible et les défauts doivent être signalés.

### II.7.2. Comportement du véhicule sans ABS (Figure II.2 (a))

En cas de freinage intense et selon l'adhérence de la surface du véhicule, une ou plusieurs roues n'a/n'ont pas toujours une adhérence suffisante pour répartir la force de freinage sur la chaussée et tend/tendent à se bloquer. Lorsque la roue est ainsi bloquée, on parle aussi de patinage à 100%. En cas de perte de frottement par adhérence, il n'y a aucune force de guidage latéral qui maintient le véhicule sur la voie et le véhicule devient incontrôlable à cause de l'action de la force centrifuge.

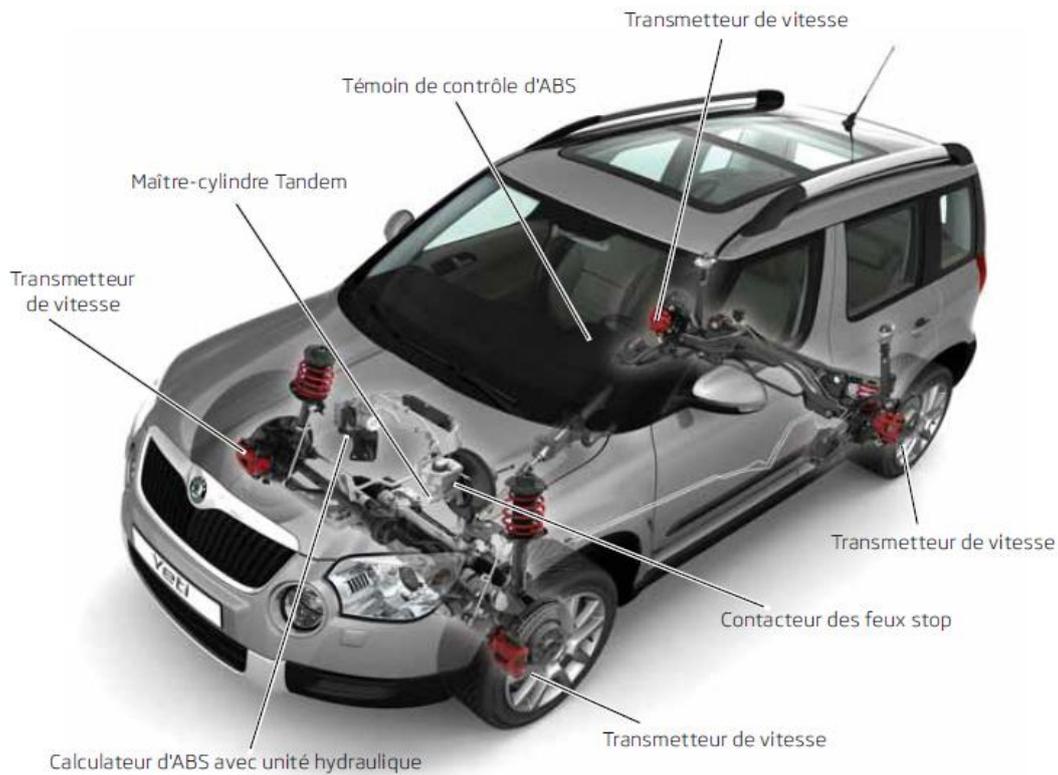
### II.7.3. Comportement du véhicule avec ABS (Figure II.2 (b))

Dans ce genre de situation, le système ABS augmente la stabilité de conduite en empêchant un blocage des roues lors d'un freinage. Il réduit la pression de freinage sur les roues concernées afin que les forces de guidage puissent être réparties sur la chaussée et que le véhicule reste gouvernable.



**Figure II.2.** Comportement du véhicule avec ABS (b) ou sans ABS (a).

### II.7.4. Composants du système ABS



**Figure II.3 :** Un système de freinage à double circuit avec disposition en diagonale est utilisé sur les véhicules Škoda.

Le partage du système en deux circuits de freinage distincts augmente la sécurité du véhicule lors des freinages. Si un des circuits est défectueux, le deuxième intervient et le véhicule peut être arrêté.

II.7.5. Schéma hydraulique de l'ABS

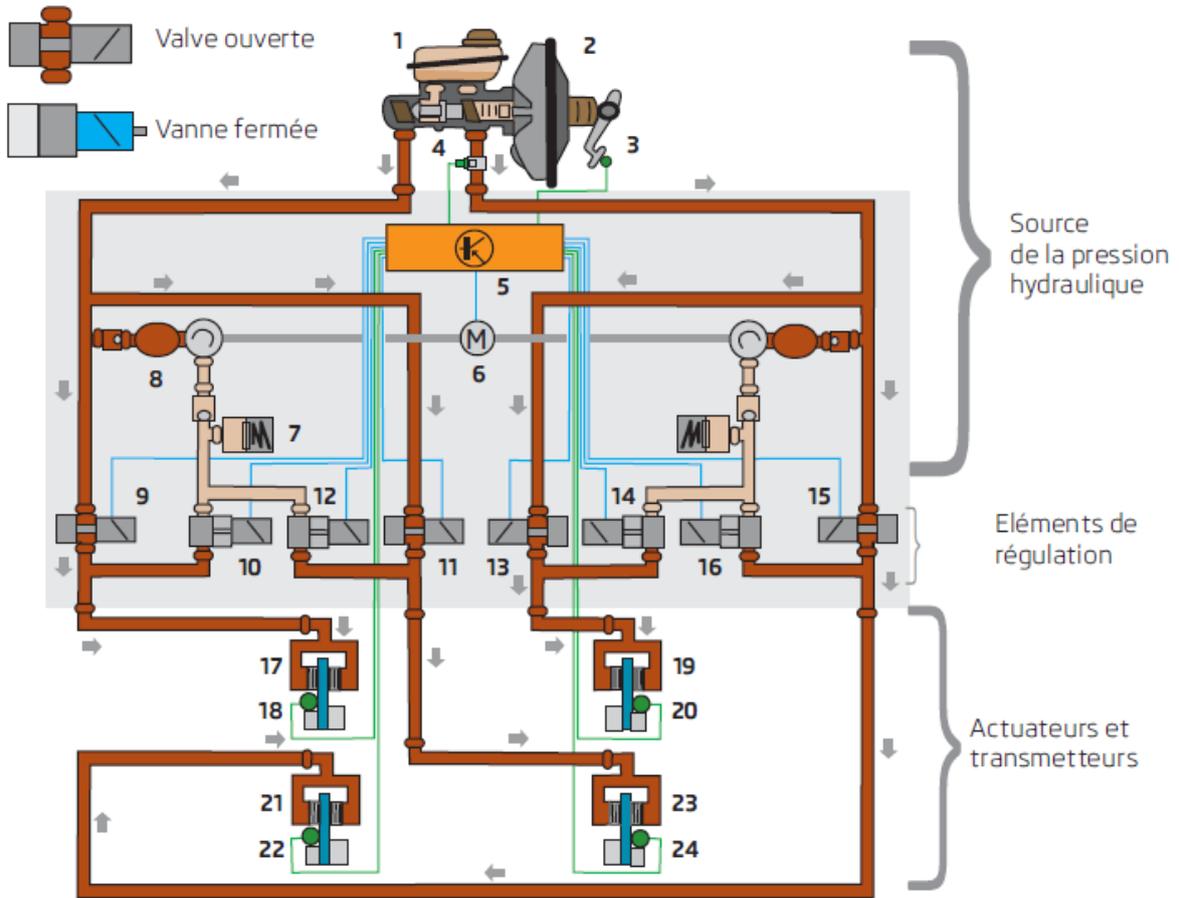


Figure II.4 : Schéma hydraulique de l'ABS

Source de la pression hydraulique	Éléments de régulation	Actuateurs et transmetteurs
1 - Réservoir	9 - Electrovalve d'entrée d'ABS avant gauche	17 - Cylindre de frein de roue avant gauche
2 - Servofrein	10 - Electrovalve de décharge d'ABS avant gauche	18 - Transmetteur de vitesse avant gauche
3 - Transmetteur de pédale de frein	11 - Electrovalve d'entrée d'ABS arrière droite	19 - Cylindre de frein de roue avant droit
4 - Transmetteur de pression de freinage	12 - Electrovalve de décharge d'ABS arrière droite	20 - Transmetteur de vitesse avant droit
5 - Calculateur ABS/ESC	13 - Electrovalve d'entrée	21 - Cylindre de frein de roue arrière gauche
6 - Pompe de refoulement		22 - Transmetteur de vitesse
7 - Réservoir de pression		
8 - Pare-chocs		

	d'ABS avant droite 14 - Electrovalve de dé-charge d'ABS avant droite 15 - Electrovalve d'entrée d'ABS arrière gauche 16 - Electrovalve de dé-charge d'ABS arrière gauche	arrière gauche 23 - Cylindre de frein de roue arrière droit 24 - Transmetteur de vitesse arrière droit
--	---	--

Tableau II.2 : Les noms des composants de la (figure II.4).

II.7.6. Principe de fonctionnement de l'ABS

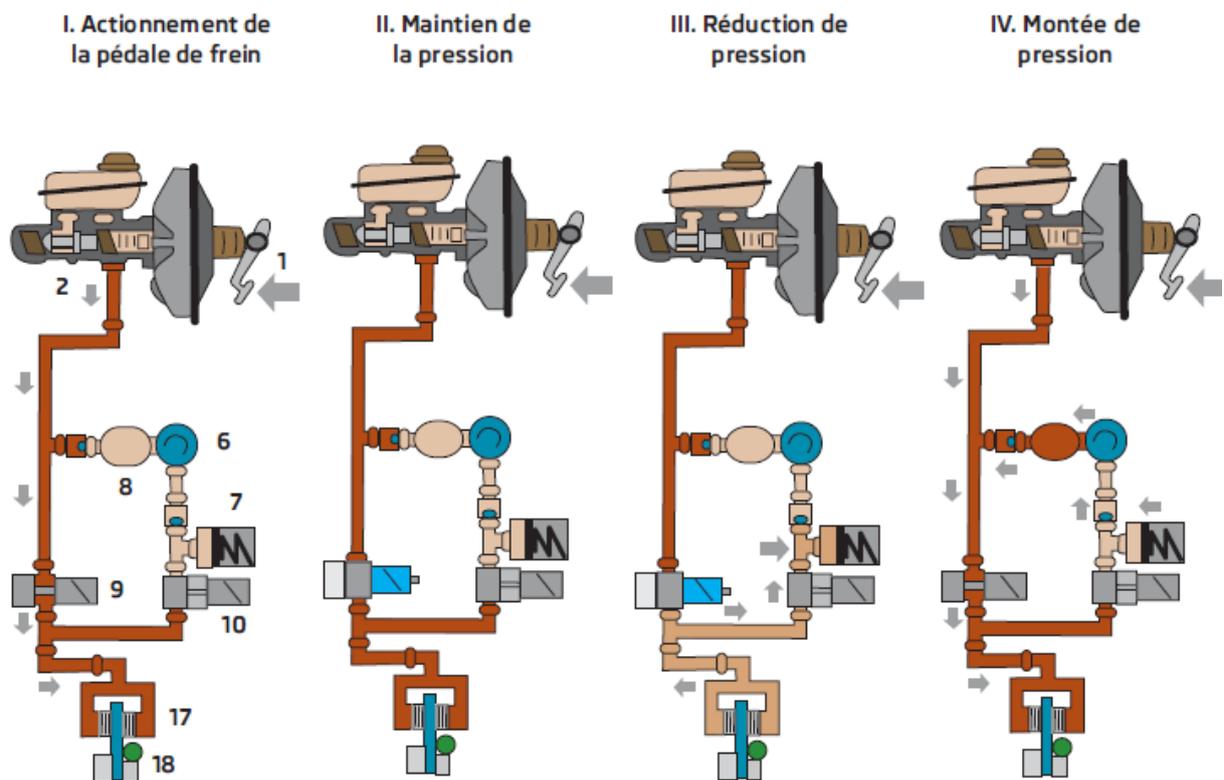


Figure II.5. Principe de fonctionnement de l'ABS.

1 - Pédale de frein enfoncée. 2 - Maître-cylindre tandem. 6 - Pompe de refoulement. 7 - Réservoir de pression. 8 - Pare-chocs. 9 - Electrovalve d'entrée d'ABS. 10 - Electrovalve de décharge d'ABS. 17 - Cylindre de frein de roue. 18 - Transmetteur de vitesse.

### **II.7.6.1. Actionnement de la pédale de frein**

Après l'actionnement de la pédale de frein (1), l'ABS compare la vitesse de rotation de toutes les roues. S'il y a un risque de blocage, l'ABS ferme l'électrovalve d'entrée (9) de la roue correspondante. De ce fait, la pression de freinage sur la roue concernée est maintenue à une valeur constante et le conducteur ne peut plus l'augmenter en appuyant sur la pédale.

### **II.7.6.2. Maintien de la pression**

S'il y a toujours une tendance au blocage, la régulation ouvre l'électrovalve de décharge de l'ABS (10) et la pression baisse dans le réservoir de pression (7).

### **II.7.6.3. Réduction de pression**

Si même après cela, il y a toujours une tendance au blocage, la pompe de refoulement (6) réduit le surplus de pression.

### **II.7.6.4. Montée de pression**

Lorsqu'il n'y a plus aucun risque de blocage, l'électrovalve d'entrée (9) est ouverte et l'électrovalve de décharge de l'ABS (10) est fermée afin qu'une pression de freinage puisse être de nouveau générée.

Ce système maintient le véhicule gouvernable et teste continuellement la limite des conditions d'adhérence au cours de chaque cycle afin que l'efficacité de freinage maximale soit toujours atteinte. Les systèmes qui améliorent la fonction de base de l'ABS font également partie du système ABS. C'est-à-dire ceux qui n'exécutent aucune fonction de façon autonome mais servent seulement à aider l'ABS.

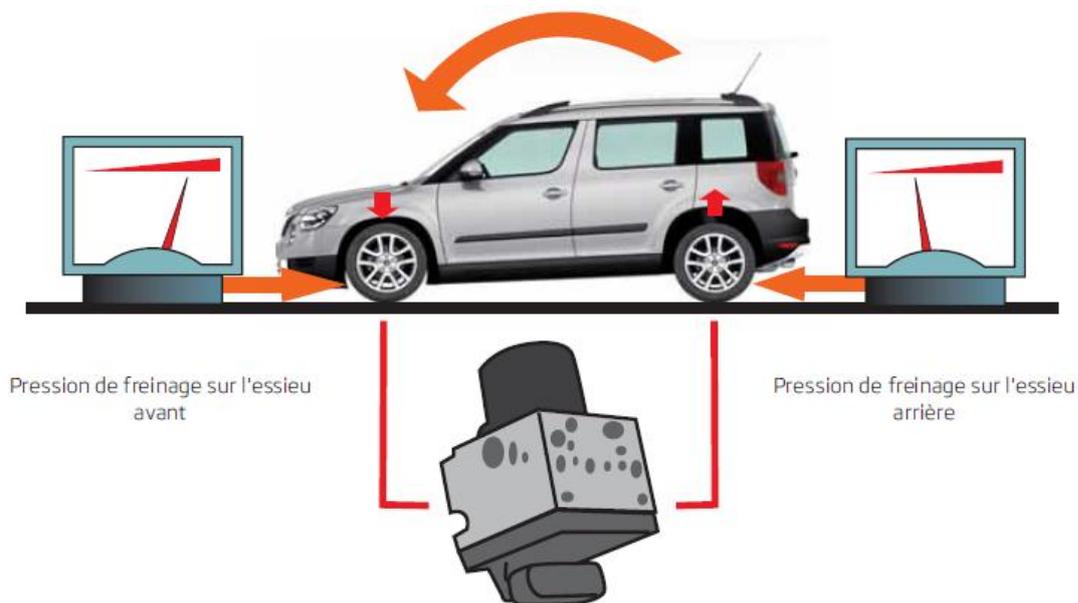
Appartiennent à ces systèmes :

- La répartition électronique de la force de freinage (EBV).
- Contrôle du freinage dans les virages CBC.
- Influence du couple d'embarquée (GMB).

## II.8. Répartition électronique de la force de freinage (EBV)

En cas de blocage des deux roues de l'essieu arrière, le véhicule devient instable et incontrôlable. Pour prévenir ce genre de situation de conduite critique, le véhicule est équipé de la répartition électronique de la force de freinage EBV [9].

- EBV est une extension logicielle du système ABS.
- La fonction EBV empêche le blocage des freins de l'essieu arrière.
- La fonction EBV exploite seulement les composants existants du système ABS.
- La fonction EBV remplace le répartiteur de freinage mécanique utilisé auparavant.



**Figure II.6 :** Comportement de véhicule avec EBV.

Lors d'un freinage, un couple dynamique, qui modifie la répartition de la charge sur les essieux, se forme à cause du centre de gravité du véhicule. Grâce à ce couple dynamique, la charge sur l'essieu avant est plus élevée, l'essieu arrière est au contraire déchargé. Cela entraîne donc une inclinaison du véhicule le long de l'axe transversal qui a pour conséquence le blocage des roues de l'essieu arrière.

Avec l'aide du transmetteur de vitesse de rotation des roues, le calculateur d'ABS détecte un freinage excessif (blocage) des roues de l'essieu arrière qui survient en cas d'inclinaison du véhicule le long de l'axe transversal (Figure II.6).

La fonction EBV réduit la force de freinage des roues arrière avec l'aide des valves électromagnétiques intégrées au calculateur d'ABS et fait en sorte, de ce fait, que l'efficacité de freinage soit maximale sur l'essieu arrière et sur l'essieu avant. La divergence des roues de

l'essieu arrière par rapport au sens de déplacement suite au blocage des roues est ainsi empêchée.

Au contraire du répartiteur de freinage mécanique utilisé auparavant, la fonction EBV peut régler la force de freinage séparément pour chaque roue de l'essieu arrière. Il est donc possible de tenir compte des différents rapports d'adhérence de la chaussée. La fonction EBV détecte le ralentissement d'une ou des deux roues de l'essieu arrière et réduit la pression de freinage sur la roue correspondante.

### **II.9. Stabilisation en cas de freinage dans un virage (CBC)**

CBC est une extension logicielle du système ABS. La fonction CBC ne requiert aucun autre composant, elle exploite seulement les composants existants du système ABS [9].

Le freinage dans un virage est détecté par la fonction CBC en fonction de la vitesse de rotation de chaque roue. Par une analyse plus poussée, le calculateur d'ABS peut identifier un sous-virage ou un survirage et régler la pression de freinage en conséquence. La régulation de la pression de freinage se déroule en trois phases exactement comme pour la régulation de l'ABS : Maintien de la pression, Baisse de pression et Montée de pression.

Si le véhicule doit rester "neutre" pendant un freinage dans un virage, il faut que la pression de freinage pour chaque roue soit réglée individuellement selon la répartition des forces de guidage des roues sur la chaussée. C'est à cela qu'aide la stabilisation en cas de freinage dans un virage.

### **II.10. Influence du couple d'embarquée (GMB)**

La fonction GMB, une extension logicielle du système ABS, permet d'éliminer le couple d'embarquée grâce à la constitution de pressions de freinage différentes entre les roues gauches et les roues droites et sa limitation par une temporisation. Lors de manœuvres de freinage, le calculateur d'ABS constate différents blocages de roues sur les divers côtés du véhicule dans le cadre de la fonction GMB, il évalue la possibilité de formation d'un couple d'embarquée. La raison pour laquelle, le système réduit la force de freinage sur les roues qui ont tendance à se bloquer le plus jusqu'à ce que la vitesse des roues droites et gauches soit de nouveau équilibrée [9].

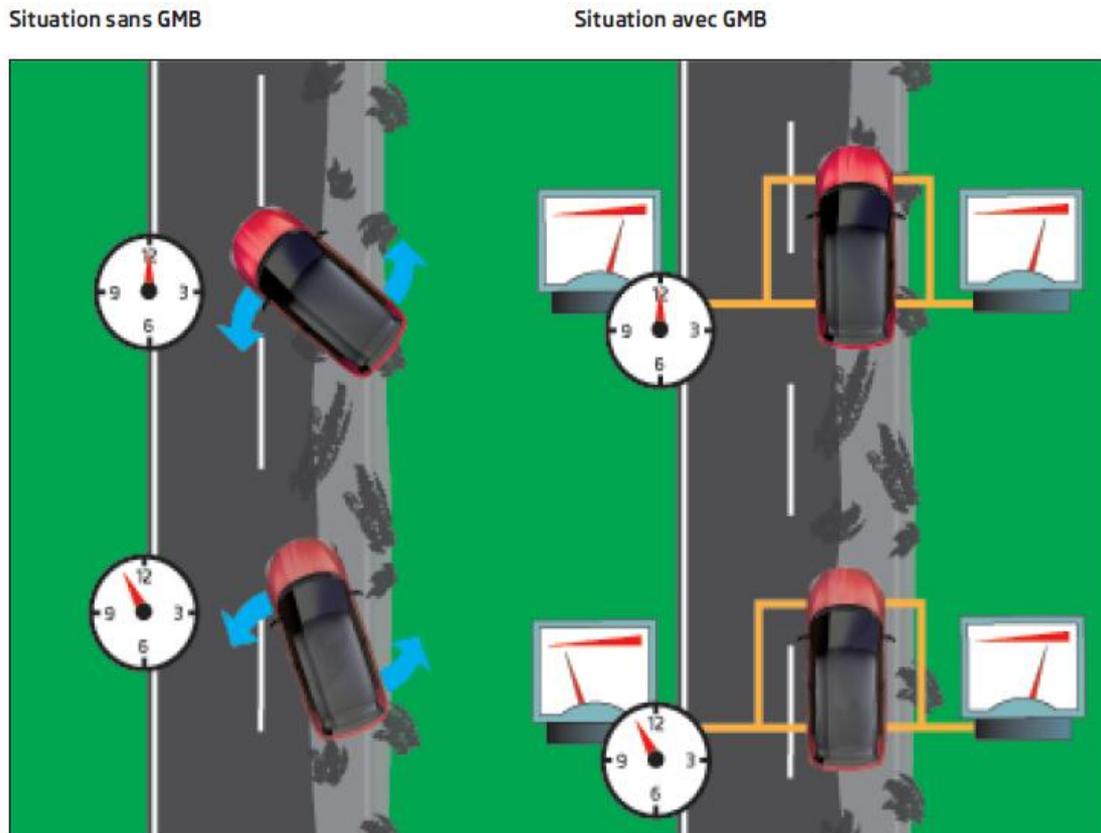


Figure II.7 : comportement de véhicule avec ou sans GMB.

## II.11. Contrôle électronique de la stabilité (ESP)

Le système ESP a été développé pour améliorer la stabilité du véhicule pendant une manœuvre d'évitement. Il améliore la stabilité directionnelle du véhicule au cours des situations critiques conjointement à la dynamique de conduite [9].

Le système ESP génère un couple d'embarde à l'encontre du centre de gravité du véhicule en freinant les roues séparément. Le couple d'embarde agit dans le sens contraire de déplacement du véhicule et stabilise la conduite dans le sens souhaité.

**II.11.1. Les différents noms de l'ESP suivant les marques**

Les constructeurs automobiles utilisent l'ESP sous différents noms marketing :

<b>Marque</b>	<b>Nom</b>
Volkswagen, Saab, Opel, Hyundai , Kia Fi- at ,Peugeot ,Renault	Electronic Stability Program (ESP)
Ferrari	Controllo Stabilita (CST)
BMW	Dynamic Stability Control (DSC)
Ford	Interactive Vehicle Dynamics (IVD)
Honda, Volkswagen	Electronic Stability Control (ESC)

**Tableau II.3 :** Les différents noms de l'ESP suivant les marques.

**II.11.2. Déroulement de la stabilisation au moyen de l'ESP**

Voici quelque exemples sur l'intervention de l'ESP en roulant sont sous-virage, survirage et manœuvre d'évitement.

**II.11.2.1. Sous-virage**

Dans ce cas sous-virage le système ESP stabilise le véhicule en deux étapes :

1. Le calculateur du moteur reçoit l'ordre de réduire le couple du moteur.
2. En freinant la roue intérieure dans le virage, il en résulte un couple de stabilisation qui fait tourner le véhicule dans le sens réglé sur le volant donc à l'encontre du centre de gravité du véhicule.

Dans la Le système ESP utilise les deux roues intérieures dans le virage pour une intervention de la stabilisation.



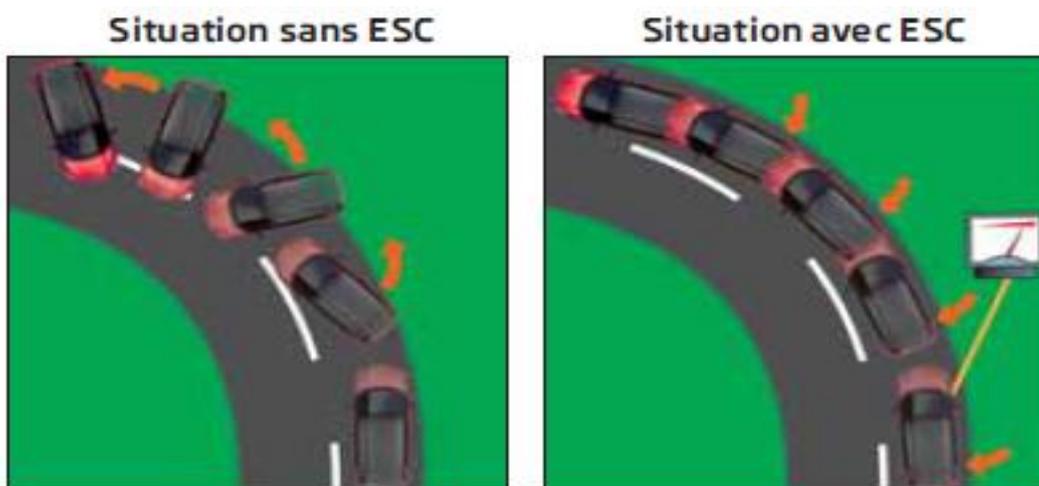
**Figure II.8 :** Comportement de véhicule avec ou sans ESP en cas de Sous-virage.

### II.11.2.2. Survirage

En cas de survirage du véhicule (patinage de l'essieu arrière), il faut rectifier la situation du véhicule en modifiant le sens de rotation du volant. Cette situation est plus difficile à maîtriser que le sous-virage.

L'unité ESP stabilise le véhicule également en deux étapes :

1. En freinant la roue avant extérieure, il en résulte un couple de stabilisation qui fait tourner le véhicule dans le sens réglé sur le volant donc à l'encontre du centre de gravité du véhicule.
2. Si cette intervention ne suffit pas, l'unité ESP envoie l'ordre d'accélérer brièvement au calculateur du moteur (cette situation se produit très rarement).



**Figure II.9 :** Comportement de véhicule avec ou sans ESP en cas de survirage.

### II.11.2.3. Manœuvre d'évitement

Pour éviter un obstacle imprévu conformément à la (figure II.10). Le conducteur fait les mêmes manœuvres que dans le cas précédent. Le système ESP assiste le conducteur dans les étapes suivantes :

1. Sous-virage le véhicule au cours de la première rotation vers la gauche. Le sous-virage est minimisé grâce à la réduction du couple moteur et au freinage de la roue intérieure arrière dans le virage.
2. Au cours de la deuxième rotation vers la droite, le sens de déplacement du véhicule est soutenu par l'intervention de la roue avant pour accélérer de ce fait le changement de sens.
3. Pour le retour sur la bonne voie, le conducteur fait tourner les roues avant vers la gauche et la réaction du véhicule est soutenu par l'intervention de la roue avant gauche.

Pendant une manœuvre le sous-virage et le survirage sont alors corrigés par l'unité ESP. Décrire toutes les situations dans lesquelles le véhicule se trouve pendant la manœuvre est difficile.

En effet, chaque véhicule a ses propres caractéristiques de conduite et réagit différemment.



**Figure II.10 :** Comportement de véhicule avec ou sans ESP dans un Manœuvre d'évitement.

II.11.3. Schéma hydraulique de l'ESP

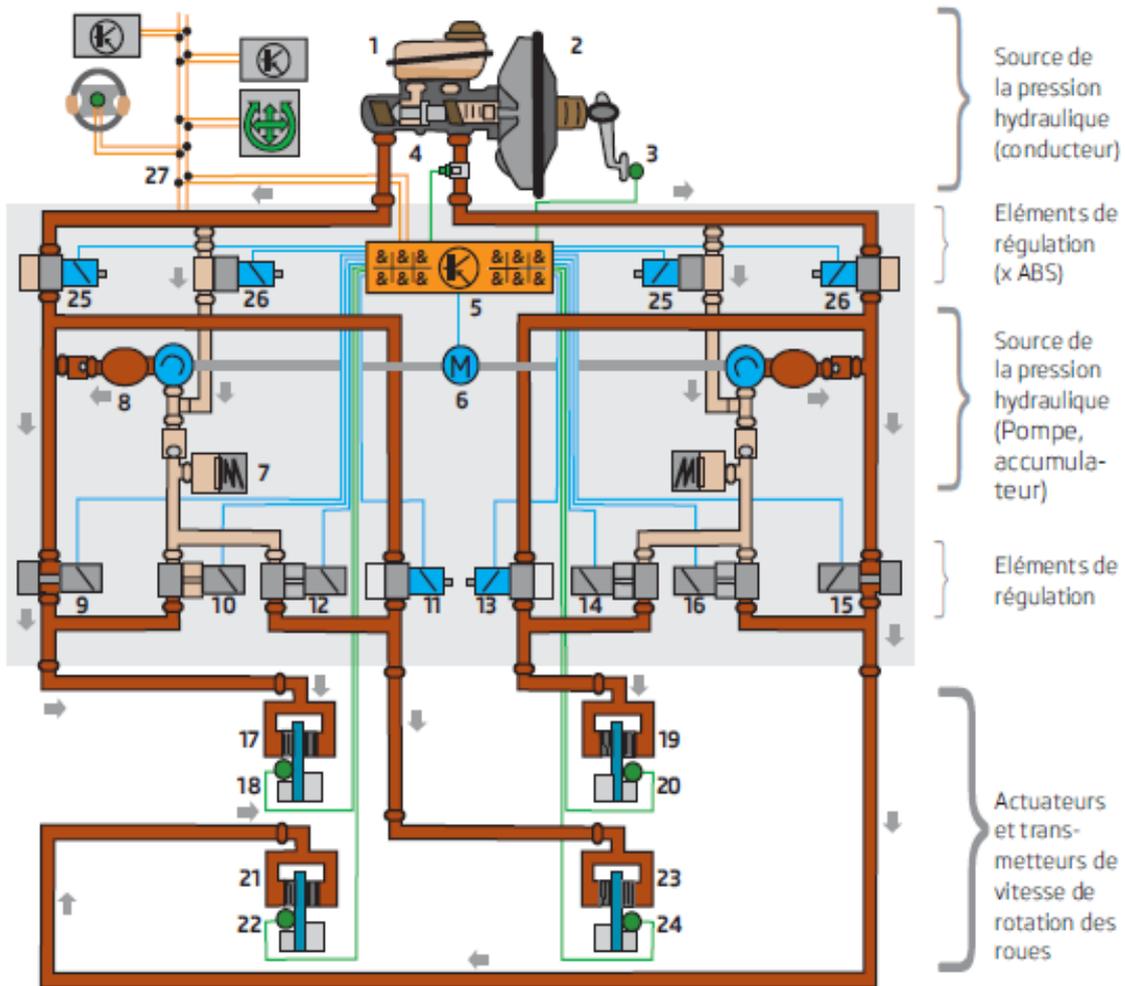


Figure II.11 : Schéma hydraulique de l'ESP.

Source de la pression hydraulique	Eléments de régulation	Actuateurs et transmetteurs	Eléments de communication
1 - Réservoir 2 - Servofrein 3 - Transmetteur de pédale de frein 4 - Transmetteur de pression de freinage 5 - Calculateur ESC 6 - Pompe de refoulement	9 - Electrovalve d'entrée avant gauche 10 - Electrovalve de décharge avant gauche 11 - Electrovalve d'entrée arrière droite 12 - Electrovalve de décharge arrière droite 13 - Electrovalve d'en-	17 - Cylindre de frein de roue avant gauche 18 - Transmetteur de vitesse avant gauche 19 - Cylindre de frein de roue avant droit 20 - Transmetteur de vitesse avant droit 21 - Cylindre de frein	25 - Vanne de commutation 26 - Vanne de commutation à haute pression 27 - Bus de données CAN

7 - Réservoir de pression	trée avant droite	de roue arrière gauche	
8 - Pare-chocs	14 - Electrovalve de décharge avant droite	22 - Transmetteur de vitesse arrière gauche	
	15 - Electrovalve d'entrée arrière gauche	23 - Cylindre de frein de roue arrière droit	
	16 - Electrovalve de décharge arrière gauche	24 - Transmetteur de vitesse arrière droit	

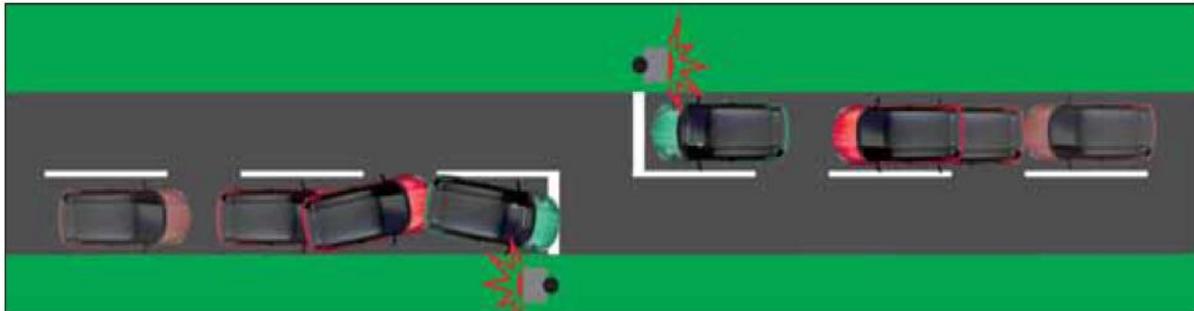
**Tableau II.4 :** Les noms de composant de la (figure II.11).

### II.12. Assistant hydraulique de freinage (HBA)

Le HBA aide le conducteur à générer la pression de freinage maximale dans les situations critiques pour raccourcir la course de freinage [9].

Course de freinage sans HBA

Course de freinage avec HBA



**Figure II.12 :** La course de véhicule avec et sans HBV.

#### II.12.1. Disposition

L'assistant de freinage hydraulique HBA est une extension logicielle de la fonction ESP. Il ne nécessite aucun composant mécanique supplémentaire. L'assistant de freinage utilise la pression de freinage dans l'unité hydraulique, le transmetteur de vitesse de chaque roue et le contacteur des feux stop.

#### II.12.2. Description du fonctionnement de l'HBA

La fonction HBA est activée dans des situations critiques. Cette situation est détectée en fonction des conditions suivantes :

1. Le conducteur freine (feux stop allumé).
2. Les transmetteurs de régime livrent des informations sur la vitesse du véhicule.
3. Le logiciel analyse la force de la pédale de frein avec laquelle a été enfoncée.

Si les valeurs limites pour l'activation sont dépassées et que la pression de freinage momentanée reste en dessous de la valeur requise, mémorisée dans le calculateur, une régulation de pression automatique est effectuée par le système. Le calculateur ESP active le fonctionnement de l'assistant de freinage et envoie un signal à l'unité hydraulique.

La régulation hydraulique se fait en trois phases :

**Phase 1 : Début de l'intervention des freins**

L'assistant de freinage augmente la pression de freinage. La limite d'intervention du système ABS est atteinte très rapidement grâce à la montée active de la pression, de ce fait, la régulation ABS est activée.

**Phase 2 : Intervention du système ABS**

L'intervention de l'ABS permet de maintenir la pression de freinage sous le seuil de blocage.

**Phase 3 : Fin de l'assistance de freinage**

Si le conducteur appuie moins sur la pédale ou si la vitesse descend en dessous de la valeur minimale, les conditions pour l'activation de la fonction HBA ne sont plus réunies. Le calculateur ESP reconnaît que la situation critique est surmontée et met fin à l'activité de l'assistant de freinage. La pression de freinage augmentée par la fonction HBA diminue graduellement jusqu'à ce qu'elle soit de nouveau adaptée à la façon dont le conducteur appuie sur la pédale.

### **II.13. Assistance hydraulique au freinage (HBV)**

Dans Les moteurs Diesel et les moteurs à essence de petite cylindrée il n'a pas suffisamment de dépression dans la conduite d'aspiration ou dans le servofrein et que le conducteur ne puisse pas freiner avec l'efficacité maximale. Pour ces cas, une pompe à dépression électrique a été installée jusqu'à présent sur ces moteurs.

La fonction HBV qui est intégrée à l'unité ESP est utilisée pour augmenter la dépression dans le servofrein lors du freinage ou fournit la pression manquante dans le circuit de freinage à l'aide de la pompe de refoulement de l'unité ESP.

Remarque : Les moteurs Diesel et les moteurs à essence à partir de 1,8 ils sont équipés de série d'une pompe à dépression mécanique et n'ont pas besoin de la fonction HBV [9].

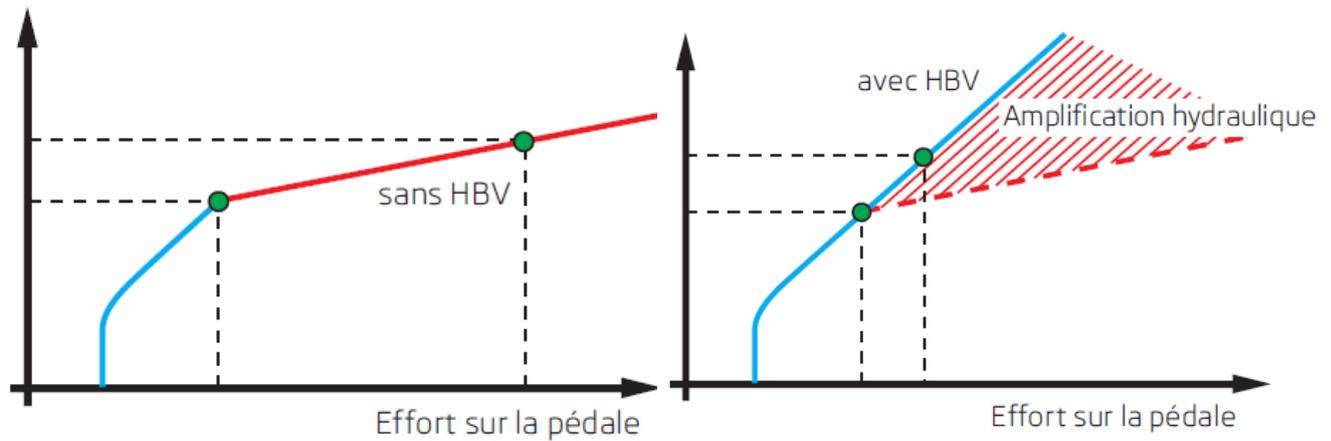


Figure II.13 : Pression hydraulique dans le système de freinage.

## II.14. Constitutions de système de freinage chez Volkswagen

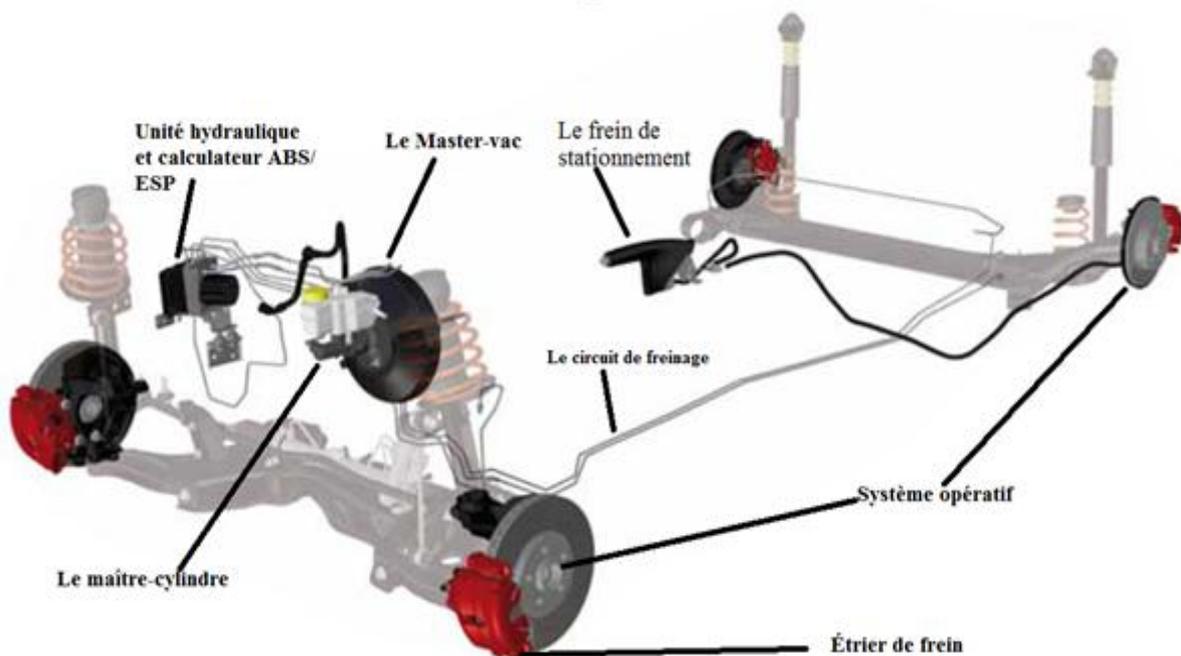


Figure II.14 : Système de freinage des véhicules chez Volkswagen.

### II.14.1. Le Master-vac (figure II.15)

Tous les véhicules de Volkswagen sont équipés d'un master-vac identique, la seule différence c'est le diamètre intérieur mesuré avec le nombre de pouces. Ça change avec la puissance de moteur.



**Figure II.15 :** Le Master-vac avec le maître-cylindre [13].

## II.14.2. Le maître-cylindre et le circuit de freinage

### II.14.2.1. Le maître-cylindre

Les véhicules de Volkswagen équipés d'un maître-cylindre tandem. Il est constitué de deux éléments de pompage indépendants :

- Le circuit primaire est directement commandé par la force issue du pédalier ou du servofrein.
- Le circuit secondaire est commandé par l'action de la pression du circuit primaire et par un ressort précontraint.

En cas de défaillance d'un circuit, l'autre circuit assure le freinage de deux roues.

### II.14.2.2. Le circuit de freinage

Un double circuit de freinage avec disposition en diagonale (répartition en X des circuits de freinage) est utilisé dans tous les véhicules Volkswagen. Le partage du système en deux circuits de freinage distincts augmente la sécurité du véhicule lors des freinages. Si un des circuits est défectueux, le deuxième intervient et le véhicule peut être arrêté (voir Annexe B5).

### II.14.3. Le liquide de frein

Pour Volkswagen le liquide de frein utilisé c'est le DOT4, il doit être conforme à la norme VW 501 14 relative au freinage.

#### II.14.4. Système opératif (voir Annexe B4)

##### II.14.4.1. Le frein à disque et à tambour chez Volkswagen

Les véhicules de Volkswagen sont équipés de frein à disque Essieu avant et des disques ou tambour à l'essieu arrière sa change de véhicule à l'autre et de la puissance de moteur par exemple ŠKODA Rapid 256 mm (épaisseur 22) a les moteurs 1,2 MPI/55 kW et 1,2 TSI/63 kW, pour les autres variantes de moteur (plus puissantes), ce sont des freins d'un diamètre supérieur - 288 mm (épaisseur 25).

L'essieu arrière est équipé de freins à tambour ou de freins à disque selon la variante du moteur et l'équipement. Le diamètre des freins à tambour est de 228 mm et la largeur de la surface de friction est de 32 mm. Les freins à disque sont pleins avec un diamètre de 230 mm (épaisseur 9 mm).



**Figure II.16 :** Disque de frein avant (a) et arrière (b) [13].

##### II.14.4.2. Étrier de frein

La majorité des véhicules de Volkswagen utilise l'étrier flottant sauf les anciens véhicules. Par exemple : Audi Q3 utilise les étriers fixes dans l'Essieu avant et arrière



**Figure II.17 :** Audi Q3.

### II.14.4.3. Les plaquettes

Les plaquettes de frein sont les mêmes pour toutes les catégories de véhicules.

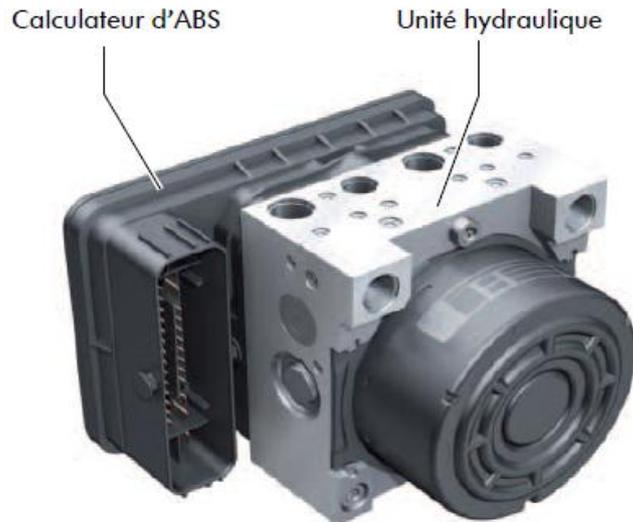


**Figure II.18 :** Plaquettes de frein de Volkswagen avec capteur.

La fonction de ce capteur est de détecter l'usure de la plaquette. Il est disponible sur l'un des plaquettes avant, ce capteur fonctionne à l'arrivée de l'usure sur le capteur, le témoin du tableau de bord indique la fatigue des plaquettes.

### II.14.5. Unité hydraulique et calculateur ABS/ ESP

Elle est logée sur un support dans le compartiment moteur. L'emplacement de montage exact peut varier en fonction du type de véhicule (voir Annexe B1 & B2).



**Figure II.19 :** Unité hydraulique et calculateur ABS/ ESP [15].

## **II.15. Le frein de stationnement (voir Annexe B3).**

La nouvelle technologie a développé le frein de stationnement de frein mécanique vers le frein électromécanique, et Volkswagen a appelé cette nouvelle technologie dans sa construction automobile, et il a utilisé dans des plusieurs catégories par exemple : Audi Q3, Audi Q5, Golf 2013...etc.

### **II.15.1. Le frein de stationnement électromécanique (EPB)**

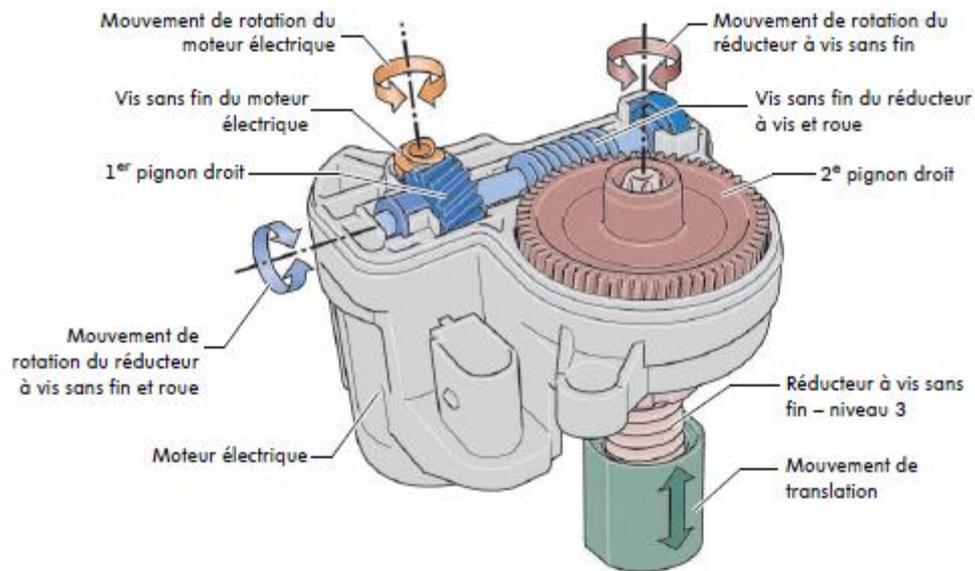
L'EPB est intégré dans les étriers de frein des roues arrière gauche et droite. Grâce à l'action conjuguée du moteur électrique, du réducteur à roue et vis sans fin à deux niveaux et du réducteur à vis sans fin, l'instruction « actionner le frein de stationnement » est convertie en une force ciblée. Cette dernière amène les plaquettes de frein contre les disques de frein.

Seule une très faible course du piston de frein est nécessaire pour réaliser le serrage électromécanique du frein [15]. La transformation du mouvement de rotation du moteur électrique en un mouvement linéaire s'effectue sur trois niveaux :

Niveau 1 : de la vis sans fin du moteur électrique jusqu'au 1<sup>er</sup> pignon droit.

Niveau 2 : de la vis sans fin du réducteur à roue et vis jusqu'au 2<sup>ème</sup> pignon droit.

Niveau 3 : le réducteur à vis sans fin, qui transforme le mouvement de rotation en un mouvement de translation.



**Figure II.20 :** Frein de stationnement électromécanique.

### II.15.2. Les actionneurs de frein de stationnement électromécanique

Les actionneurs de frein constituent une unité de réglage électromécanique, intégrée à l'étrier de frein de chaque roue arrière. A l'aide d'un moteur électrique, d'un engrenage progressif ainsi que d'un mécanisme à vis, ils transforment l'ordre « Actionner le frein de stationnement » en une force ciblée qui va appuyer les garnitures de frein sur les disques de frein.

# ***Chapitre III***

***Calculs de freinage d'une Golf 2013***

### III.1. Introduction

Durant la période de stage pratique, nous avons fait des tests de freinage avec un conducteur expérimenté avec une Golf 2013 en bon état et une piste d'essais bien choisi, pour garantir des mesures fiables. Les quelques mesures relevées seront ensuite utilisées pour différents calculs. Ces tests, l'essayeur de la presse automobile en organisent régulièrement, et les résultats obtenus sont riches d'enseignements.

La piste choisie avait les caractéristiques suivantes : une longue ligne droite, garnie d'un revêtement uniforme, souhaite mesurer des performances maximales de freinage.

En plus du conducteur, la Golf 2013 a accueilli un passager installé à l'avant, ceci afin d'équilibrer la répartition des masses.



**Figure III.1 :** Golf 2013.

### III.2. Déroulement des essais

La Golf 2013 équipé d'un régulateur de vitesse, calé sur une valeur qui tient compte de l'incertitude du compteur. Le régulateur de vitesse se déconnecte dès que le conducteur actionne sur la pédale de frein. Un repère a été installé sur la route pour que le conducteur appui sur la pédale de frein dès qu'il arrive à ce repère, c'est-à-dire que la distance de freinage commence à partir de ce repère.

Un autre agent a été installé sur la route pour chronométrer le temps de freinage dès que les feux de stop s'allument et il arrête le chrono dès que la voiture s'arrête complètement.

Afin d'améliorer la fiabilité des résultats, nous avons calculé la moyenne de trois essais, les performances de freinage pouvant varier d'un test à l'autre selon la forme du conducteur, la température du sol ou celle des pneumatiques et du système de freinage.

Nous avons obtenu les résultats suivant :

- Temps de réflexion du conducteur environ : 0.9 s.
- Poids net de la Golf 2013 : 1130 kg.
- Poids du conducteur et du passager environ 150 kg.
- Etat de la route sèche goudronnée rugueuse.
- Etat des pneus moyen.
- Etat de suspension bonne état.

Km/h	50	70	90	100
m/s	13.88	19.44	25	27.77
Temps de freinage en s	1.6	2.5	3	3
Distance de freinage en m	12	22.03	36.5	45
La décélération $\Upsilon$ en $m/s^2$	8.56	8.58	8.56	8.57
Le coefficient d'adhérence $\mu$	0.87	0.87	0.87	0.87

**Tableau III.1** : Les résultats des essais.

### III.3. Etude dynamique du freinage

#### III.3.1. La décélération

$$\Upsilon = V^2 / 2 D$$

$\Upsilon$  : décélération, en  $m/s^2$

V : vitesse initiale, en m/s

D : distance de freinage, en m

Cohérence des unités :  $\Upsilon = (m/s)^2/m = m^2.s^{-2}. m^{-1} = m.s^{-2}$

Calculons la décélération de la Golf 2013 qui s'immobilise après avoir parcouru 45 m avec une vitesse initiale de 27.77 m/s (100 k/h) :

$$\Upsilon = 27.77^2 / (2 \times 45) = 771.172 / 90 = 8.57 m.s^{-2}$$

$$\Upsilon = 8.57 m.s^{-2}$$

La décélération dépend de la distance de freinage et la vitesse initiale

**III.3.2. Le coefficient d'adhérence**

$$\mu = \Upsilon / g$$

Se définit comme le rapport entre la décélération et une accélération de référence.

$$g = 9.81 \text{ m.s}^{-2},$$

$$\mu = 8.57 / 9.81 = 0.87$$

**III.3.4. Coefficient de glissement**

$$a = (V - v) / V$$

a : coefficient de glissement, grandeur sans dimension.

V : vitesse de translation de la voiture, en m/s.

v : vitesse circonférentielle des roues, en m/s.

Cohérence des unités : (m/s) / (m/s) = grandeur sans dimension.

Avec un appareil de diagnostique nous avons tiré la vitesse circonférentielle des roues qu'est 95 km/h au moment où la vitesse de translation de la Golf 2013 est de 100 km/h.

Calculons le coefficient de glissement

$$a = (100 - 95) / 100 = 5 / 100 = 0,05 = 5 \%$$

**III.3.5. La variation de vitesse**

Elle est définie comme la vitesse acquise à chaque intervalle de temps.

La décélération de la Golf 2013 étant égale à 8.57 m/s<sup>2</sup>, cela signifie que la vitesse diminue de 8.57 mètres par seconde (unité de variation de vitesse, symbole m/s) pour chaque seconde écoulée.

Calculons la vitesse acquise à chaque intervalle de temps de la vitesse 100 km/h (27.77 m/s) :

- 27.77 - 8.57 = 19.2 m/s (69.12 km/h) au bout d'une seconde de freinage,
- 19.2 - 8.57 = 10.63 m/s (38.26 km/h) au bout de deux secondes de freinage,
- 10.63 - 8.57 = 2.06 m/s (7.42 km/h) au bout de trois secondes de freinage.

### III.3.6. La distance théorique de freinage

La distance de freinage se définit comme la distance parcourue pendant la décélération

$$d = V^2 / 2g\mu = V^2 / 2\Upsilon$$

Calculons la distance de freinage théorique de la vitesse 100 km/h (27.77 m/s) avec un coefficient d'adhérence de 0.87.

$$D = 27,77^2 / (2 \times 9,81 \times 0,87) = 771,17 / 18,442 = 45,17 \text{ m}$$

On compare la distance de freinage théorique avec la distance pratique, on constate que l'erreur est d'ordre de 0.38 %.

En combinant les valeurs précédentes (III.3.5. La variation de vitesse), il est possible de calculer cette distance à chaque intervalle de temps. La Golf 2013 a parcouru :

- 21.19 mètres pendant la première seconde de freinage,
- 6.62mètres pendant la deuxième seconde de freinage,
- 0.25 mètres pendant la troisième seconde de freinage.

On touche ici du doigt la difficulté à percevoir ce phénomène, la distance parcourue pendant le freinage n'étant pas identique à chaque intervalle de temps.

### III.3.7. La distance de réflexe Dr

$$Dr = V \cdot Tr$$

Tr : Distance parcourue pendant le temps de réaction

Calculons La distance de réflexe Dr pendant le temps de réaction du conducteur environ 0.9 s avec une vitesse 100 km/h (27.77m/s).

$$Dr = 27.77 \times 0.9 = 24.99 \text{ m}$$

On voit que la distance de réflexe est presque la moitié de la distance de freinage il a un grand impact sur la distance d'arrêt. Cette distance change avec la vitesse et le temps de réflexe de conducteur.

### III.3.8. La distance d'arrêt

La distance d'arrêt = d + la distance parcourue pendant le temps de réaction.

Calculons la distance d'arrêt de Golf 2013 avec une vitesse de 100 km/h (27.77m/s) et environ (0.9 s) de temps de réflexe soit 24.99 mètres la distance de réflexe.

$$45.17 + 24.99 = 70.16 \text{ m.}$$

Donc il faut 70.16 mètres pour passer de 100 km/h à l'arrêt total.

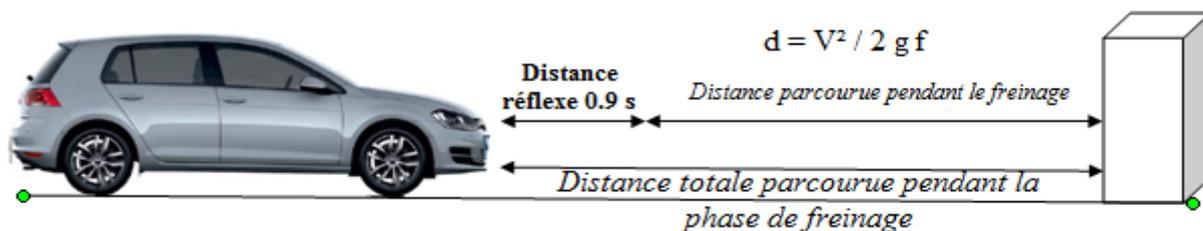


Figure III.2 : Distance d'arrêt de véhicule.

### III.3.9. Temps de freinage.

$$T = V / \Upsilon$$

T : temps de freinage, en s.

V : vitesse initiale, en m/s.

$\Upsilon$  : décélération, en m/s/s.

Cohérence des unités :  $T = (\text{m/s}) / (\text{m/s/s}) = \text{s}$

Calculons le temps de freinage dans les conditions suivantes : vitesse initiale de 27.77 m/s (100 km/h), décélération de 8.57 m/s<sup>2</sup> :

$$T = 27.77 / 8.57 = 3.24 \text{ s}$$

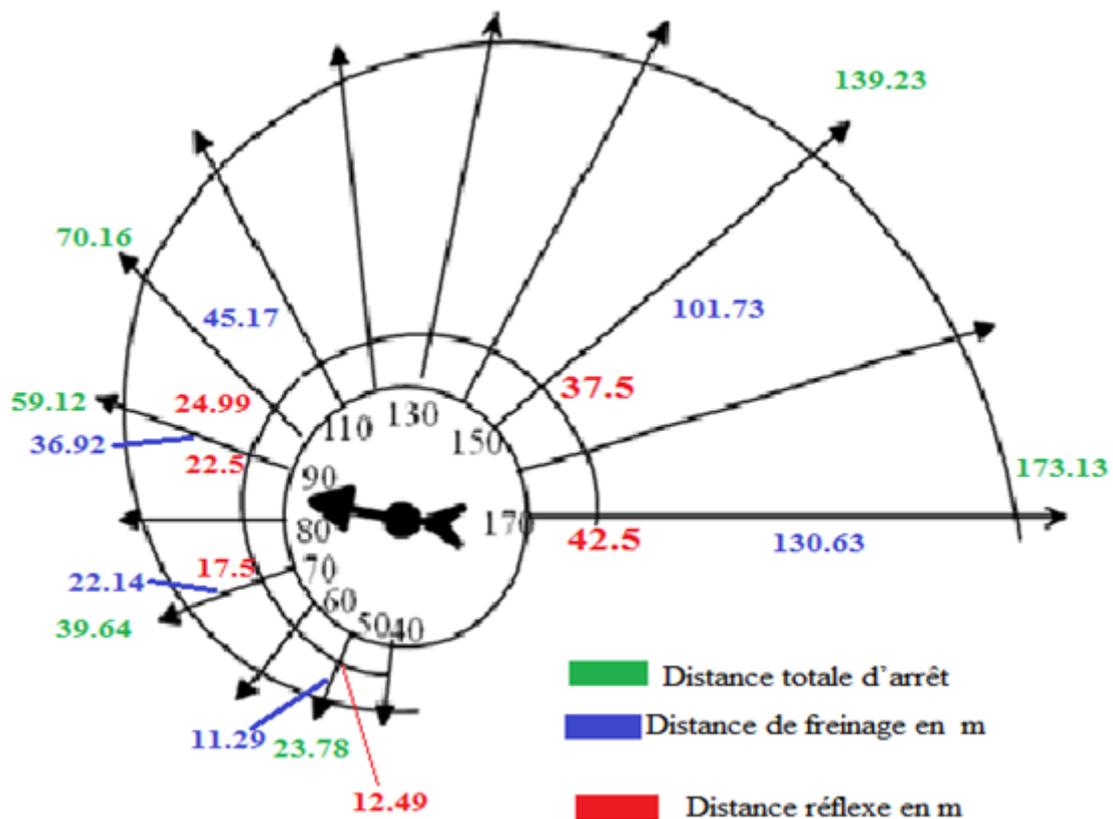
Comparons le temps de freinage théorique et pratique on voit que l'erreur est d'ordre 0.37% donc il faut être plus vif possible pour garantir une temporisation plus proche.

**III.3.10. Conception d'escargot de freinage.**

Dans le tableau suivant on considère que le coefficient d'adhérence est la moyen des coefficients d'adhérence des essais pratiques  $\mu = 0.87$ .

Km/h	50	70	90	100	150	170
m/s	13.88	19.44	25	27.77	41.67	47.22
Temps de freinage en s	1.61	2.27	2.92	3.24	4.86	5.50
Distance réflexe en m 0.9 s	12.49	17.5	22.5	24.99	37.5	42.5
Distance de freinage ( $\mu = 0.87$ ) en m	11.29	22.14	36.62	45.17	101.73	130.63
Distance totale d'arrêt	23.78	39.64	59.12	70.16	139.23	173.13

**Tableau III.2 :** Résultats théorique de freinage.



**Figure III.3 :** Escargot de freinage.

**III.3.11. Distance parcourue pendant le freinage selon la vitesse acquise**

$$D = (V_a^2 - V_b^2) / (2 \gamma)$$

D : distance parcourue, en m

V<sub>a</sub> : vitesse initiale, en m/s

V<sub>b</sub> : vitesse acquise, en m/s

γ : décélération, en m/s/s.

Coherence des unites:  $D = (m/s)^2 - (m/s)^2 / (m/s/s) = m^{+2}.s^{-2} . m^{-1}.s^{+2} = m$

Calculons la distance parcourue par la Golf 2013 pour une vitesse initiale de 27.77 m/s (100 km/h) et une vitesse acquise de 10 m/s (36 km/h), la décélération étant de 8.57 m/s/s.

$$D = (27.77^2 - 10^2) / (2 \times 8.57) = 671.17 / 17.14 = 39.16 \text{ mètres}$$

Donc il faut 39.16 mètres pour passer de 100 km/h à 36 km/h.

**III.3.12. Force de freinage.**

$$F = M . \gamma$$

F : la force de freinage en N

M : la masse de véhicule en Kg

γ : la décélération en m.s<sup>-2</sup>

La force de freinage se définit comme la force qui ralentit la voiture lorsque le conducteur actionne la pédale de frein.

Calculons la force de freinage capable de communiquer une décélération de 8.57 m.s<sup>-2</sup> avec une masse de 1130 kg et le poids de conducteur et le passager (150 kg).

On néglige la résistance de l'air, la résistance au roulement et le frein moteur, c'est la force moyenne résultant de l'interaction entre le revêtement routier et la bande de roulement des quatre pneumatiques.

$$F = 1480 \times 8.57 = 12683.6 \text{ N}$$

**III.3.13. Tangage**

Le tangage se définit comme le mouvement de rotation de la masse de la voiture autour de son centre de gravité, mouvement causé par la force de freinage et qui s'explique par la hauteur séparant le centre de gravité du sol.

La réaction de tangage est proportionnelle à la masse, à la décélération et au rapport entre la hauteur du centre de gravité et la longueur de l'empattement.

$$R = M \cdot \gamma \cdot H / L$$

R : réaction de tangage, en N

M : masse, en kg

$\gamma$  : décélération, en  $m \cdot s^{-2}$

H : hauteur du centre de gravité, en m

L : longueur de l'empattement, en m

Cohérence des unités :  $R = (kg \cdot m/s^{-2} \cdot m) / m = kg \cdot m/s^2 = N$

Calculons la réaction de tangage du Golf 2013 (masse totale 1480 kg, hauteur du centre de gravité 0,5 m, empattement 2.637 m) pour une décélération de  $8.57 m \cdot s^{-2}$  :

$$R = 1480 \times 8.57 \times 0,5 / 2.637 = 2404.92 \text{ N}$$

**III.3.14. Travail de la force de freinage**

Le travail se définit comme l'énergie consommée par le déplacement d'une force

$$w = F \cdot D$$

w : travail, en J

F : force de freinage, en N

D : distance de freinage, en m

cohérence des unités :  $E = kg \cdot m \cdot s^{-2} \cdot m = kg \cdot m^2 \cdot s^{-2} = J$

Calculons le travail d'une force de freinage de 12683.6 N qui s'exerce sur une distance de 45.17 mètres.

$$w = 12683.6 \times 45.17 = 570885.562 J = 570.89 \text{ kJ}$$

**III.3.15. Energie dissipée par le freinage**

$$E = \frac{1}{2} M \cdot V^2$$

E : énergie, exprimée en J

M : masse, exprimée en kg

V : vitesse initiale, exprimée en m.s-1

cohérence des unités :  $E = \text{kg} \cdot (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})^2 = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} = \text{J}$

Calculons l'énergie à dissiper pour immobiliser la Golf de masse 1480 kg circulant à 27.77 m/s (100 km/h) :

$$E = \frac{1}{2} \times 1480 \times 27.77^2 = 570667.95\text{J} = 570.67\text{KJ}$$

**III.3.16. Variation d'énergie selon la vitesse acquise**

$$\Delta E = \frac{1}{2} M \cdot (V_a^2 - V_b^2)$$

$\Delta E$  : variation d'énergie, exprimée en J

M : masse, exprimée en kg

$V_a$  : vitesse initiale, exprimée en m.s-1

$V_b$  : vitesse acquise, exprimée en m.s-1

Cohérence des unités :  $E = \text{kg} \cdot [(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})^2 - (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})^2] = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} = \text{J}$

Calculons la variation d'énergie d'une Golf 2013 de masse 1480 kg lorsque la vitesse passe de 27.77 m.s-1 (100 km/h) à 20 m/s (72 km/h) :

$$\Delta E = \frac{1}{2} \times 1480 \times (27.77^2 - 20^2) = 274667.946\text{J} = 274.668\text{kJ}$$

**III.3.17. Puissance de freinage**

$$B = E / T$$

B : puissance de freinage, exprimée en W

E : énergie dissipée, exprimée en J

T : temps de freinage, exprimé en s

Cohérence des unités :  $B = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3} = \text{W}$

Calculons la puissance de freinage nécessaire pour dissiper une énergie de 570667.95J en 3 secondes :

$$B = 570667.95 \text{ J} / 3 = 190222.65 \text{ W} = 190.223 \text{ kw.}$$

### III.3.18. Variation de température du système de freinage

$$\Delta T = E / M / C$$

$\Delta T$  : variation de température, exprimée en K

E : énergie dissipée, exprimée en J

M : masse du système de freinage, exprimée en kg

C : capacité thermique du matériau de freinage, exprimée en  $\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Cohérence des unités :  $\Delta T = \text{kg}^{-1}.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = \text{K}$

Calculons la variation de température d'un système de freinage en fonte ( $C = 500 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ ) de masse 20 kg ayant dissipé une énergie de 570667.95 J :

$$\Delta T = 570667.95 \text{ J} / 20 / 500 = 57.06 \text{ K}$$

### III.4. Etude statique du système de freinage

Le système de freinage d'une Golf 2013 comporte 4 freins à disque à l'avant et à l'arrière. Les diamètres des pistons récepteurs sont :  $d_1 = 57 \text{ mm}$  et  $d_2 = 42$ . Le diamètre de servofrein est 10 inch (25.4 cm). Diamètre de piston de maître-cylindre est 23.81 mm.

Lors du freinage, on suppose que le système EBV délivre une pression d'alimentation des freins AR et freins AV similaire c.-à-d. que  $P_{AV} = P_{AR}$ . La Pression atmosphérique est de 1012 mbar et la dépression du moteur environ 500 mbar.

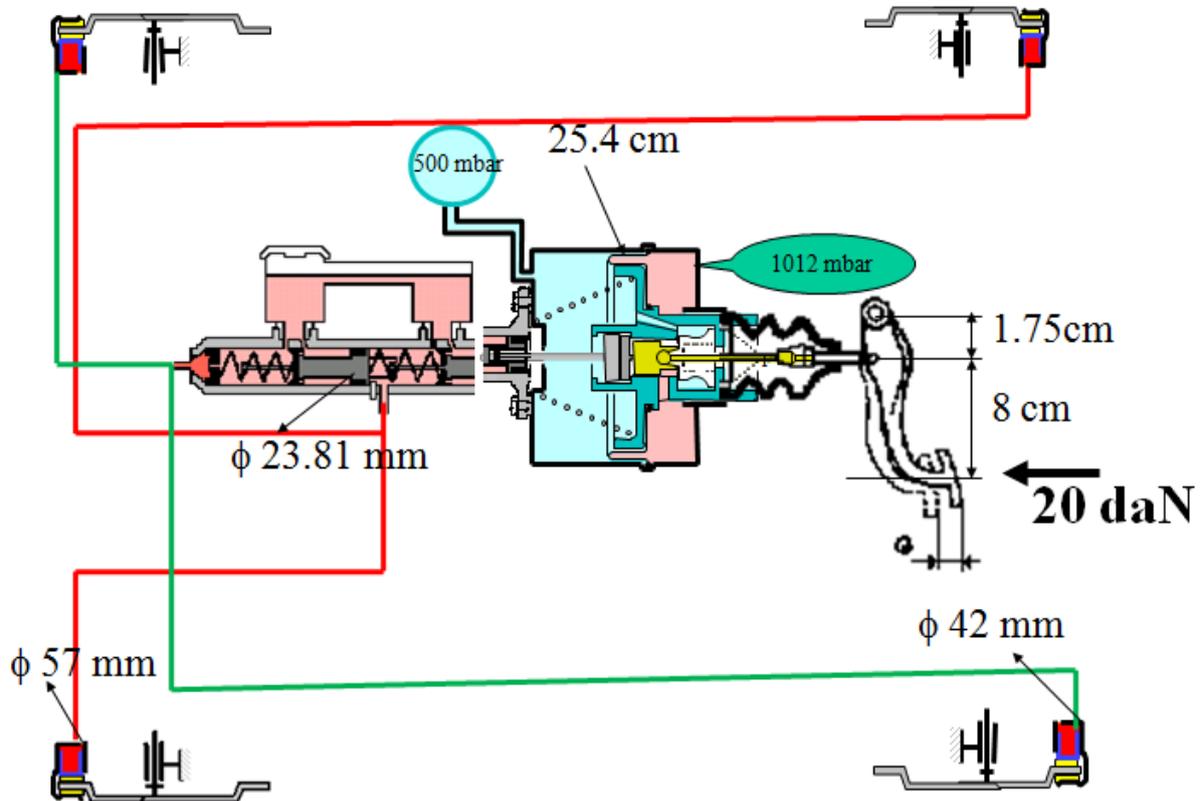


Figure III.4 : Caractéristique du système de freinage.

### III.4.1. Force d'entrée au servofrein

En appliquant le bras de levier sur la pédale de frein.

$$f \times L = F \times l$$

$$L = 9.75 \text{ cm.}$$

$$l = 1.75 \text{ cm.}$$

$$F = 20 \text{ daN.}$$

$$20 \times 9.75 = F \times 1.75$$

$$F = 195 / 1.75 = 111.43 \text{ daN}$$

On constate que l'effort de conducteur est multiplié par 5.57, donc les dimensions de la pédale de frein a un impact sur le freinage.

**III.4.2. Pression d'assistance**

$$P_a = P_{atm} - P_{mot}$$

$P_a$  : Pression d'assistance en mbar

$P_{atm}$  : Pression atmosphérique en mbar

$P_{mot}$  : dépression de moteur en mbar.

$$P_{atm} = 1012 \text{ mbar}$$

$$P_{mot} = 500 \text{ mbar}$$

$$P_a = 1012 - 500 = 512 \text{ mbar}$$

**III.4.3. Force développée par le piston**

$$F_p = P_a \cdot S_p$$

$$F_p = 0.512 \times [(3,14 \times 25.4^2) / 4]$$

$$F_p = 0.512 \times 506.45 \text{ cm}^2 = 259.3 \text{ daN}$$

Effort généré par la membrane est de 259.3 daN et est quasiment 12 fois plus grand que celui de la tige de poussée.

**III.4.4. Force en entrée du maître-cylindre**

$$F_c = F_p + F = P \cdot S_{cy.}$$

$F_c$  : force d'entrée au maître-cylindre

$F_p$  = Force développée par le piston

$F$  : Force d'entrée au servofrein.

$$F_c = 259.3 + 111.43 = 370.73 \text{ daN}$$

On observe que force d'entrée au maître-cylindre ne dépend que de la force développée par le piston et force d'entrée au servofrein.

**III.4.5. Pression dans le circuit**

$$F_c = P \cdot S_p$$

$F_c$  : force d'entrée au maître-cylindre

$P$  : Pression dans le circuit

$S_p$  = surface de piston de maître-cylindre

$$370.73 = P \times [(3,14 \times 2.381^2) / 4]$$

$$370.73 = P \times 4,45$$

$$P = 370.73 / 4.45 = 83.31 \text{ bar}$$

On constate que la pression dans le circuit dépend de la surface du piston et de la force d'entrée au maître-cylindre.

#### III.4.6. Force sur les garnitures AV

$$F_{AV} = 83.31 \times [(3,14 \times 5,7^2) / 4]$$

$$F_{AV} = 83.31 \times 25.5 = 2124.4 \text{ daN}$$

#### III.4.7. Force sur les garnitures AR

$$F_{AR} = 83.31 \times [(3,14 \times 4,2^2) / 4]$$

$$F_{AR} = 1153.6 \text{ daN}$$

D'après les forces sur les garnitures avant et arrière on remarque que la  $F_{AV} = 1.8.F_{AR}$

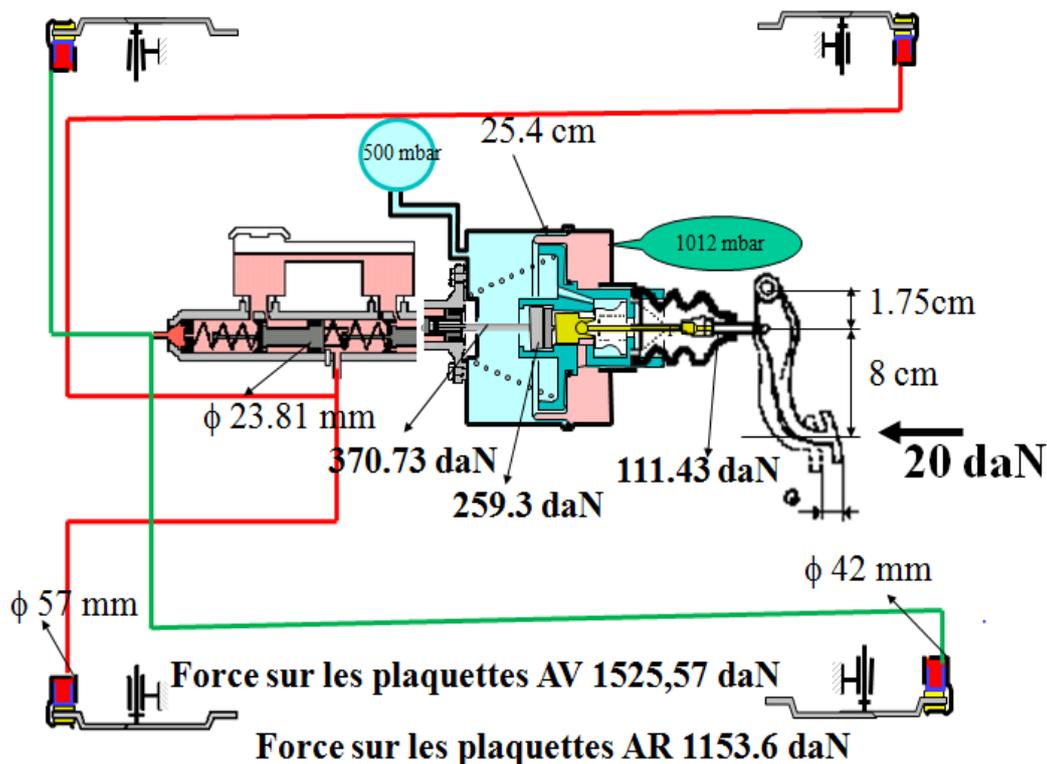


Figure III.5 : Les résultats des calculs statiques.

# *Chapitre IV*

*Défaillances du système de freinage  
Volkswagen*

## IV.1. Introduction

La défaillance du système de freinage est la raison de la plupart des accidents des automobilistes, et la plupart des automobilistes ne savent pas que leur système doit passer à la maintenance.

Le système de freinage donne des signes qui indique leur défaillance, et ces signes sont nombreux ils diffèrent de cas à l'autre, c'est pour ça il faut que les automobilistes connaisse ces signes.

Dans ce chapitre nous donnerons quelques éléments du système de freinage qui indiquent que le système est défaillant et nous présentons la méthode d'Ishikawa pour quelques défaillances.

## IV.2. Défaillance des éléments du système de freinage

### IV.2.1. Pivot de la pédale du frein de service

Défaillance	Précisions complémentaires	Niveau de criticité
Pivot trop serré	Axe de pédale trop serré	Majeure
Usure fortement avancée ou jeu	Jeu excessif au niveau de la liaison pédale/palonnier	Majeure

**Tableau IV.1 :** Défaillances de la pédale du frein de service [17].

### IV.2.2. État et course de la pédale du dispositif de freinage

Défaillance	Précisions complémentaires	Niveau de criticité
Course trop grande, réserve de course insuffisante	Course proche du débattement maximum et enfoncement de la pédale avec une amorce tardive du système de freinage	Majeure
Dégagement du frein rendu difficile		Mineure
Dégagement du frein rendu difficile : fonctionnalité réduite	Mauvais retour de la pédale (ex : grippage)	Majeure
Caoutchouc ou dispositif antidérapant de la pédale de frein manquant, mal fixé ou usé	Hors véhicules de collection	Majeure

Caoutchouc ou dispositif antidérapant de la pédale de frein manquant, mal fixé ou usé	Uniquement pour les véhicules de collection	Mineure
---	---	---------

**Tableau IV.2 :** Défaillances de la pédale du dispositif de freinage [17].

### IV.2.3. Commande du frein de stationnement

Défaillance	Précisions complémentaires	Niveau de criticité
Verrouillage insuffisant	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verrouillage impossible de la commande</li> <li>• Mauvais fonctionnement du verrouillage de la commande</li> </ul>	Majeure
Usure au niveau de l'axe du levier ou du mécanisme du levier à cliquet	Jeu important de l'axe	Mineure
Usure excessive au niveau de l'axe du levier ou du mécanisme du levier à cliquet	Usure importante du secteur cranté du mécanisme empêchant le verrouillage de la commande	Majeure
Course trop longue (réglage incorrect)	Course proche du débattement maximum	Majeure
Actionneur manquant, endommagé ou ne fonctionnant pas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Absence de l'axe ou de la fixation du support de l'axe de commande de frein de stationnement</li> <li>• Absence de la commande du frein de stationnement</li> <li>• Mise en œuvre de la commande impossible ou difficile (commande grippée)</li> </ul>	Majeure
Mauvais fonctionnement, signal avertisseur indiquant un dysfonctionnement	Voyant allumé ou message d'alerte indiquant un dysfonctionnement au niveau du frein de stationnement à commande électrique	Majeure

**Tableau IV.3 :** Défaillances de la commande du frein de stationnement [17].

## IV.2.4. Dispositif de freinage assisté, maître-cylindre (systèmes hydrauliques)

Défaillance	Précisions complémentaires	Niveau de criticité
Dispositif de freinage assisté défectueux	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pour les dispositifs à dépression : absence de modification de la position de la pédale de frein constatée, au démarrage, lors du contrôle du fonctionnement</li> <li>• Pour les dispositifs à haute pression hydraulique : voyant d'alerte du circuit hydraulique allumé, moteur tournant</li> <li>• Prise d'air</li> </ul>	Majeure
Dispositif de freinage assisté ne fonctionnant pas	Pédale dure alors que le moteur est en route	Critique
Maître-cylindre défectueux, mais freinage toujours opérant	Fuite interne (détectée par enfoncement continu de la pédale sous faible pression) mais freinage opérant	Majeure
Maître-cylindre défectueux ou non étanche	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuite interne (détectée par enfoncement continu de la pédale sous faible pression) et freinage inopérant</li> <li>• Fuite de liquide de frein (maître-cylindre, réservoir, liaison assistance,...)</li> </ul>	Critique
Fixation insuffisante du maître-cylindre, mais frein toujours opérant	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Absence, desserrage ou rupture d'au moins un des éléments de fixation du maître-cylindre sur son support</li> <li>• Maître-cylindre mal fixé</li> <li>• Hors véhicules de collection</li> </ul>	Majeure
Fixation insuffisante du maître-cylindre	Absence totale de fixation, hors véhicules de collection	Critique
Fixation insuffisante du maître-cylindre	<p>Uniquement pour les véhicules de collection :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Absence, desserrage ou rupture d'au moins un des éléments de fixation du maître-cylindre sur son support</li> <li>• Maître-cylindre mal fixé</li> <li>• Absence totale de fixation</li> </ul>	Majeure

Niveau du liquide de frein sous la marque MIN		Majeure
Pas de liquide de frein visible		Critique
Réservoir du maître-cylindre détérioré	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fissure, cassure du réservoir ou du bouchon</li> <li>• Bouchon absent ou remplacé par un dispositif non adapté</li> </ul>	Majeure
Témoin du liquide des freins allumé ou défectueux	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voyant allumé de façon permanente ou intempestive</li> <li>• Voyant éteint à la mise sous contact</li> </ul>	Mineure
Fonctionnement défectueux du dispositif avertisseur en cas de niveau insuffisant du liquide		Mineure

**Tableau IV.4 :** Défaillances du système hydraulique [17].

#### IV.2.5. Conduites rigides des freins

Défaillance	Précisions complémentaires	Niveau de criticité
Risque imminent de défaillance ou de rupture		Critique
Manque d'étanchéité des conduites ou des raccords	Écoulement de liquide de frein avec formation de gouttes au niveau de la canalisation ou des raccords	Critique
Endommagement ou corrosion excessive	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Canalisation écrasée, pliée, pincée, vrillée, soudée</li> <li>• Oxydation provoquant des points d'attaque de surface</li> <li>• Usure résultant d'un contact permanent ou intermittent ou d'un ancien frottement (enlèvement de matière)</li> </ul>	Majeure

Endommagement ou corrosion excessive affectant le fonctionnement des freins par blocage ou risque imminent de perte d'étanchéité	Oxydation provoquant un gonflement et un effritement du métal (y compris sans perforation)	Critique
Conduites mal placées	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Absence, desserrage ou rupture d'au moins un des éléments de fixation</li> <li>• Canalisation déplacée ou remplacée sans risque de frottement, accrochage ou de contact avec un point très chaud</li> </ul>	Mineure
Conduites mal placées : risques d'endommagement	Canalisation déplacée ou remplacée, passant à un endroit présentant un risque (frottement, accrochage, point très chaud)	Majeure

**Tableau IV.5 :** Défaillances des conduites rigides des freins [17].

#### IV.2.6. Flexibles de frein

Défaillance	Précisions complémentaires	Niveau de criticité
Risque imminent de défaillance ou de rupture	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contact permanent ou intermittent avec un élément tournant</li> <li>• Flexible trop court limitant le braquage ou le débattement de la roue</li> </ul>	Critique
Endommagement, points de friction, flexibles torsadés ou trop courts	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Craquelure ou coupure ne laissant pas apparaître la toile</li> <li>• Usure due à un frottement ne laissant pas apparaître la toile</li> <li>• Flexible torsadé ou trop court (hors braquage et débattement de roue)</li> <li>• Absence de passe fil avec enlèvement de matière ne laissant pas apparaître la toile</li> </ul>	Mineure

Flexibles endommagés ou frottant contre une autre pièce	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Craquelure ou coupure laissant apparaître la toile</li> <li>• Absence de passe fil avec enlèvement de matière laissant apparaître la toile</li> <li>• Contact permanent ou intermittent avec un élément tournant ou fixe</li> </ul>	Majeure
Manque d'étanchéité des flexibles ou des raccords	Écoulement du liquide de frein avec formation de gouttes	Critique
Gonflement excessif des flexibles	Hernie	Majeure
Gonflement excessif des flexibles : tresse altérée	Hernie avec tresse détériorée	Critique
Flexibles poreux	Porosité laissant transpirer le liquide de frein	Majeure
Flexibles mal placés	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Absence de clips de fixation situé au raccordement du flexible</li> <li>• Absence d'un guide de passage (ressort)</li> </ul>	Majeure

**Tableau IV.6 :** Défaillances des flexibles de frein [17].

#### IV.2.7. Garnitures ou plaquettes de frein

Défaillance	Précisions complémentaires	Niveau de criticité
Usure importante	Marque minimale non atteinte	Mineure
Usure excessive (marque minimale atteinte)	Témoin d'usure allumé	Majeure
Usure excessive (marque minimale non visible)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plaquette fortement usée dont le support est proche du disque</li> <li>• Garniture fortement usée dont le support est proche du disque</li> </ul>	Critique
Garnitures ou plaquettes encrassées par de l'huile, de la graisse, etc.	Sur une roue	Majeure

Garnitures ou plaquettes encrassées par de l'huile, de la graisse, etc. : performances de freinage réduites	Sur plus d'une roue	Critique
Garnitures ou plaquettes absentes ou mal montées	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Absence de plaquette ou de garniture sur la plaquette</li> <li>• Plaquette montée à l'envers</li> <li>• Absence d'au moins un des éléments de fixation (les accessoires de montage)</li> <li>• Décollement partiel de la garniture de friction</li> </ul>	Critique
Faisceau électrique du témoin d'usure déconnecté ou détérioré		Mineure

**Tableau IV.7 :** Défaillances des plaquettes de frein [17].

#### IV.2.8. Tambours de freins, disques de freins

Défaillance	Précisions complémentaires	Niveau de criticité
Disque ou tambour usé	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usure fortement avancée (épaulement très prononcé)</li> <li>• Rayures fortement prononcées</li> </ul>	Majeure
Disque ou tambour excessivement usé, excessivement rayé, fissuré, mal fixé ou cassé	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Absence, desserrage ou rupture d'au moins un des éléments de fixation</li> <li>• Disque craquelé, cassé ou fissuré</li> <li>• Fissure ou cassure du tambour avec élément manquant laissant apparaître la garniture</li> </ul>	Critique
Tambours ou disques encrassés par de l'huile, de la graisse, etc.	Disque, flasque ou tambour encrassé par de l'huile, de la graisse ou autres corps gras sur une roue	Majeure
Tambours ou disques encrassés par de l'huile, de la	Disque, flasque ou tambour encrassé par de l'huile, de la graisse ou autres	Critique

graisse, etc. : performances de freinage réduites	corps gras sur plus d'une roue, hors véhicules de collection	
Tambours ou disques encrassés par de l'huile, de la graisse, etc.	Uniquement pour les véhicules de collection : disque, flasque ou tambour encrassé par de l'huile, de la graisse ou autres corps gras sur au moins une roue	Mineure
Absence de tambour ou de disque	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Élément récepteur absent (tambour ou disque)</li> <li>• Élément récepteur de freinage différent sur un même essieu (disque à droite, tambour à gauche)</li> </ul>	Critique
Plateau mal fixé	Flasque de tambour ou protection intérieure du disque	Majeure

**Tableau IV.8 :** Défaillances des tambours et des disques de freins [17].

#### IV.2.9. Câbles de freins

Défaillance	Précisions complémentaires	Niveau de criticité
Câbles endommagés ou flambage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Câble effiloché</li> <li>• Gaine métallique déformée, écrasée</li> </ul>	Majeure
Câbles endommagés ou flambage : performances de freinage réduite	Rupture du câble ou de la tringlerie	Critique
Usure ou corrosion fortement avancée	Usure du câble ou de la tringlerie résultant d'un contact permanent ou intermittent ou d'un ancien frottement (enlèvement de matière) sur une seule roue	Majeure
Usure ou corrosion fortement avancée : performances de freinage réduites	Usure du câble ou de la tringlerie résultant d'un contact permanent ou intermittent ou d'un ancien frottement (enlèvement de matière) affectant plus d'une roue	Critique
Défaut des jonctions de	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Absence de gaine, d'axe de liaison,</li> </ul>	Majeure

câbles ou de tringles de nature à compromettre la sécurité	de câble ou de tringle • Absence de goupille ou épingle sur l'axe de tringlerie	
Fixation des câbles défectueuse	• Fixation manquante avec risque d'accrochage	Majeure
Entrave du mouvement du système de freinage		Majeure
Mouvement anormal de la timonerie à la suite d'un mauvais réglage ou d'une usure excessive		Majeure

**Tableau IV.9 :** Défaillances des câbles de freins [17].

#### IV.2.10. Cylindres ou étriers de freins

Défaillance	Précisions complémentaires	Niveau de criticité
Cylindre ou étrier fissuré ou endommagé	Fissure	Majeure
Cylindre ou étrier fissuré ou endommagé : performances de freinage réduites	Cassure	Critique
Défaut mineur d'étanchéité	Trace de liquide de frein sans écoulement	Mineure
Étanchéité insuffisante	Écoulement de liquide de frein avec formation de gouttes sur un cylindre ou un étrier	Majeure
Étanchéité insuffisante : performances de freinage réduites	Écoulement de liquide de frein avec formation de gouttes sur plusieurs cylindres ou étriers	Critique
Défaut du cylindre ou de l'étrier ou actionneur mal monté compromettant la sécurité	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frein d'écrou non rabattu (pour les ½ étriers)</li> <li>• Frottement de l'étrier sur la jante ou sur le disque</li> <li>• Défaut d'assemblage (pour les ½ étriers)</li> <li>• Desserrage d'au moins un des éléments de fixation</li> </ul>	Majeure

Défaut du cylindre ou de l'étrier ou actionneur mal monté compromettant la sécurité : performances de freinage réduites	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tuyaux de liaison des ½ étriers écrasés</li> <li>• Absence ou rupture d'au moins un des éléments de fixation</li> </ul>	Critique
Corrosion excessive	Hors véhicules de collection	Majeure
Corrosion excessive : risque de fissure	Hors véhicules de collection	Critique
Corrosion excessive	Uniquement pour les véhicules de collection	Mineure
Corrosion excessive : risque de fissure	Uniquement pour les véhicules de collection	Majeure
Capuchon anti-poussière endommagé		Mineure
Capuchon anti-poussière manquant ou excessivement endommagé		Majeure

**Tableau IV.10 :** Défaillances des étriers de freins [17].

#### IV.2.11. Correcteur automatique de freinage

Défaillance	Précisions complémentaires	Niveau de criticité
Liaison défectueuse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Absence de commande</li> <li>• Mauvais état du dispositif de commande</li> </ul>	Majeure
Mauvais réglage de la liaison	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Commande inopérante</li> <li>• Absence, desserrage ou rupture d'au moins un des éléments de fixation</li> </ul>	Majeure
Valve grippée ou inopérante ou défaut d'étanchéité (l'ABS fonctionne)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispositif court-circuité</li> <li>• Défaut d'étanchéité</li> </ul>	Majeure
Valve grippée ou inopérante ou défaut d'étanchéité	• Dispositif court-circuité (véhicule sans ABS ou ABS défaillant)	Critique

	• Défaut d'étanchéité (véhicule sans ABS ou ABS défaillant)	
Valve manquante (si requise)		Critique
Données illisibles ou non conformes aux exigences		Mineure

**Tableau IV.11** : Défaillances du correcteur automatique de freinage [17].

#### IV.2.12. Système de freinage complet

Défaillance	Précisions complémentaires	Niveau de criticité
Dispositifs endommagés extérieurement ou présentant une corrosion excessive qui porte atteinte au système de freinage		Majeure
Dispositifs endommagés extérieurement ou présentant une corrosion excessive qui porte atteinte au système de freinage : performances de freinage réduites		Critique
Défaut de tout élément de nature à compromettre la sécurité ou élément mal monté	Pour les véhicules à double-commande, anomalie de fonctionnement de celle-ci	Majeure
Modification dangereuse d'un élément		Majeure
Modification dangereuse d'un élément : performances de freinage réduites		Critique

**Tableau IV.12** : Défaillances du système de freinage complet [17].

## IV.2.13. Performances et efficacité du frein de service

Défaillance	Précisions complémentaires	Niveau de criticité
Freinage insuffisant sur une ou plusieurs roues	Forces de freinage insuffisantes pour le calcul du déséquilibre de freinage sur un essieu	Majeure
Freinage inexistant sur une ou plusieurs roues	Absence totale d'efficacité sur un essieu ou sur une roue	Critique
Déséquilibre	Déséquilibre D/G calculé sur un essieu $\geq 20\%$ et $< 30\%$	Mineure
Déséquilibre notable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Déséquilibre D/G calculé sur un essieu <math>\geq 30\%</math></li> <li>• Modification de trajectoire du véhicule se traduisant par des dépports importants</li> </ul>	Majeure
Déséquilibre important sur l'essieu directeur	Déséquilibre D/G calculé sur un essieu $\geq 50\%$ , si l'essieu est directeur	Critique
Freinage non modérable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Broutement, non progressivité</li> <li>• Blocage immédiat d'une roue dès sollicitation de la commande de freinage</li> </ul>	Majeure
Temps de réponse trop long sur l'une des roues		Majeure
Fluctuation excessive de la force de freinage pendant chaque tour de roue		Majeure
Efficacité insuffisante	Voir prescriptions	Majeure
Efficacité inférieure à 50% de la valeur limite	Voir prescriptions	Critique

Tableau IV.13 : Défaillances du frein de service [17].

**IV.2.14. Performances et efficacité du frein de secours**

<b>Défaillance</b>	<b>Précisions complémentaires</b>	<b>Niveau de criticité</b>
Freinage insuffisant sur une ou plusieurs roues	Forces de freinage insuffisantes pour le calcul du déséquilibre de freinage sur l'essieu	Majeure
Freinage inexistant sur une ou plusieurs roues	Absence totale de force de freinage sur au moins une roue	Critique
Déséquilibre notable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Déséquilibre D/G calculé sur un essieu <math>\geq 30\%</math></li> <li>• Modification de trajectoire du véhicule se traduisant par des déports importants</li> </ul>	Majeure
Déséquilibre important sur l'essieu directeur	Déséquilibre D/G calculé sur un essieu $\geq 50\%$ , si l'essieu est directeur	Critique
Freinage non modérable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Broutement, non progressivité</li> <li>• Blocage immédiat d'une roue dès sollicitation de la commande de freinage</li> </ul>	Majeure
Efficacité insuffisante	Voir prescriptions	Majeure
Efficacité inférieure à 50% de la valeur limite	Voir prescriptions	Critique

**Tableau IV.14** : Défaillances du frein de secours [17].**IV.2.15. Performances et efficacité du frein de stationnement**

<b>Défaillance</b>	<b>Précisions complémentaires</b>	<b>Niveau de criticité</b>
Frein inopérant d'un côté	Absence totale de force de freinage sur au moins une roue prévue	Majeure
Efficacité insuffisante	Voir prescriptions <ul style="list-style-type: none"> <li>• Immobilisation non assurée sur la rampe</li> <li>• Immobilisation insuffisante lors de l'essai par immobilisation</li> </ul>	Majeure

Efficacité inférieure à 50% de la valeur limite	Voir prescriptions • Aucune retenue constatée sur rampe ou lors de l'essai par immobilisation	Critique
---	--	----------

**Tableau IV.15 :** Défaillances du frein de stationnement [17].

#### IV.2.16. Système antiblocage (ABS)

Défaillance	Précisions complémentaires	Niveau de criticité
Mauvais fonctionnement du dispositif d'alerte	Témoin éteint, contact sur ON	Majeure
Le dispositif d'alerte indique un mauvais fonctionnement du système	Témoin allumé ou clignotant moteur tournant	Majeure
Capteur de vitesse de roue manquant ou endommagé		Majeure
Câblage endommagé	Capteur de roue débranché	Majeure
Autres composants manquants ou endommagés	Couronne dentée, boîtier ABS détérioré	Majeure
Le système signale une défaillance via l'interface électronique du véhicule		Majeure

**Tableau IV.16 :** Défaillances du système antiblocage (ABS) [17].

### IV.3. Analyse de défaillance (Diagramme d'Ishikawa)

#### IV.3.1. Définition

Le diagramme d'Ishikawa (ou diagramme en arête de poisson, diagramme cause-effet ou 5M) c'est un outil qui permet à identifier les causes d'un problème et de fournir des éléments pour l'étude des solutions. Cette méthode permet d'agir sur les causes pour corriger les défauts et donner des solutions en employant des actions correctives.

Son but est de analyser et visualiser le rapport existant entre un problème (effet) et toutes ses causes possibles. Il est utilisé également pour les études concernant la maintenance, la fiabilité et la Analyse et visualiser le rapport existant entre un problème (effet) [14].

### IV.3.2. Méthodes pour étudier un problème

#### IV.3.2.1. Définir l'effet

L'effet doit être formulé en termes simples, admis par l'ensemble des participants : que veut-on améliorer, changer, modifier, quel est l'effet attendu ? La transformation doit être mesurable pour apprécier une modification de façon objective. L'effet doit constamment rester visible pour permettre de recentrer la démarche à tout moment.

#### IV.3.2.2. Identifier les causes

C'est la période de recherche d'idées. L'important est de noter, sans classer, les idées venant de toute part. Tout doit être noté de façon visible pendant toute la séance.

#### IV.3.2.3. Les mots-clés

L'émetteur de chaque phrase formulée, doit souligner le ou les mots-clés. Cet état fait souvent resurgir des idées nouvelles qui seront notées à la suite, elles seront traitées à la fin.

#### IV.3.2.4. Les principales familles

Pour favoriser la recherche, la méthode des 5M est couramment utilisée. Elle permet d'orienter la réflexion vers les 5 domaines, desquels sont généralement issues les causes. Toute autre organisation mieux adaptée au problème peut, bien entendu être utilisée.

- **Machines** : C'est tout ce qui nécessite un investissement, du matériel, des locaux, du gros outillage.
- **Main d'œuvre** : c'est l'ensemble du personnel.
- **Méthodes** : Ce sont les gammes, les modes d'emploi, les notices, les instructions écrites ou non.
- **Matières** : C'est tout ce qui est consommable (les matières premières, les fluides, les énergies).
- **Milieu** : C'est l'environnement physique et humain. Les conditions de travail, l'ergonomie, les relations, les clients, problème de fournisseurs.

#### IV.3.2.5. Tracer le diagramme

Le diagramme est tracé en reportant dans l'ordre des idées formulées. Seuls les mots-clés sont indiqués sur les flèches.

#### IV.3.2.6. Choisir

Le choix des causes sur lequel va porter l'analyse commence par déterminer les familles (de machine jusqu'à milieu) qui semblent être les plus importantes.

#### IV.3.2.7. Définir l'objectif

L'objectif doit être exprimé en termes de valeur de l'évolution et en temps que l'on s'accorde pour vérifier l'évolution.

#### IV.3.2.8. Les moyens

Choisir les méthodes de mesure, les tests, les procédures.

#### IV.3.2.9. Confronter aux résultats antérieurs

À ce stade, il est important de vérifier si l'effet désiré est obtenu. Dans le cas contraire, le groupement suivant est abordé jusqu'à l'obtention de l'amélioration.

#### IV.3.3. Etapes de création du diagramme cause-et-effet

La création du diagramme cause-et-effet se fait en deux étapes :

- **Etape1** : définir le problème que nous voudrions contrôler, pour arriver à cela il révéler essentielle de connaître les causes qui amener à l'apparition du problème.
- **Etape2** : représenter un squelette de poisson dont la tête décrit le problème étudié et les arrêtes décrivent les facteurs qui peuvent être considéré comme des causes, ces dernière doivent être détaillés, pour rendre le diagramme avantageux et pratique. Chaque arrête décrire éventuellement des facteurs plus détaillé, en créant de petites branches.

#### Exemple

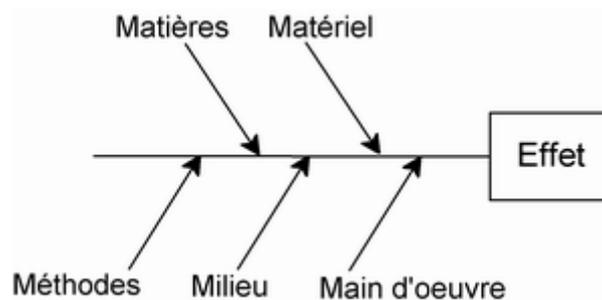


Figure IV.1 : Diagramme d'Ishikawa.

Nous proposons de tester tous les causes possibles en suivant un ordre basé sur la rapidité, l'accessibilité et la probabilité.

#### IV.3.3.1. Diagramme cause-et-effet d'une pédale dure

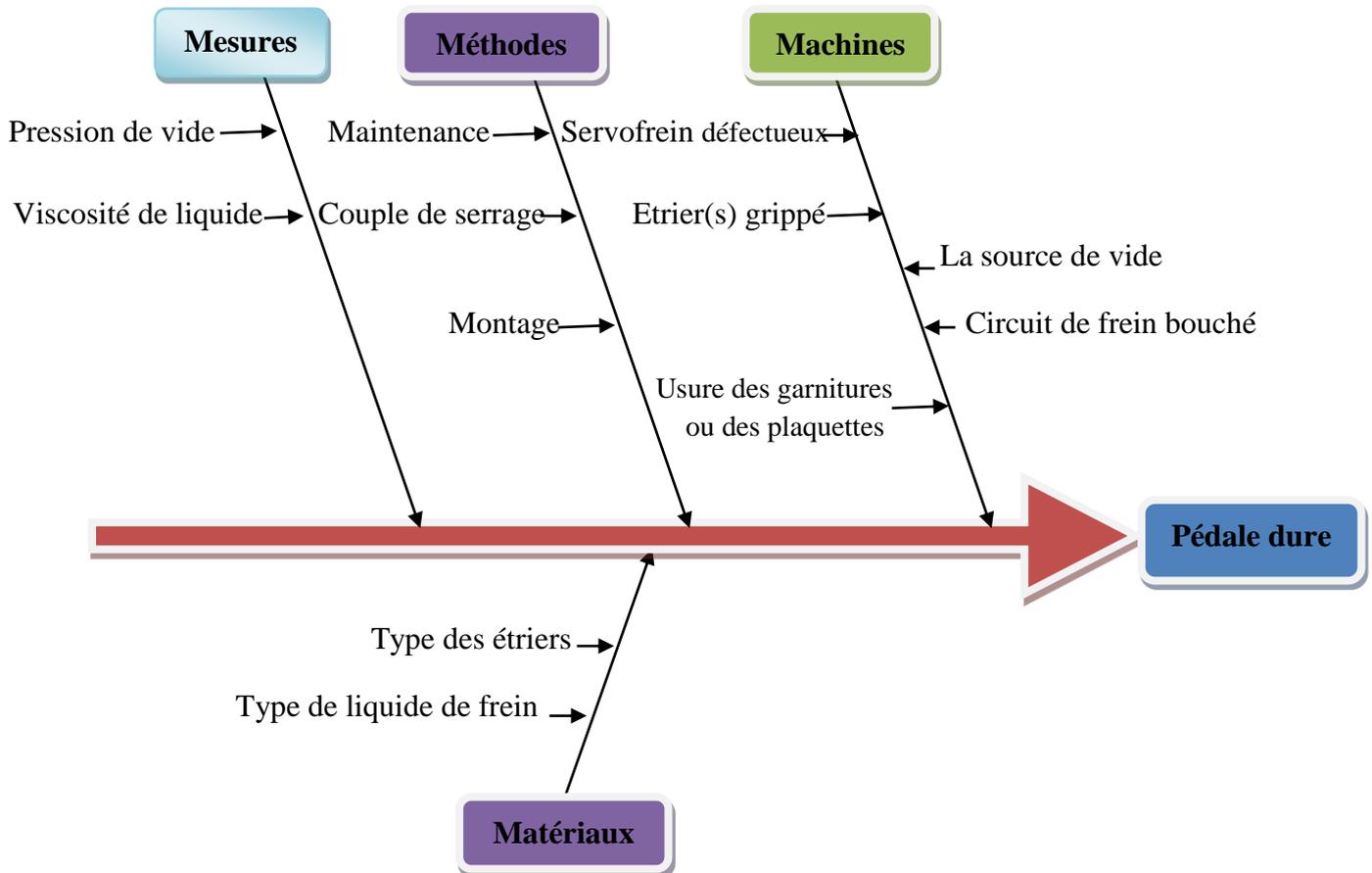


Figure IV.2 : Diagramme d'Ishikawa d'une pédale dure.

On voit ici clairement les causes possibles de cette défaillance :

- Sur le matériel en imposant l'utilisation des étriers et du liquide de frein qui n'est pas conforme à la qualité exigé par le fabricant.
- Sur la méthode de serrage (étrier trop serré sur le disque), la méthode de montage de plaquette de frein sur l'étrier (tolérance inférieur à celle exigé par le fabricant).
- Sur la machine : Servofrein défectueux, étrier(s) grippé, usure des garnitures ou des plaquettes.
- Sur la mesure : Pression de vide est insuffisante pour évacuer la pression de maître-cylindre, viscosité de liquide est dégradée donc il perd leurs caractéristiques.

## IV.3.3.2. Diagramme cause-et-effet d'une dérive

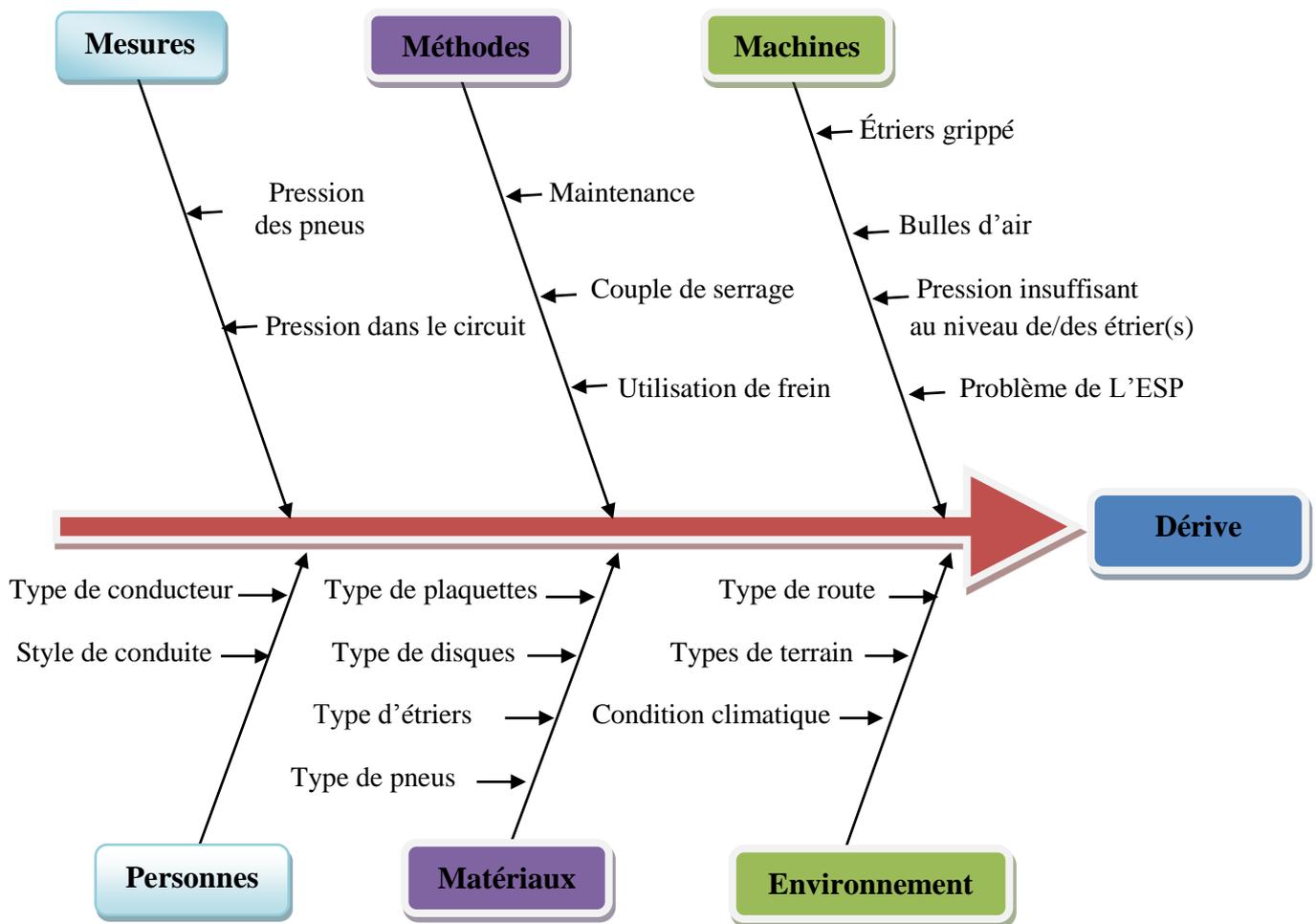


Figure IV.3 : Diagramme d'Ishikawa d'une dérive.

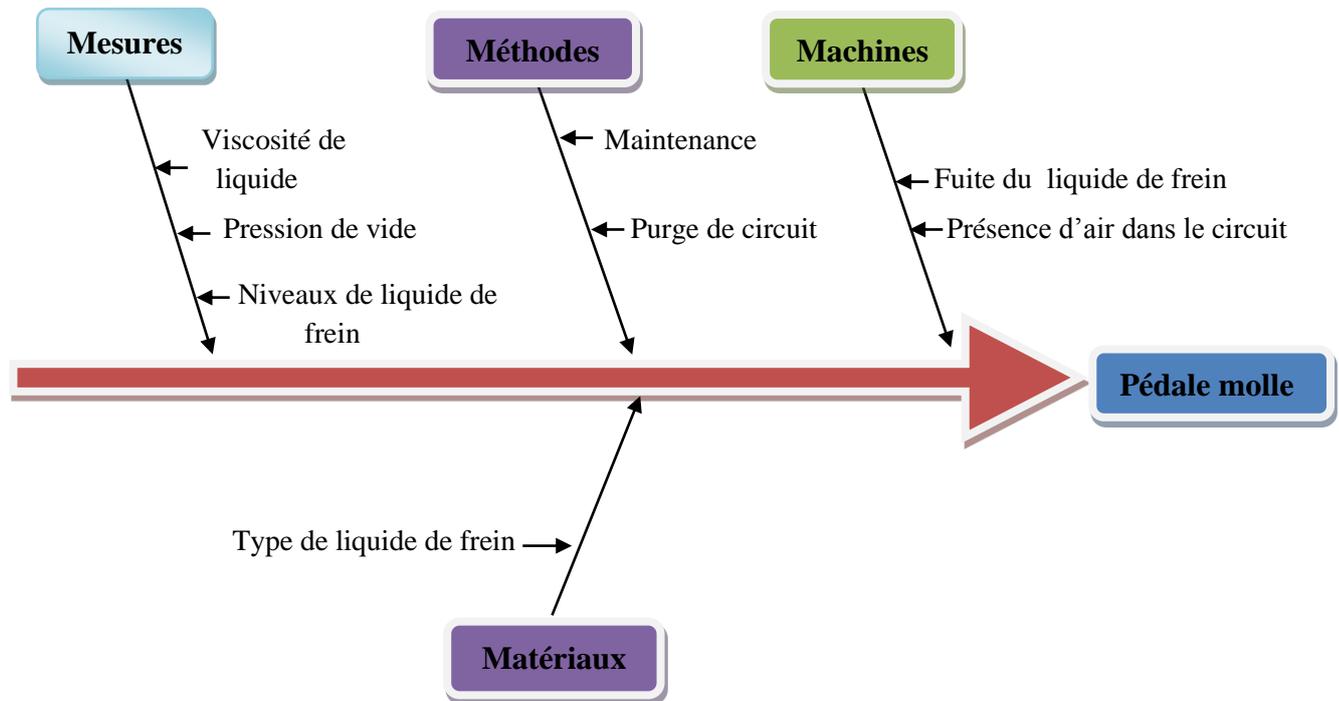
On voit ici clairement les causes possibles de cette défaillance :

- Sur la catégorie main d'œuvre : Le style de conduite a un grand impact sur le freinage (ex : le freinage brusque dans le cas d'un virage ou sous-virage), type de conducteur.
- Sur le matériel en imposant l'utilisation du type de plaquettes disques, étriers et type de pneus qui ne répondent pas aux exigences du fabricant.
- Sur le milieu : type de terrain (descente de la pente, trop de virages...etc.). type de route conditions climatiques (dans le cas de la pluie, neige, gel et verglace).
- Sur la méthode : Couple de serrage (étriers trop serrés), méthode d'utilisation de frein.
- Sur la machine : étrier grippé (le piston bloqué qui provoque ensuite l'équilibrage de véhicule), présence de bulles d'air dans le circuit (pression insuffisante dans un coté provoque au piston de étriers). pression insuffisante dans le circuit à cause d'une fuite ou d'un obstacle au

niveau de l'un des coté, problème de L'ESP (défaillance du calculateur ABS/ESP ou un problème de communication entre les autres systèmes).

- Sur la mesure : Pression des pneus (l'insuffisance de pression d'un pneu provoque une modification de rotation de la roue concerné c.-à-d. perte de circonférence de la roue).

#### IV.3.3.3. Diagramme cause-et-effet d'une pédale molle

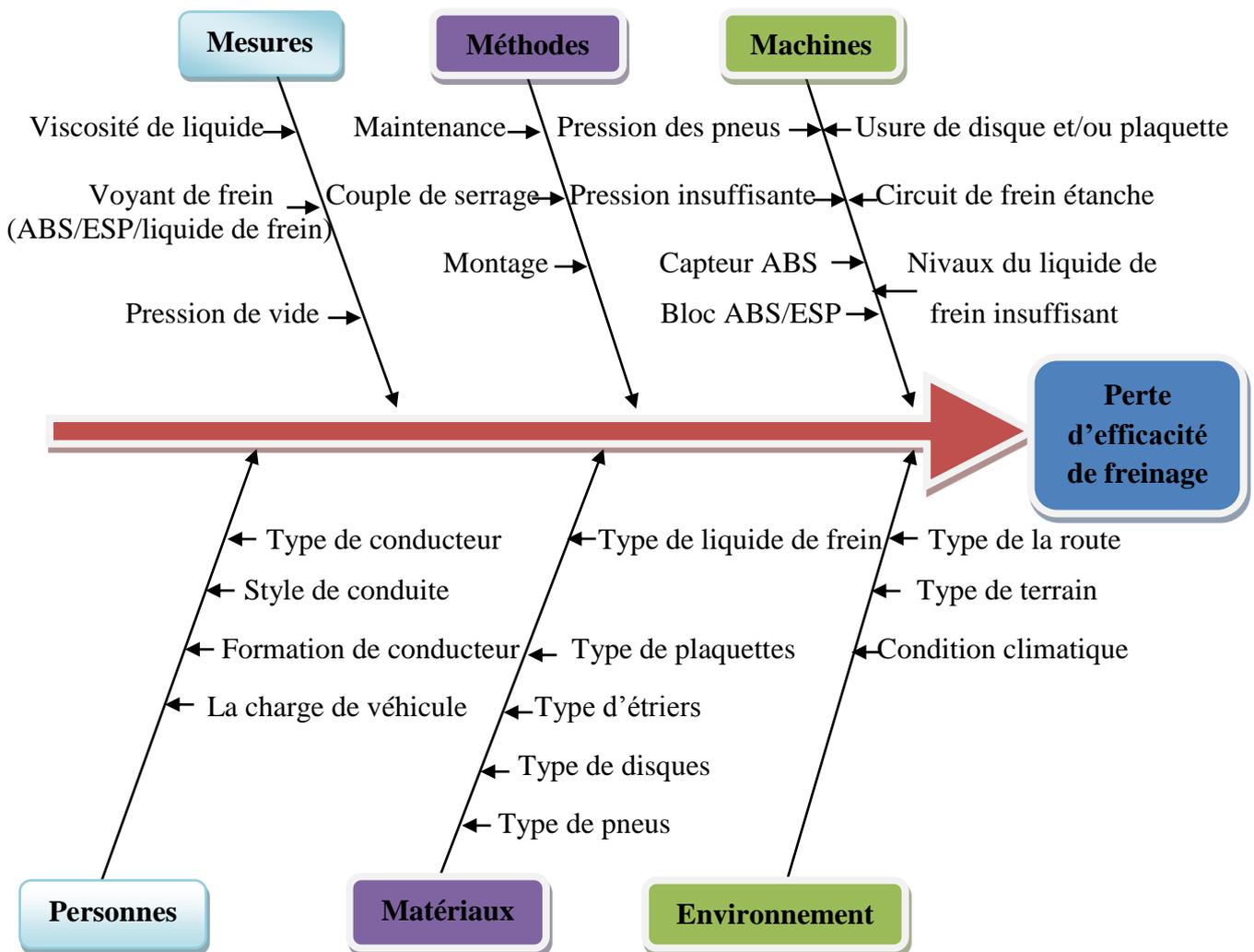


**Figure IV.4** : Diagramme d'Ishikawa d'une pédale molle.

On voit ici clairement les causes possibles de cette défaillance :

- Sur le matériel l'utilisation du type de liquide de frein (n'est pas conforme à l'exigence de la norme et du fabricant ou le liquide a perdu ses caractéristiques donc il devient compressible).
- Sur la méthode on purge le circuit de freinage (présence des bulles d'air après l'opération).
- Sur la machine : fuite du liquide de frein, présence d'air dans le circuit.
- Sur la mesure : pression de vide (problème de la source de vide ou fuite d'aire), viscosité de liquide, niveaux de liquide de frein insuffisant c.-à-d. le circuit n'est pas plein.

## IV.3.3.4. Diagramme cause-et-effet d'une perte d'efficacité de freinage



**Figure IV.5 :** Diagramme d'Ishikawa d'une perte d'efficacité de freinage.

On voit ici clairement les causes possibles de cette défaillance :

- Sur la catégorie main d'œuvre : Le style de conduite a un grand impact sur le freinage, type de conducteur, formation du conducteur et la charge du véhicule.
- Sur le matériel en imposant l'utilisation du type de plaquettes, disques, étriers, pneus et du liquide de frein.
- Sur le milieu : type de terrain, type de route, conditions climatique (diminution du coefficient d'adhérence).
- Sur la méthode : couple de serrage insuffisant qui provoque des décalages des pièces, montage (ex : étriers mal placé).

- Sur la machine : pression des pneus, pression insuffisante des circuits, capteur ABS (débranché, brûlé, câble d'ABS coupé), défaillance du bloc d'ABS/ESP, usure de disque et/ou plaquettes, circuit de frein étanche, niveaux de liquide de frein insuffisant.
- Sur la mesure : pression de vide (problème de la source de vide ou fuite d'air), voyant de frein (ABS/ESP/liquide de frein).

# *Chapitre V*

*Maintenance du système de freinage  
Volkswagen*

## V.I. Généralités sur la maintenance

### V.I.1. Introduction

Dans le contexte actuel de la qualité, l'entreprise industrielle est en profonde mutation. Ceci est particulièrement vrai pour la maintenance. L'entretien, qui était mal considéré dans l'entreprise et jugé coûteux, est en train d'évoluer vers la maintenance (fonction à part entière dans l'entreprise) [12].

Avec la mise en place du « juste à temps », de la qualité globale et compte tenu du coût très élevé des machines modernes, les pertes de production ont des répercussions économiques souvent très importantes. L'amélioration de la disponibilité de l'outil de production devient donc une priorité de l'entreprise et en particulier du service maintenance.

### V.I.2. Définition de la maintenance

La norme AFNOR (X60-010) définit la maintenance comme étant : « ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé » [12].

Ces activités sont une combinaison de prévention, diagnostic, dépannage, remise en marche, réparation et gestion qui permettent de conserver le potentiel matériel pour assurer la continuité de la production. Bien maintenir c'est assurer ces opérations au global optimum, elle introduit trois types d'actions [10]:

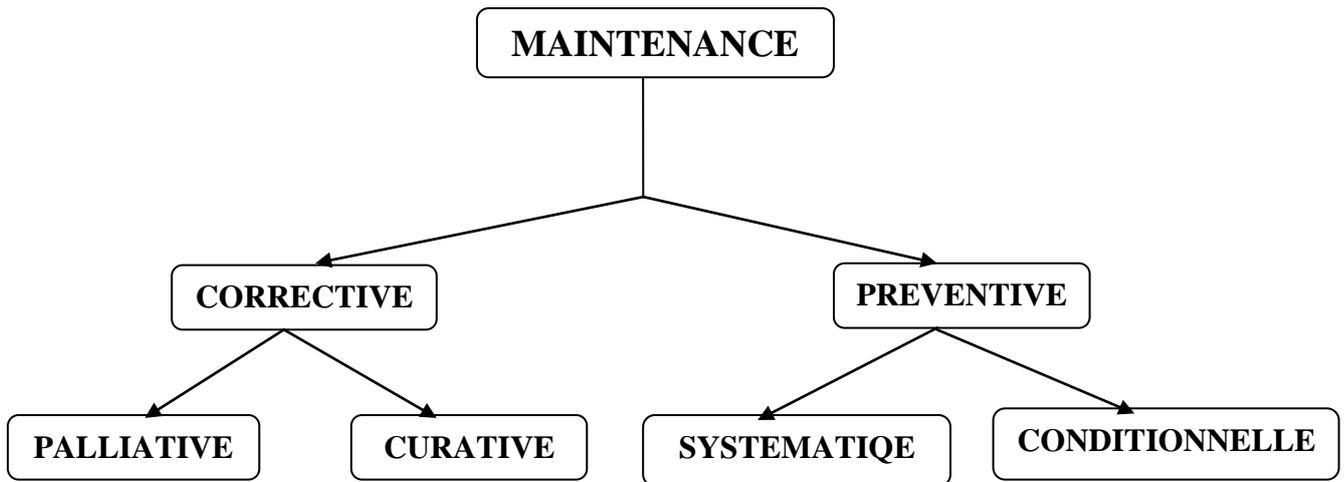
Actions de base	Action d'exécution	Action de suivi
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formation</li> <li>• Documentation</li> <li>• Equipement</li> <li>• Approvisionnement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maintenance préventive</li> <li>• Maintenance curative</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fiabilité</li> <li>• Durabilité</li> <li>• Qualité</li> <li>• Gestion</li> </ul>

**Tableau V.1** : Types des actions de la maintenance.

**Maintenir** : Contient la notion de surveillance et de prévention sur un bien en fonctionnement normal.

**Rétablir** : Contient la notion de correction (remise à niveau) après défaillance.

### V.I.3. Différentes formes de la maintenance



**Figure V.1 :** Les types de maintenance.

#### V.I.3.1. Maintenance préventive

Maintenance effectuée dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou de dégradation d'un service rendu. [10].

Son coût, parfois élevé, oblige à considérer deux modes d'application :

##### V.I.3.1.1. Maintenance préventive systématique

Les activités correspondantes sont déclenchées selon un échéancier établi à partir d'un nombre prédéterminé d'unités d'usages.

Elle consiste à intervenir selon un échéancier établi en fonction du temps sur le matériel pour détecter les anomalies ou les usures prématurées et les remédier avant qu'une panne ne se produise ou pour effectuer des travaux courants.

Cette forme de maintenance préventive implique divers types de travaux :

- Inspection du matériel en fonctionnement.
- Remplacements systématiques.
- Travaux courants: Graissage, réglage, nettoyage, rodage, Teinte.

### **V.I.3.1.2. Maintenance préventive conditionnelle**

Les activités correspondantes sont déclenchées suivant des critères prédéterminés significatifs de l'état de dégradation du bien ou du service.

Cette technique de prévention des pannes fait intervenir des informations recueillies en temps réel au moyen de techniques diverses telles que l'analyse des bruits, l'analyse des vibrations, l'analyse de la corrosion. La décision d'intervention est prise lorsqu'il y a évidence expérimentale de défaut imminent ou approche d'un seuil de dégradation prédéterminé.

### **V.I.3.2. Maintenance corrective**

« Opération de maintenance effectuée après défaillance ». C'est une maintenance destinée à rendre la santé aux machines qui l'on perdue. Elle est peu efficace pour les machines vitales de production mais trouve son application bien adaptée à certain matériel peu coûteux, et hors production [11].

On distingue deux sortes de maintenances correctives :

#### **V.I.3.2.1. Maintenance corrective Palliative**

Elle correspond au dépannage, il suffit de retrouver la fonction perdue, même provisoirement et parfois sans interprétation du fonctionnement de l'ensemble concerné.

#### **V.I.3.2.2. Maintenance corrective curative**

Elle correspond à la réparation (guérison), donc au diagnostic. Dès lors que l'on a identifié la cause de la panne, on est en mesure de la prévenir, ou de la rendre moins pénalisante, donc d'améliorer.

## **V.I.4. Opérations de maintenance**

### **V.I.4.1. Dépannage**

Action physique exécutée sur un bien en panne pour lui permettre d'accomplir sa fonction requise pendant une durée limitée (provisoirement) jusqu'à ce qu'une réparation définitive puisse être exécutée [11].

**V.I.4.2. Réparation**

Action physique exécutée sur un bien pour rétablir définitivement la fonction requise du bien.

**V.I.4.3. Contrôle**

Vérification de la conformité à des données préétablies, suivie d'un jugement. Ce jugement peut être une information ou une décision : rejet, acceptation, ajournement.

**V.I.4.4. Inspection**

Contrôle de conformité; réalisé en mesurant, observant, testant et calibrant les caractéristiques significatives d'un bien.

**V.I.4.5. Visite**

Opération de maintenance préventive consistant en examen détaillé et prédéterminé de tout (visite générale) ou partie (visite partielle) des différents éléments d'un bien et pouvant impliquer de premier niveau.

**V.I.4.6. Révision**

Ensemble complet d'examens et d'actions réalisés afin de maintenir le niveau de disponibilité et de sécurité.

**V.I.4.7. Echange standard**

Reprise d'un sous ensemble ou ensemble usagé et vente d'un sous ensemble identique, neuf ou remis en état spécifié.

**V.I.9. Les niveaux de maintenance [12]**

<b>Niveau</b>	<b>Désignation</b>	<b>Personnel d'intervention</b>	<b>Moyens</b>
<b>1<sup>er</sup> niveau</b>	Réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'organes accessibles sans aucun démontage d'équipement, ou échange d'éléments accessibles en toute sécurité.	Exploitant sur place.	Outillage léger défini dans les instructions d'utilisation.
<b>2<sup>e</sup> niveau</b>	Dépannages par échange standard d'éléments prévus à cet effet, ou d'opérations mineures de maintenance préventive.	Technicien habilité, sur place.	Idem, plus pièces de rechange trouvées à proximité, sans délai.
<b>3<sup>e</sup> niveau</b>	Identification et diagnostic de pannes, réparation par échange de composants fonctionnels, réparations mécaniques mineures.	Technicien spécialisé, sur place ou en local de maintenance.	Outillage prévu plus appareils de mesure, banc d'essai, contrôle...
<b>4<sup>e</sup> niveau</b>	Travaux importants de maintenance corrective ou préventive.	Equipe encadrée par un technicien spécialisé, en atelier central.	Outillage général plus spécialisé, matériel d'essais, de contrôle...
<b>5<sup>e</sup> niveau</b>	Travaux de rénovation, de reconstruction, ou réparations importantes confiées à un atelier central.	Equipe complète, polyvalente, en atelier central.	Moyens proches de la fabrication par le constructeur.

**Tableau V.2** : Les cinq niveaux de maintenance (AFNOR X 60 011).

## **V.II.I. Maintenance du système de freinage**

### **V.II.1. Introduction**

Le système de freinage de véhicule est considéré comme un élément essentiel de sécurité au volant, le bon fonctionnement de ce dernier vous assure un freinage et une conduite efficace en toute sécurité. Pour cela il est important que les composants de ce système soit en bon état.

Diagnostiquer et résoudre les problèmes du système de freinage sont des tâches courantes qu'il est important de réaliser avec le plus grand soin. Nous savant que la moindre défaillance du système de freinage risque d'entraîner des conséquences graves.

Dans ce chapitre, Nous avons l'occasion d'appliquer nos connaissances théoriques en posant des diagnostics et en réparant divers éléments du système de freinage.

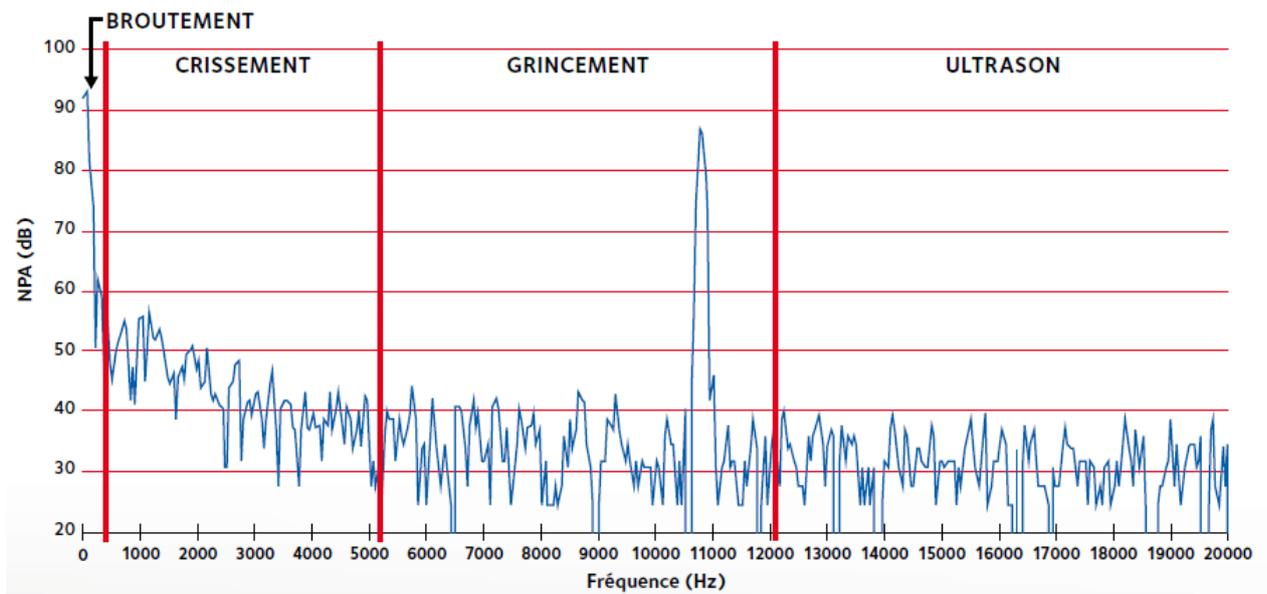
### **V.II.2. Maintenance de quelques défaillances du système de freinage**

La vérification et l'entretien de système de freinage sont des tâches usuelles, mais qui supposent un degré de responsabilité élevé. La réparation de système de freinage se déroule habituellement en trois étapes :

- La vérification visant à déceler les dommages et l'usure.
- Le remplacement des pièces usées.
- La rectification ou le remplacement des pièces défectueuses.

#### **V.II.2.1. Le bruit**

Les bruits de freinage sont générés par un problème de vibration sur une pièce située au niveau des roues du véhicule (entre le pneu et les éléments de liaison à la caisse). Bien que leur origine soit souvent attribuée à la plaquette de frein elle-même, ces vibrations peuvent provenir de plusieurs organes, du roulement de roue à la rotule de suspension. Au sein du système de freinage, il est tout à fait normal que certaines vibrations se produisent, mais celles-ci ne sont généralement pas perceptibles, soit en raison de leur fréquence, soit du fait de leur intensité. Les vibrations ne sont accompagnées d'un bruit audible que lorsqu'elles sont plus importantes [16].



**Figure V.2 :** Les types de bruits.

#### V.II.2.1.1. Vibrations à basse fréquence (broutement)

Un bruit profond dont la fréquence est inférieure à 300 Hz. engendré par des macro-vibrations d'un élément du système de freinage.

Les causes de ce type de bruit sont :

- Mauvaise tolérance.
- Montage incorrect sur le moyeu.
- Variation d'épaisseur de disque.
- Endommagement du disque.

#### **Solution**

Remplacer le disque : le broutement peut être dû à un endommagement éventuel du disque, ou des vibrations dues à des mauvais montages du disque sur le moyeu ont pu endommager le disque. Il est également recommandé de nettoyer et de lubrifier toutes les surfaces qui le nécessitent.

#### V.II.2.1.2. Vibrations à moyenne fréquence (crissement)

Bruit dont la fréquence est comprise entre 300 et 5 000 Hz. Il est généralement engendré par des micro-vibrations dans le piston d'un étrier ou dans une autre pièce du train avant du véhicule.

Les causes de ce type de bruit sont :

- Défaut de planéité de la surface d'appui du disque, due à un montage incorrect ou à la formation de rayures sur le matériau de friction.
- Erreurs éventuelles de montage de plaquettes, surtout dans le cas de plaquettes symétriques.
- Affectation incorrecte des accessoires anti-bruit éventuels (ex. : shims anti-bruit etc.)
- Épaisseur de disque inférieure à l'épaisseur minimale.

### **Solution**

- Nettoyer et lubrifier les surfaces des éléments de l'étrier qui ne coulissent pas bien  
Prendre toute mesure appropriée afin de veiller à ce que la planéité du disque, une fois monté sur le moyeu, n'excède pas la marge de tolérance de 0,1 mm.
- Nettoyer la surface du moyeu, usiner la surface du disque, etc.
- Remplacer le disque.
- Installer la plaquette correctement.
- Monter le shim anti-bruit et les accessoires correctement.
- Atténuer l'intensité de la (ou des) vibration(s) grâce à des shims ou des plaquettes de frein munies de fonctions anti-bruit.

#### **V.II.2.1.3. Vibrations à haute fréquence (grincement)**

Bruit dont la fréquence est supérieure à 5 kHz, les « grincements » peuvent avoir plusieurs origines, mais la cause la plus courante est une vibration moléculaire dans le matériau de friction, lorsque ce dernier entre en contact avec le disque de frein.

### **Solution**

Remplacer le jeu de plaquettes de frein. Vérifier également que les accessoires (ex. : fixations des étriers) sont bien appropriés et sont correctement montés.

#### **V.II.2.2. La dérive**

Un tirage sur un côté précis découle parfois d'un problème au niveau de la répartition du freinage. Ce qui veut dire que le freinage n'est pas égal à droite et à gauche, ce qui provoque une déportation sur un côté précis. Comme sur une luge, si la roue de gauche freine plus que la droite, la voiture se déportera sur la gauche. C'est d'ailleurs cet effet qu'utilise l'ESP pour vous aider à mieux braquer en situation d'urgence pour limiter au maximum le sous-virage.

- Étriers grippé (le piston qui appuie sur la plaquette est bloqué).
- des bulles d'air dans le circuit de freinage.
- Pression insuffisante (une fuite de liquide de frein).
- Cause de l'huile (soit du liquide de frein soit des projections venant de la route).
- un disque voilé.
- Problème d'ESP.

### **Solution**

- Faites purger les circuits pour retirer les éventuelles bulles d'air.
- Vérifiez l'étanchéité du circuit de freinage.
- Vérifiez l'état des garnitures des plaquettes.
- Vérifiez le bon fonctionnement des pistons et des étriers.
- Vérifier le système ESP.

### **V.II.2.3. Une pédale molle**

Il se pourrait qu'en situation de freinage la pédale de frein soit tellement molle que celle-ci touche quasiment le plancher lorsque le conducteur appuyé dessus. Les distances de freinage s'allongent et le conducteur a mal à arrêter le véhicule à temps. Le système de freinage a une défaillance qui rend la pédale molle.

Le système de freinage est un système hydraulique fonctionnant avec un liquide de frein qui transmet la pression exercée par l'automobiliste sur la pédale aux freins. Lorsqu'on se retrouve avec la pédale de frein molle, c'est qu'il y a une fuite ou une arrivée d'air dans le circuit. La solution est :

- Réparation de la fuite si possible.
- changer le liquide du frein.
- purgez le système de freinage.

### **V.II.2.4. Pédale dure**

Dans la plupart des cas quand la pédale de frein est dure relui à l'assistance de freinage (servofrein) qui joue le rôle de multiplicateur de force d'actionnement de conducteur sur la pédale de frein, mais il peut être la source de ce problème est un autre composant, voici les Causes possible de ce problème :

- Usure des garnitures ou des plaquettes.
- Étrier ou cylindre de roue grippé.

- Garnitures ou plaquettes contaminées par du liquide de freins.
- Servofrein défectueux.
- le circuit de freinage bouché.

**Solution**

- contrôlez et si nécessaire renouvelez les garnitures ou les plaquettes.
- contrôlez et si nécessaire réparer ou remplacer l'étrier ou le cylindre de roue.
- purger le circuit de freinage.
- Réparez ou changez des éléments du servofrein.
- changez les garnitures ou les plaquettes.

**V.II.2.5. Présence d'odeur ou s'échappe au niveau d'une roue de la fumée**

- Utilisation abusive des freins.
- Mauvaise qualité des plaquettes de frein.
- Piston (pour les freins à tambour) ou d'un étrier (pour les freins à disques) grippés.
- Présence de hile sur la surface de contact disque-plaquette.

**Solution**

- Nettoyage du disque.
- Remplacer les plaquettes et les disques de frein.
- Débloque le piston ou l'étrier.

**Remarque :**

- roulez avec le frein à main (freins restent en position serrée). La solution de ce problème est de faire une vérification du cet élément.
- Le changement des disques, il est impératif de remplacer les plaquettes de frein également.
- pour soulager les freins utilisez le frein moteur pour réduire la vitesse (rétrogradez) et freinez par à-coups. Un fort freinage pendant une longue période met les freins à rude épreuve et risque de les faire surchauffer. Des freins trop chauds sont moins efficaces.

### V.II.3. La défaillance des plaquettes et des disques de frein

La fiabilité du système de freinage est sensiblement améliorée dans les systèmes de freins à disque modernes. L'entretien de ces systèmes est relativement simple. Les plaquettes de frein et les disques sont des consommables qui doivent être changés car ils se usent. Les plaquettes s'usent beaucoup plus rapidement que les disques; il est important de savoir quand les plaquettes doivent être changées pour maintenir le fonctionnement de freinage de sécurité.

#### V.II.3.1. Plaquettes de frein

aspect	Cause	effet	Solution	image
Petite fissure au centre de plaquette	-Fissures provoquées par la flexion des plaquettes -Plaquettes ne pouvant pas coulisser dans l'étrier	Le piston se plie au niveau de la plaque arrière	-Lubrifier les glissières d'étrier et les douilles de guidage -Remplacer les plaquettes	
Usure inégale sur la surface des plaquettes	Disque de frein a une usure irrégulière (bord d'usure visible sur le disque)	Crissement et brouinement, usure prématurée des plaquettes	Remplacer les disques et les plaquettes de frein	
Usure inégale, plaquettes biseautées	Etrier déformé, coulisseaux d'étrier grippés, jeu trop important au niveau de l'étrier	Usure prématurée des plaquettes, pression de freinage inégale, bruit	Remplacer le jeu de plaquettes de frein et réparer l'étrier	

<p>Résidu de métal sur une surface de friction</p>	<p>-Fuite d'eau, « trempage » du disque qui entraîne le détachement de fragments de disque en les transférant vers le matériau de friction -Problème particulièrement perceptible en cas de freinage violent sur des disques mal positionnés</p>	<p>-Aucun effet sur les performances de freinage -Risque d'endommagement du disque ou de sifflement</p>	<p>remplacer les disques et les plaquettes</p>	
<p>Matériau de friction partiellement calciné (bords extérieurs blanchâtres)</p>	<p>Température de plaque excessive prolongée en raison d'une utilisation ou friction intensive</p>	<p>-Réduction de l'efficacité de freinage initiale -Détérioration excessive du matériau -Le matériau devient friable, s'ébrèche et se fissure -Usure anormale excessive</p>	<p>Si les dommages ne sont pas excessifs, les plaquettes peuvent être utilisées et seront efficaces en cas d'utilisation normale</p>	
<p>Surface de friction « glacée » de la plaque</p>	<p>Température de plaque intermittente élevée pendant de courtes durées</p>	<p>Baisse temporaire des performances de freinage</p>	<p>Une utilisation « normale » peut remédier au problème</p>	

**Tableau V.3 :** Les défaillances de la plaque de frein.

## V.II.3.2. Disque de frein

aspect	Cause	effet	Solution	Image
Déformation de la surface de contact avec le moyeu et/ou fissures autour des trous de montage	Ordre de serrage non respecté. Couple de serrage insuffisant	Vibrations, en particulier lors des premiers freinages	Remplacer les disques	
La surface de contact avec le moyeu est détachée ou déformée	Serrage excessif et non-respect du couple et de l'ordre de serrage	Détachement de la surface de contact du disque. Défaillance totale.	Remplacer les composants défectueux	
Points bleus, la couleur de certaines zones du disque est plus foncée. Signe d'une surchauffe localisée	Voile de moyeu. Un contact irrégulier entre le disque et la plaquette génère une oscillation excessive qui à son tour provoque un dégagement de chaleur ou bleuissement	Augmentation progressive du bruit et des vibrations	Corriger le voile du moyeu si n'est pas possible remplace-le	
Déformation de la surface de contact avec le moyeu et/ou fissures en circonférence	Couple de serrage excessif appliqué à la vis de fixation	Vibrations ressenties dès les premiers freinages	Remplacer les disques et les vis de fixation	
Impuretés et/ou corrosion sur la surface du moyeu	désalignement lors du montage qui sera à l'origine d'un contact irrégulier entre les surfaces de la plaquette et du disque ainsi que d'une usure irrégulière du disque	Variation de l'épaisseur du disque entraînant l'oscillation de la surface du disque à l'origine de bruits et de vibrations à l'usage	nettoyer le disque et moyeu pour éliminer les rouille et autres résidus ou impuretés. si la surface d'appui est déformée ou endommagée Remplacer les disques.	

<p>Détachement du bol du disque de la piste de freinage</p>	<p>Un mauvais montage ou positionnement de l'étrier et du disque entraîne une usure asymétrique permanente de la piste de freinage, ce qui finit par provoquer un détachement</p>	<p>bruit important et vibrations défaillance mécanique totale après le détachement</p>	<p>Remplacer les composants défectueux et monter de nouveaux disques en ordre de serrage. Avant la pose des disques, vérifier l'alignement et le montage du corps de l'étrier sur l'essieu</p>	
<p>Présence de rainures sur le disque</p>	<p>Des rainures profondes sont formées par des particules abrasives qui se trouvent entre les plaquettes et le disque. Des corps étrangers peuvent pénétrer dans le système de freinage ; ils peuvent provenir de l'extérieur (route, saletés, eau) ou bien d'un matériau de friction de mauvaise composition</p>	<p>Bruit au freinage et en temps normal, accompagné d'une perte d'efficacité au freinage en raison de la réduction de la surface de la piste de freinage</p>	<p>Remplacer les plaquettes et les disques</p>	
<p>Souillure de la surface du disque - glaçage et/ou taches sombres</p>	<p>Des résidus de garniture se sont déposés sur la surface du disque. Ceci se produit généralement lorsque des plaquettes de frein de mauvaise qualité ont été montées</p>	<p>Vibrations, manque d'efficacité du freinage et pédale dure</p>	<p>N'installer que des plaquettes de frein de bonne qualité avec un matériau de friction adapté au frein et au véhicule</p>	

<p>Usure excessive. L'épaisseur du disque est inférieure à l'épaisseur minimale</p>	<p>Les disques n'ont pas été vérifiés régulièrement ou changés en temps utile</p>	<p>Réduction des performances, vibrations et bruit excessif au freinage</p>	<p>Remplacer les composants défectueux et monter de nouveaux disques</p>	
<p>Usure irrégulière des surfaces de freinage. Points bleus au centre de la piste de freinage. Apparition éventuelle de fissures</p>	<p>En raison d'un mauvais montage de l'étrier et/ou des plaquettes, celles-ci peuvent se trouver à des angles différents du disque, chaque côté s'usant à son propre rythme. Les points bleus proviennent d'une surchauffe localisée importante aux points de friction</p>	<p>Apparition progressive de vibrations dues aux « coups de feu ». Réduction probable de l'efficacité de freinage</p>	<p>Vérifier l'étrier et le remplacer si nécessaire. Remplacer les plaquettes en vérifiant que le type et la forme conviennent à l'application</p>	
<p>Le disque présente une coloration d'intensité et de teintes (bleu, violet, doré) variables</p>	<p>Mauvais rodage. Sur de nouvelles installations, il est normal de constater de légères variations sur la surface entre la plaquette et le disque. Si le rodage n'a pas été effectué correctement, une surchauffe se produit sur les surfaces de friction entraînant un changement de propriété du métal sur la surface de frottement</p>	<p>Frein peu efficace en raison de la friction réduite. Les vibrations éventuelles peuvent diminuer la durée de vie de la plaquette et du disque</p>	<p>Remplacer les disques puis respecter la procédure de rodage appropriée, c'est-à-dire une utilisation modérée du frein pendant les 200 premiers kilomètres</p>	

<p>Cassures radiales/points bleus correspondant aux baies de ventilation</p>	<p>Les points bleus sont symptomatiques de fissures remontantes, lesquelles sont causées par un changement des propriétés du métal en surface qui devient dur et cassant. Cela est caractéristique d'une surcharge des freins au-delà des limites normales de conception. Cela peut être le résultat d'une utilisation intensive ou inhabituelle du frein, par ex. une conduite agressive ou un chargement trop lourd</p>	<p>Évanouissement des freins/réduction des performances de freinage, bruit, vibrations</p>	<p>Remplacer les disques, éviter une utilisation abusive du système de freinage et utiliser à meilleur escient le frein moteur</p>	
<p>Le disque très utilisé présente des rainures superficielles</p>	<p>En raison d'une usure excessive ou complète de la plaquette de frein, le support de cette dernière entre en contact avec le disque (métal contre métal), ce qui endommage la surface du disque.</p>	<p>Efficacité de freinage très faible/ accroissement des distances d'arrêt et bruit grinçant</p>	<p>Remplacer les disques et les plaquettes. Le cas échéant, vérifier que le circuit du voyant d'usure de plaquette fonctionne correctement</p>	
<p>Rainures profondes entre le bol et la surface du disque</p>	<p>Une usure excessive de la plaquette et du disque peut entraîner un mouvement de la plaque de support à l'intérieur de l'étrier. Dans ce cas, le support de la plaquette usée s'est desserré de son assise dans l'étrier, en-</p>	<p>Longue course de pédale avec une efficacité de freinage très faible et un bruit important</p>	<p>Remplacer les disques et les plaquettes. Vérifier l'étrier et le remplacer si nécessaire</p>	

	traînant la formation de rainures entre le bol et la surface du disque			
--	--	--	--	--

**Tableau V.4 :** Les défaillances du disque de frein.

#### V.II.4. Les étriers de frein

L'étrier de frein pour les voitures joue un rôle important dans le système de freinage. Il doit donc être en bon état pour garantir la sécurité de l'automobiliste lors de la conduite. Voyons plus précisément les raisons qui peuvent entraîner sa défectuosité et les solutions possibles.

Type de panne ou problème rencontré	Causes	Solutions
Usure anormale et/ou dissymétrique des plaquettes : -a- usure côté piston -b- usure côté opposé	-a- Fuite possible du flexible -b- Guidage des plaquettes Etat des colonnettes	Remplacer l'étrier et le flexible
Les freins se bloquent et/ou ne se desserrent pas	Joint caoutchouc des cylindres gonflés. Liquide de frein inadapté	-Changer le liquide de frein. -Si la panne se reproduit, changer l'étrier.
Rayures ou traces d'usure dans l'alésage ou sur le piston	Joint usés.	Remplacer l'étrier.
La colonnette coulisse mal dans son guide.	Entrée de corps étrangers	Nettoyer et lubrifier. En cas de persistance du problème, remplacer l'étrier.
Course de pédale de frein longue	Circuit de frein mal purgé.	Purger le système. En cas de réapparition de bulles d'air, remplacer l'étrier.

**Tableau V.5 :** Les défaillances des entrées de frein.

### V.II.5. Maître-cylindre

Maître-cylindre de frein convertissent la pression exercée par les pieds du conducteur en pression hydraulique, qui déplace les autres périphériques dans le système de freinage pour ralentir la voiture. Maîtres-cylindres peuvent échouer pour plusieurs raisons, qui peuvent affecter l'efficacité du freinage, Signes d'insuffisance de maître-cylindre comprennent un voyant de frein. Taches humides apparaissant sous le wagon et les problèmes de freinage peuvent aussi indiquer l'échec de maître-cylindre. La défaillance de maître-cylindre peut causer plusieurs problèmes :

- Déséquilibre du véhicule pendant le freinage.
- Freinage non efficace (on risque à avoir des accidents et des dérapages avec le véhicule).

Symptômes	Causes	Solution
-Une pédale de frein affaissée ou spongieuse. -Une pédale de frein difficile à enfoncer. -Une fuite du circuit hydraulique de freinage que du maître-cylindre lui-même.	-Usure de piston utilisé pour alimenter le circuit hydraulique dans les circuits de maître-cylindre de freinage. -Le joint de piston entre la paroi du cylindre et le piston peut échouer. -Une fuite dans maître-cylindre. -Une conduite de frein ont été pinçés dans le liquide de frein empêcher la pression hydraulique de libérer vers le maître-cylindre.	-Répartition d'étanchéité dans le maître-cylindre. -Changement de joint de piston -Vérification de la conduite de frein dans le liquide de frein. -Changement de maître-cylindre.

**Tableau V.6 :** Les défaillances de Maître-cylindre.

### V.II.6. Maintenance préventive

#### V.II.6.1. Maintenance préventive conditionnelle (les voyants)

Comme vous saviez que le système de freinage a des témoins sur le tableau de bord, il défaire d'une véhicule à l'autre et chaque témoin à son rôle et le rôle principale c'est de indiquer le défaut, lors d'indication sur le tableau de bord sa vous dire que le système est défaillant et l'intervention doit être immédiat, on note deux type de défaut :

- Défaut temporaire : ce type de défaut est facile à résoudre, soit avec un scanner ou se défaut va disparaître avec le temps.
- Défaut Statique : ce type de défaut n'est pas comme le défaut temporaire il faudra une intervention de la maintenance pour corriger le défaut signaler.

#### **V.II.6.1.1. Le voyant du liquide de frein**

Le stockage du liquide de freins est assuré par un réservoir fixé sur le maître-cylindre. Ce réservoir, comportant deux marquages sur ses parois (mini et maxi), est fermé par un bouchon vissé. C'est lui qui intègre le capteur de niveau commandant le voyant de liquide de freins. Il comporte un flotteur qui, dans sa position la plus basse, active un contact alimentant électriquement le voyant de liquide de freins au combiné d'instruments.

Le voyant ne s'allume que lorsque le liquide de freins est à un niveau bas dans le réservoir. Il existe plusieurs causes possibles à son allumage :

- Une fuite du liquide de freins.
- Un niveau insuffisant du liquide mais sans fuite.
- Un dysfonctionnement du capteur de niveau.
- Mauvais position de capteur dans le réservoir.
- Problème de flotteur.

#### **Solution**

Vérifier le niveau de liquide dans le réservoir. S'il est conforme, vérifier le capteur s'il bien placier dans le réservoir si non vérifier le flotteur si non remplacez le capteur.

#### **V.II.6.1.2. Voyant d'ABS**

En liaison, avec le calculateur électronique du système antiblocage de frein, le voyant vous informe que la fonction est mise hors circuit. Le freinage est alors normal, sans ABS. Ce voyant s'allume quand on tourne le contact et doit s'éteindre au bout de quelques secondes.

Il existe plusieurs causes possibles à son allumage :

- Capteur de roue inopérant.
- Moyeu défectueux.
- Un défaut sur la ligne (court-circuit ou coupure faisceau – défaut connectique)
- Dysfonctionnement de l'ensemble du bloc hydraulique.
- Défaut d'alimentation.

**Solution**

- Contrôlés les captures de vitesse par un appareil de diagnostic.
- Si tous les captures son on bon vérifier le moyeu.
- Contrôle des alimentations du calculateur.
- Remplacement de l'ensemble bloc/calculateur.

**V.II.6.1.3. Exemple**

Défaillance Signalé sur une golf 2013 : Le Voyant d'ABS, ESP. Sont allumés sur le tableau de bord de véhicule.

Un scanner a été effectué sur le problème avec un appareil de diagnostic. Après la lecture de la fiche du scanne nous avons constaté que le problème est dans la capture de vitesse avant droit qui est défaillant, après la vérification du ce capteur nous avons trouvé que la seule solution est de remplacer le capture à cause de son endommagement (voir Annexe A).



**Figure V.3 :** Défaut signalé sur le tableau de bord.

**V.II.6.2. Maintenance préventive systématique**

Un programme de maintenance devra être établi, pour que le système soit en observation à chaque intervention sur le système de freinage, respecter systématiquement les points suivants :

1. Il est recommandé de faire vérifier et nettoyer le système de freinage de votre voiture au moins deux fois par année (à l'automne et au printemps) ou à un intervalle de 10 000 km.

2. Contrôle des pièces hydrauliques à partir du comportement de la pédale de freins.
3. A la mise du contact, contrôle des voyants (usure des plaquettes, niveau du liquide,...).
4. Contrôle de niveaux de liquide de frein dans le réservoir, chaque 20 000 km.
5. Contrôle des fuites externes.
6. Contrôle des feux de freinage. Chaque semaine.
7. Contrôle de l'étanchéité du maître-cylindre.
8. Contrôle à la pédale de frein de l'efficacité de l'assistance de freinage.
9. Contrôle visuel de l'état de surface des disques de frein et mesure de leur épaisseur  
Chaque un mois.
10. Contrôle de l'usure des plaquettes de frein. Chaque 30 000 km environ.
11. Contrôle de l'état mécanique des étriers ainsi que de leur étanchéité.
12. Contrôle de la bonne étanchéité des cylindres de roue ou des étriers.
13. Mesure du diamètre des tambours ainsi que leur état de surface ou contrôle des disques de frein arrière.
14. Contrôle de l'état de surface des mâchoires ou contrôle des plaquettes de frein. un contrôle préventif tous les 25 000 km est suffisant.
15. Contrôle du frein de stationnement (nombre de crans au levier et rattrapage automatique, état des câbles et gaines).
16. Contrôle de l'étanchéité et de l'état des flexibles et canalisations de frein.
17. Contrôle des voyants de système de freinage.

Action	La période
Changement de liquide de frein	Chaque 2ans ou chaque 50 000 km ou voyant d'usure de plaquette.
Changement des plaquettes de frein	Chaque 2ans ou chaque 50 000 km
Changement des disques de frein	Chaque 80 000 km
Changement des mâchoires de tambour	Chaque 50 000 km

**Tableau V.7 :** Changement systématique des composants de freinage.

**Remarque :**

Chaque changement des pièces présenté dans le tableau doit être suivi par une remise à zéro dans l'ordinateur de bord par l'appareil de diagnostic.

# *Conclusion Générale*

Après une durée de stage de six semaines au sein de l'entreprise AUTOVAL-Bejaia, nous avons constaté que Volkswagen a donné un grand degré d'importance au système de freinage et de stabilité dans leur construction automobile avec l'intégration de L'ESP ,ABS ,CBC, et les autres systèmes de stabilité dans ses véhicules. Comme résultat, nous constatons que leurs véhicules sont devenus plus confortables, plus sûrs et plus stables lors de la conduite.

L'étude statique et dynamique d'une Golf 2013 a montré que tous les organes du système de freinage participent progressivement pour que le freinage soit efficace, et nous avons constaté que la distance de freinage ne dépend que de la vitesse et du coefficient d'adhérence, et nous avons constaté aussi que la dépression de moteur, les diamètres des pistons et la déformations du la pédale de frein aident le conducteur à multiplier ces efforts de l'ordre 12 fois.

En effet, le système de freinage défectueux présente un risque grave pour la sécurité lorsque vous êtes sur la route. Heureusement, les problèmes de frein peuvent souvent être détectés avant qu'ils ne deviennent graves, si les conducteurs savent quelques-uns des signes avant-coureurs. Les choses à surveiller comprennent des sons ou des odeurs inhabituelles, ainsi que l'incapacité à arrêter la voiture aussi facilement ou aussi bien.

Suite à une défaillance constatée, le diagnostic devient une phase importante de la maintenance. En effet, de sa pertinence et de sa rapidité dépend l'efficacité de l'intervention. Une fois que le sous-système fonctionnel défaillant est identifié, il est alors nécessaire de procéder à un découpage fonctionnel qui permet d'identifier tous les éléments du sous-système. Ensuite tous les modes de défaillance possibles sont répertoriés afin de tester tous les causes possibles en suivant un ordre basé sur la rapidité, l'accessibilité et la probabilité. Afin d'être efficace, nous nous sommes aidés pour la méthode d'Ishikawa, elle nous a permis de recenser toutes les causes possibles de certaines défaillances les plus courantes dans le système de freinage.

Ensuite, la Résolution des défaillances de système de freinage à chaque fois que des signes, de dommage ou autre dysfonctionnement de frein sont remarqués. Les causes courantes de problèmes de freins proviennent de composants endommagés ou usés du système de freinage ou d'un niveau insuffisant de liquide de frein. Si vous êtes incapable de discerner la cause des problèmes des freins, vérifier les composants individuels et remplacer toute pièce trouvée dans le besoin de réparation ou de remplacement. Le respect des

échéances de la maintenance préventive joue un rôle important car elle permet de réduire la probabilité de défaillance et d'améliorer la fiabilité de système.

En fin, ce travail nous a permis d'acquérir une expérience très bénéfique, ce fut une occasion pour nous de se familiariser avec l'environnement du travail et de la vie professionnelle, d'élargir et d'approfondir nos connaissances sur le système de freinage.

# *Références bibliographiques*

### Références Bibliographiques

- [1] Programme autodidactique 264, << Assistance au freinage d'urgence >>. Autoval, document interne de Volkswagen, 2013.
- [2] [http://www4.ac-nancy-metz.fr/autocompetences/2\\_ressources\\_pedagogiques/4\\_freinage/stockage\\_le%20ons\\_technologie/freinage\\_Miard.pdf](http://www4.ac-nancy-metz.fr/autocompetences/2_ressources_pedagogiques/4_freinage/stockage_le%20ons_technologie/freinage_Miard.pdf), consulté le 14/01/2018.
- [3] <http://retrotech.free.fr/technologie/freinage/03.pdf>, consulter le 21/01/2018.
- [4] [http://blog.ac-versailles.fr/tmvm120092010techno/public/blowup-images/Cours\\_pdf/Freinage.pdf](http://blog.ac-versailles.fr/tmvm120092010techno/public/blowup-images/Cours_pdf/Freinage.pdf), consulté le 21/01/2018.
- [5] Olivier FAZIO. << Amélioration de la prédictivité des calculs de crissement de frein >>, thèse de doctorat, l'école centrale de LYON, 2016.
- [6] [http://cerveauabord.ca/Ressources\\_du\\_programme/Vehicle\\_Safety\\_Features\\_Fact\\_Sheet\\_Fr\\_ABS\\_2.pdf](http://cerveauabord.ca/Ressources_du_programme/Vehicle_Safety_Features_Fact_Sheet_Fr_ABS_2.pdf), consulté le 22/01/2018.
- [7] Maintenance des véhicules, << Diagnostic sur systèmes mécaniques >>, Peugeot 207 1.6 HdI 2014-2017.
- [8] Programme autodidactique 204, << ESP Programme électronique de stabilité >>. Autoval, document interne de Volkswagen.
- [9] Programme autodidactique 88, Skoda service. << Systèmes de freinage et de stabilisation >>, document interne de Volkswagen.
- [10] François M. << Maintenance - Méthodes et organisations >>, Dunod, Paris, 2000.
- [11] Perrot J. -c. << Maintenance préventive dans les ateliers d'usinage >>, Cetim, Paris, 1995.
- [12] Dr LAGGOUNE R. cours << Maintenance >>, université A-Mira Bejaia, 2006/2007.
- [13] Programme autodidactique 381, Audi TT Coupé 07, << Liaisons au sol >>, Autoval, document interne de Volkswagen.

[14] <http://www.innovation.public.lu/fr/innover/gestion-innovation/resolution-probleme/diagrammeishikawa-fr.pdf>, consulté le 20/05/2018.

[15] Programme autodidactique 515, La Golf 2013, << Trains roulants et transmission intégrale >>, Autoval, document interne de Volkswagen.

[16] <http://www.ferodo.fr/content/dam/marketing/emea/ferodo/pdf/catalogues/Ferodo-2015-2016.pdf>, consulté le 23/05/2018.

[17] [http://www.autoclubaix.com/fileadmin/documents/2017\\_CT/IT\\_VL\\_F1A-FREINAGE-090317.pdf](http://www.autoclubaix.com/fileadmin/documents/2017_CT/IT_VL_F1A-FREINAGE-090317.pdf), consulté le 23/05/2018.

# *Annexes*

## Annexe A

## Liste des enregistrements d'événements

Numéro de WVVZZZAUZDP080472  
 châssis:  
 Constructeur: Volkswagen  
 Modèle: 5G/BA/BC/BE/BQ/BV/BX  
 - Golf 2013 >

Millésime: 2013 (D)  
 Version: Berline  
 Moteur: Toutes les lettres-repères moteur



Electronique moteur (01 - Electronique moteur 1,6-2,0 TDI EU4) (04L906021EE 5225 R4 2,0L EDC 04L907309C H22)

12888 U041500 Calculateur de freins ABS Signal non plausible (00100111 actif/statique)

- 17158 U112300 Bus de données valeur de défaut reçue (00100111 actif/statique)

Electronique de freins (03 - Électronique des freins) (5Q0907379AC 0437 ESC 5Q0907379D H75)

56 C101B01 Capteur de vitesse AV D Défaut électrique (10001001 actif/statique)

- 16390 C114602 Indicateur de contrôle de la pression des pneus Défaut de signal (10001001 actif/statique)

32993 C10E2F0 Calculateur de frein de stationnement électromécanique Capteur de vitesse, signal non plausible (00001001 actif/statique)

ass. dir. (44 - Direction assistée) (5Q0909144L 1021 EPS\_MQB\_ZFLS 5Q0909144L 119)

- 19716 U112300 Bus de données valeur de défaut reçue (00101111 actif/statique)

- 20228 U112300 Bus de données valeur de défaut reçue (00101111 actif/statique)

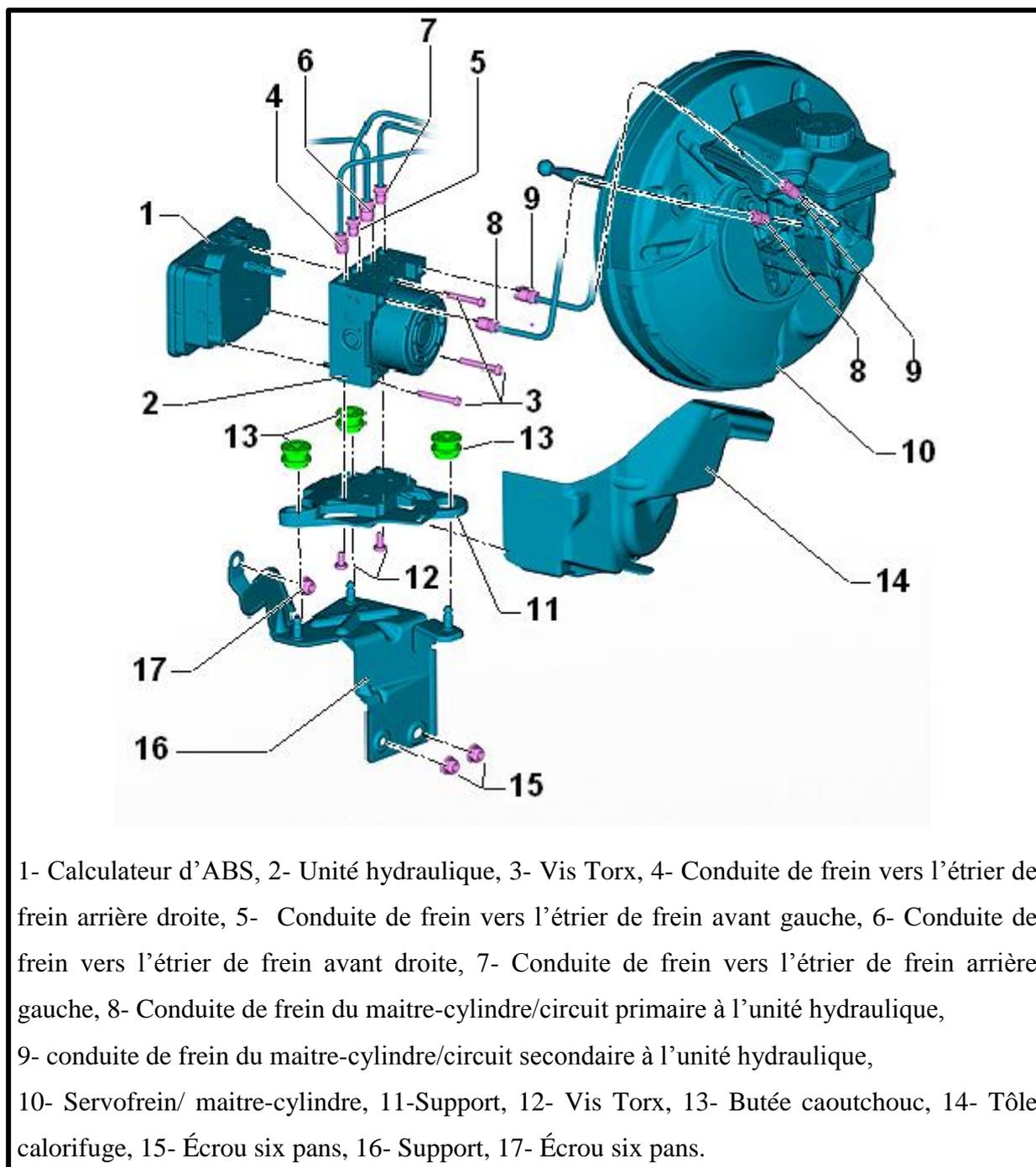
- 20740 U112300 Bus de données valeur de défaut reçue (00101111 actif/statique)

Liste des enregistrements d'événements			
Numéro de châssis:	WVWZZZAUZDP080472	Millésime:	2013 (D)
Constructeur:	Volkswagen	Version:	Berline
Modèle:	5G/BA/BC/BE/BQ/BV/BX - Golf 2013 >	Moteur:	Toutes les lettres-repères moteur
Réglage du site des projecteurs (55 - Réglage du site des phares) (7P6907357A 0080 AFS-ECU 7P6907357A H07)			
- 13705986 U112300 Bus de données valeur de défaut reçue (10001001 actif/statique)			
Aide au stationnement (76 - Aide au stationnement) (5Q0919294C 0033 PARKHILFE 8K 5Q0919294A H02)			
- 13637426 U112300 Bus de données valeur de défaut reçue (00001001 actif/statique)			
Verrouillage de colonne de direction (2B - Verrouillage de colonne de direction) (5Q0905861 0010 ELV-MQBA 5Q0905861 H06)			
- 13637378 U112300 Bus de données valeur de défaut reçue (00001001 actif/statique)			

Figure A : Fiche de scanne.

## Annexe B1

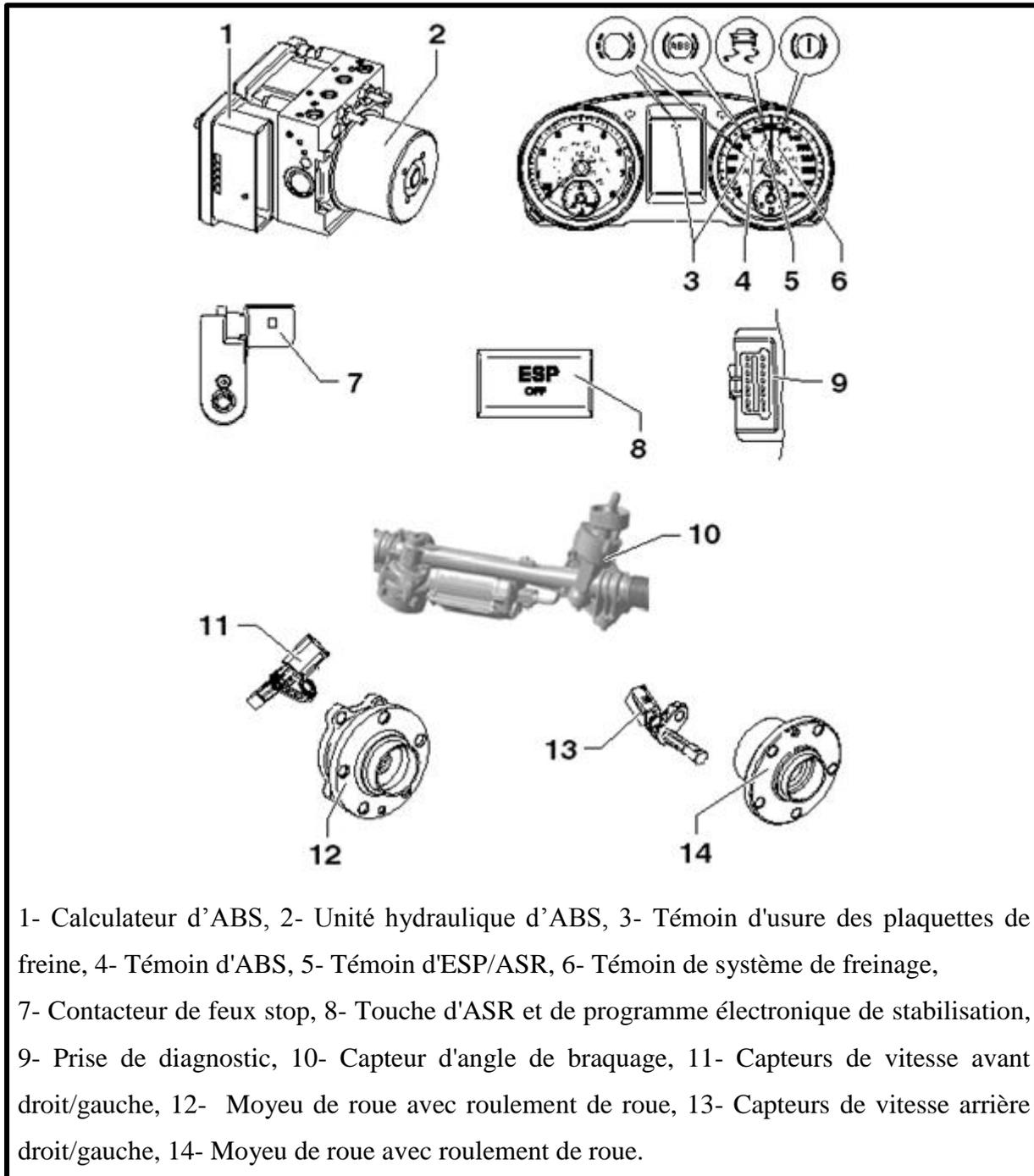
## Calculateur et unité hydraulique :



**Figure B1 :** Vue d'ensemble du montage de calculateur et d'unité hydraulique.

## Annexe B2

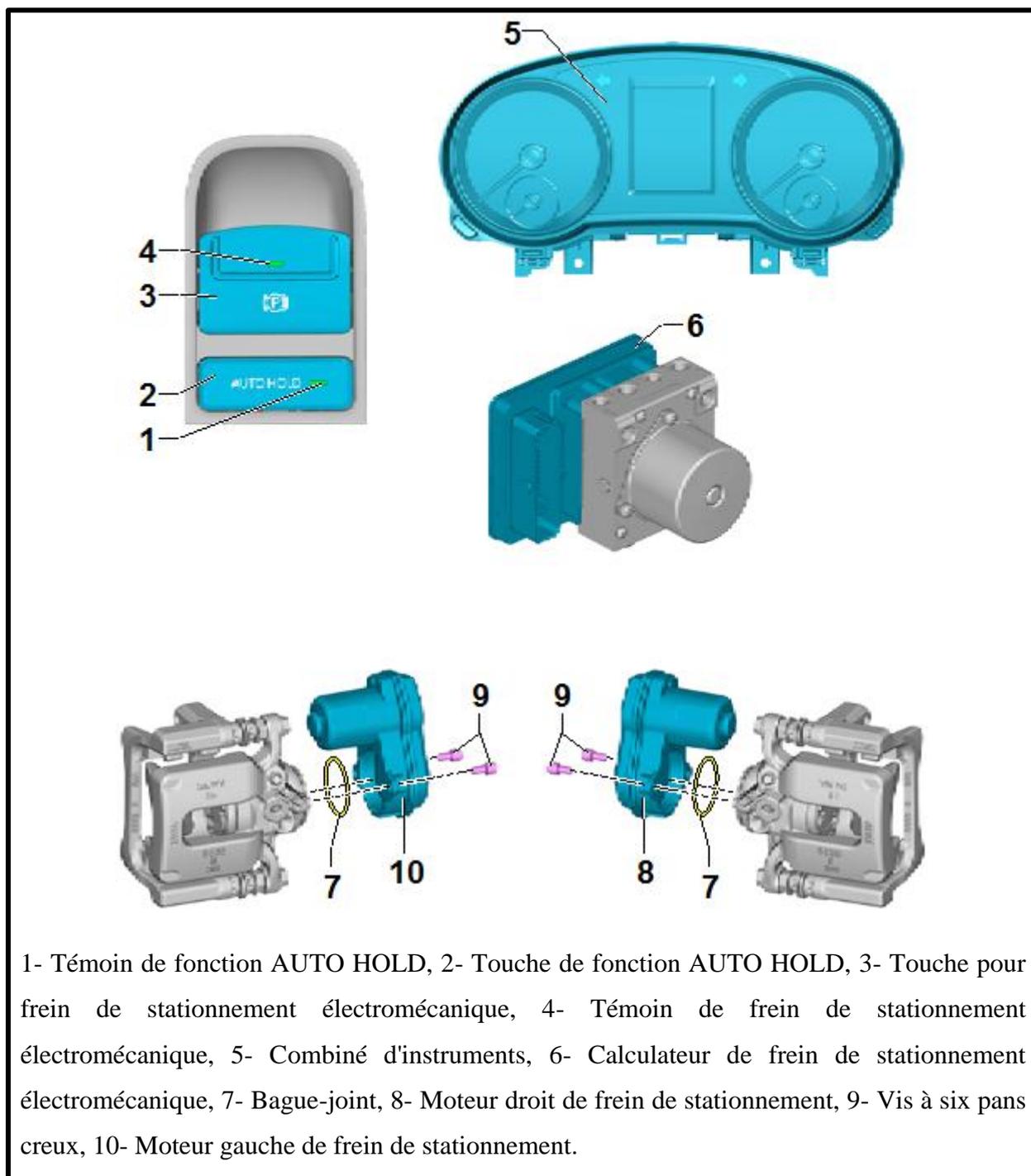
## ABS/ESP :



**Figure B2 :** Vue d'ensemble des emplacements de montage d'ABS/ESP.

## Annexe B3

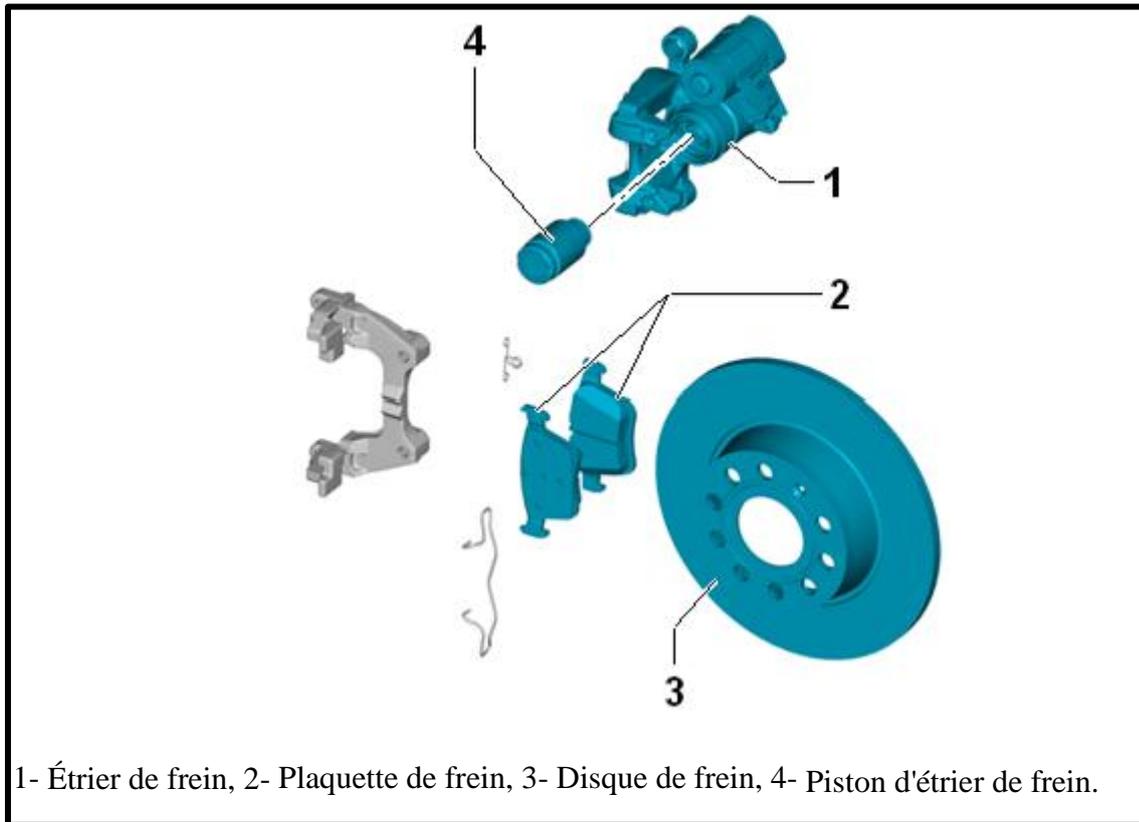
## Frein de stationnement :



**Figure B3 :** Vue d'ensemble des emplacements de montage du frein de stationnement.

**Annexe B4**

Frein avant et arrière :

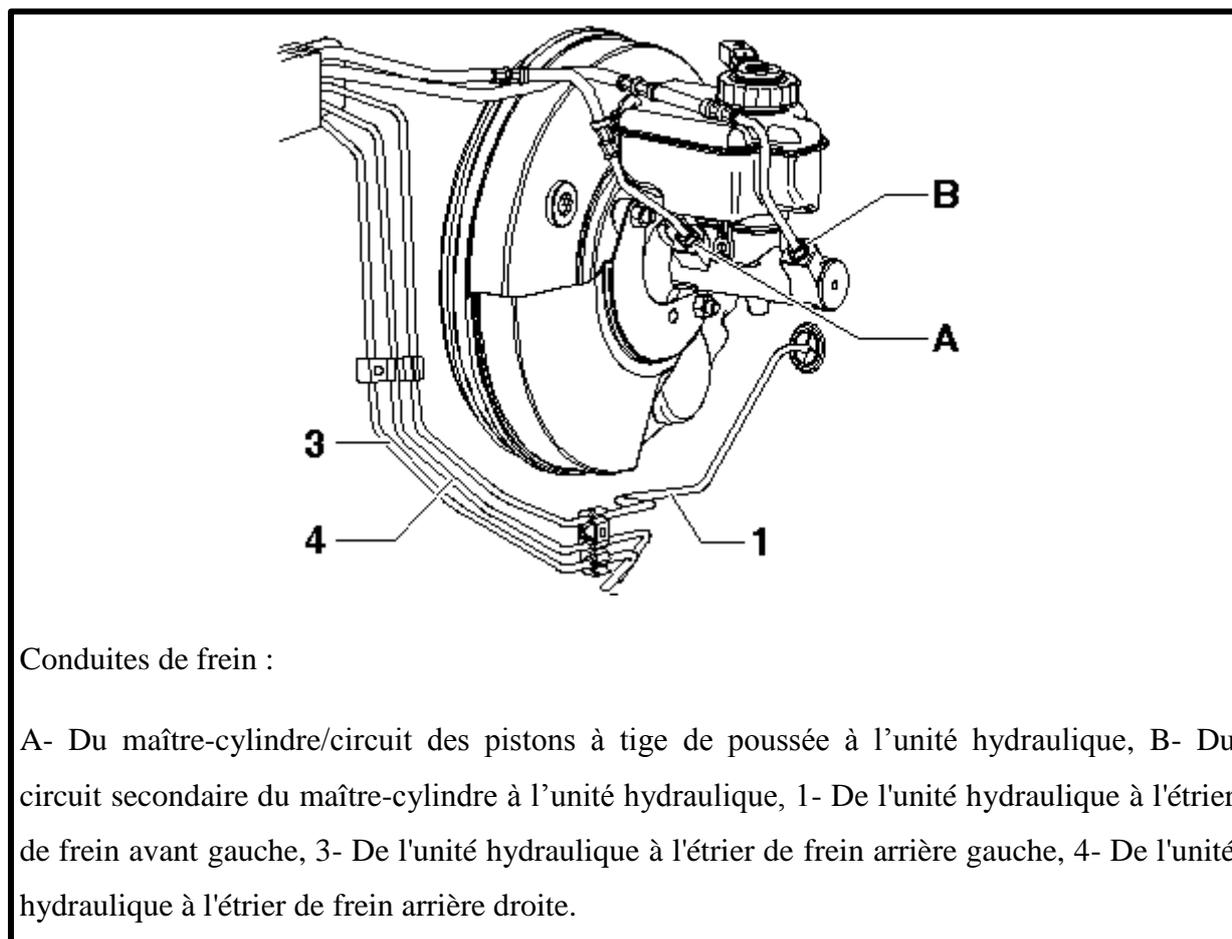


1- Étrier de frein, 2- Plaquette de frein, 3- Disque de frein, 4- Piston d'étrier de frein.

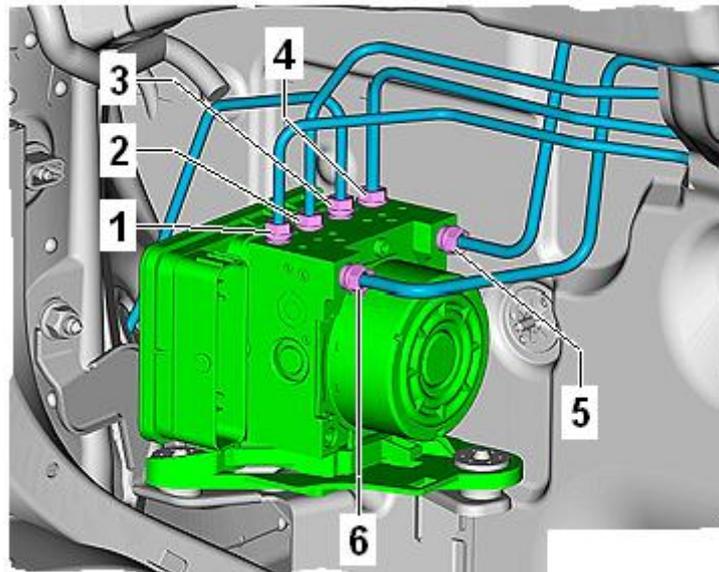
**Figure B4 :** Vue d'ensemble des emplacements de montage du frein avant et arrière.

## Annexe B5

## Conduites de frein : branchement sur l'unité hydraulique



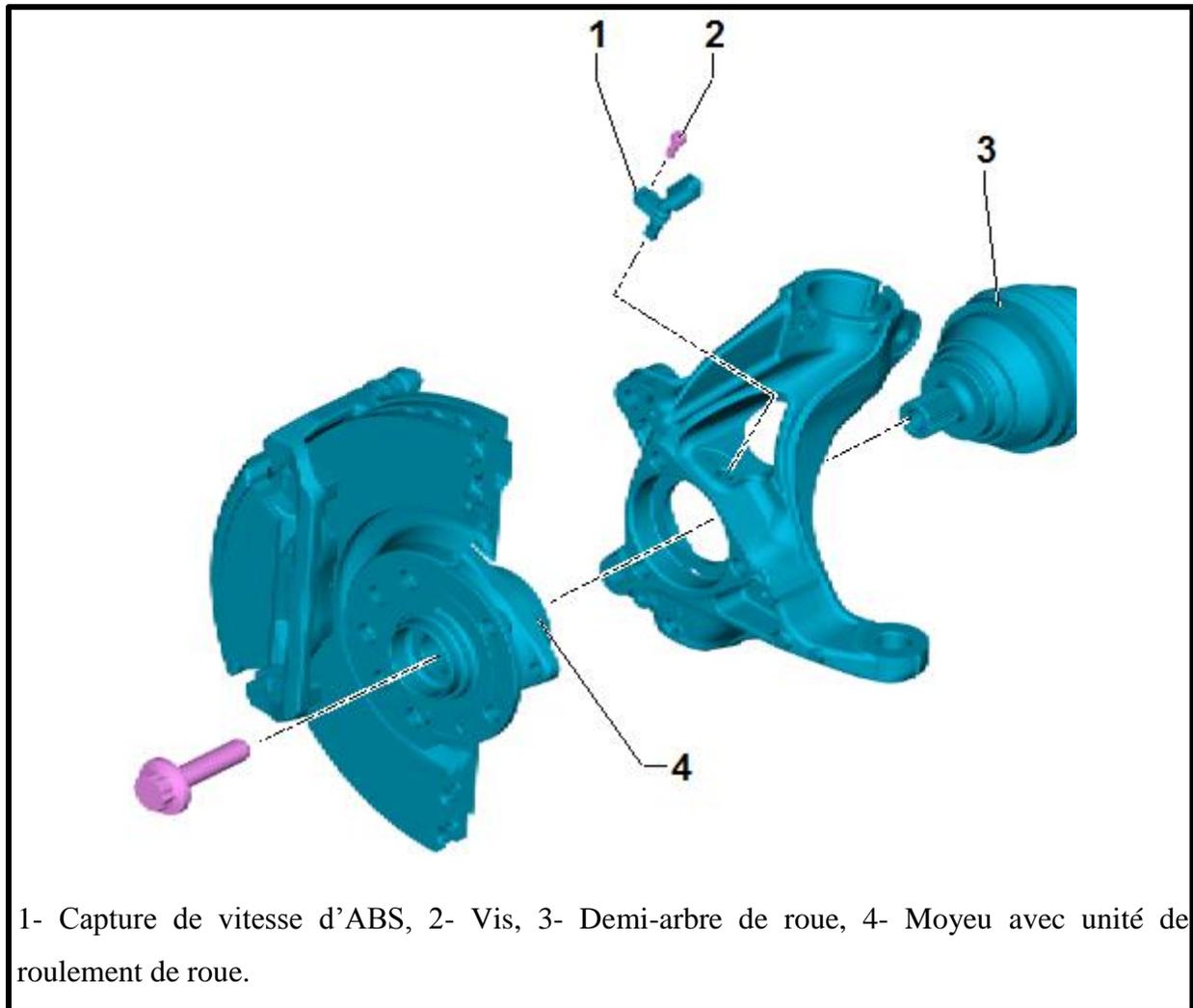
**Figure B5.1 :** Vue d'ensemble des emplacements des conduites de frein sur le maître-cylindre tandem.



Conduites de frein :

1-De l'unité hydraulique à l'étrier de frein arrière droite, 2- De l'unité hydraulique à l'étrier de frein avant gauche, 3- De l'unité hydraulique à l'étrier de frein avant droite, 4- De l'unité hydraulique à l'étrier de frein arrière gauche, 5- De l'unité hydraulique au circuit secondaire du maître-cylindre, 6- De l'unité hydraulique au circuit primaire du maître-cylindre.

**Figure B5.2 :** Vue d'ensemble des emplacements des conduites de frein sur l'unité hydraulique.

**Annexe B6****Capteur de vitesse sur l'essieu avant :****Figure B6 :** Vue d'ensemble du montage capteur de vitesse sur l'essieu avant.

## *Résumé*

Dans ce modeste travail nous avons traité le problème d'étude et maintenance du système de freinage des automobiles de la marque Volkswagen. Notre objectif principal consiste à faire une étude statique et dynamique de freinage chez Volkswagen, ainsi que l'analyse de défaillances de ses éléments par l'utilisation de la méthode d'Ishikawa. Quelques suggestions de maintenance du système de freinage ont été également données.

---

## *Abstract*

In this modest work we treated the problem of study and maintenance of the braking system of automobiles of the Volkswagen brand. Our main objective is to make a static and dynamic braking study at Volkswagen, as well as the analysis of failures of its elements by the use of Ishikawa's method. Some suggestions for maintenance of the braking system have also been given.

---

## *ملخص*

في هذا العمل المتواضع تعاملنا مع مشكلة دراسة وصيانة نظام الكبح لسيارات فولكس فاجن. هدفنا الرئيسي هو إجراء دراسة فرملة ثابتة وديناميكية في فولكس فاجن ، وكذلك تحليل إخفاقات عناصرها باستخدام طريقة إيشيكافا. كما تم تقديم بعض الاقتراحات لصيانة نظام الكبح.