

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur  
et de la Recherche Scientifique  
Université Akli Mohand Oulhadj - Bouira -  
Tasdawit Akli Muḥend Ulḥağ - Tubirett -



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة أكلي محمد أولحاج  
- البويرة -

Faculté des Sciences et des Sciences Appliquées

كلية العلوم والعلوم التطبيقية

Référence : ...../MM/2021

المرجع : ...../م/م / 2021

## Mémoire de Master

Présenté au

**Département** : Génie Électrique  
**Domaine** : Sciences et Technologies  
**Filière** : Electromécanique  
**Spécialité** : Electromécanique

Réalisé par :

Louggani Amine

## Thème

---

### Commande hybride d'un système de freinage ABS

---

Soutenu le: 06 / 11 / 2021

Devant la commission composée de :

Mr :	LADJOUZI SAMIR	M.A.A.	Univ. Bouira	Président
	LATRECHE SADJIA	M.A.A	Univ. Bouira	Rapporteur
	DJEBIRI MUSTAPHA	M.A.A	Univ. Bouira	Examineur

---

Année Universitaire : 2020-2021

## *Remerciements*

Ce travail a été effectué au sein du Département des Sciences et sciences appliquées de l'Université de Bouira.

Nous remercions Allah le tout puissant, qui nous a donné la force et la patience pour l'accomplissement de ce travail.

Je tiens à remercier, en premier lieu, Mm. **LETRECHE SADJIA** Directeur de ce mémoire.

Je remercie également tous les membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail :

Enfin, j'associe à ces remerciements tous ceux qui ont contribué à réaliser ce travail.

## Résumé

Les dispositifs de sécurité tels que les systèmes de freinage antiblocage (ABS) sont devenus une caractéristique essentielle des véhicules routiers. Les ABS sont conçus dans le but de maintenir le patinage des roues à la valeur requise lors d'un freinage brusque pour assurer la capacité de direction et l'anti-dérapiage du véhicule. Des facteurs tels que le type de surface de la route, la pression des pneus, la masse du véhicule, etc., font que le patinage des roues requis change continuellement. Par conséquent, le contrôle du patinage des roues reste toujours une tâche difficile. Cette situation conduit à un besoin de conception d'un contrôleur, qui sera capable face à ces incertitudes.

L'un des contrôleurs qui peut traiter les incertitudes paramétriques et de modélisation est le contrôleur à mode glissant (SMC). La logique floue est un système basé sur la connaissance qui est très utile pour gérer les systèmes dont les modèles ne sont pas développés de manière complète ou précise ou dont les informations sur le système sont incertaines. Dans cet article, un contrôleur de mode glissant flou (FSMC) robuste et adaptatif est proposé pour un modèle ABS de laboratoire en combinant la logique floue avec un contrôleur de mode glissant.

Mots-clés : Système de freinage antiblocage ; contrôle de logique floue ; contrôle de mode de glissement flou ; contrôle du mode glissant.

## Abstract

Safety devices such as anti-lock braking systems (ABS) have become an essential feature of road vehicles. ABS are designed to maintain wheel slip at the required level during hard braking to ensure the vehicle's steering ability and anti-skid performance. Factors such as road surface type, tire pressure, vehicle mass, etc., cause the required wheel slip to change continuously. Therefore, controlling wheel slip is always a difficult task. This situation leads to a need for designing a controller, which will be able to cope with these uncertainties.

One of the controllers that can deal with parametric and modeling uncertainties is the sliding mode controller (SMC). Fuzzy logic is a knowledge-based system that is very useful for handling systems whose models are not fully or accurately developed or whose information about the system is uncertain. In this paper, a robust and adaptive fuzzy sliding mode controller (FSMC) is proposed for a laboratory ABS model by combining fuzzy logic with a sliding mode controller.

Keywords: anti-lock braking system; fuzzy logic control; fuzzy sliding mode control; sliding mode control.

## المخلص

أصبحت أجهزة السلامة مثل أنظمة المكابح المانعة للانغلاق (ABS) ميزة أساسية لمركبات الطرق. تم تصميم نظام ABS للحفاظ على دوران العجلات بالقدر المطلوب أثناء الكبح الشديد لضمان قدرة السيارة على التوجيه ومقاومة الانزلاق. تتسبب عوامل مثل نوع سطح الطريق وضغط الإطارات وكتلة السيارة وما إلى ذلك في تغيير انزلاق العجلة المطلوب باستمرار. لذلك، يظل التحكم في انزلاق العجلة دائماً مهمة صعبة. يؤدي هذا الموقف إلى الحاجة إلى تصميم وحدة تحكم تكون قادرة على مواجهة هذه الشكوك.

تعتبر وحدة التحكم في الوضع المنزلق (SMC) إحدى وحدات التحكم التي يمكنها التعامل مع أوجه عدم اليقين البارامترية والنمذجة. المنطق الضبابي هو نظام قائم على المعرفة مفيد جدًا لإدارة الأنظمة التي لم يتم تطوير نماذجها بشكل كامل أو دقيق أو معلومات نظامها غير مؤكدة. في هذه المقالة ، تم اقتراح وحدة تحكم في الوضع الانزلاقي الغامض (FSMC) قوية وقابلة للتكيف لنموذج في من خلال الجمع بين المنطق الضبابي ووحدة التحكم في الوضع المنزلق.

## *Table des matières*

<b>Remerciements</b> .....	I
<b>Résumé</b> .....	II
<b>Table des matières</b> .....	IV
<b>Listes des figures</b> .....	VI
<b>Liste des tableaux</b> .....	VI
<b>Introduction générale</b> .....	1
<b>Chapitre 01 : la bibliographie et historique de frein ABS</b> .....	3
1 Introduction .....	4
2 Le système de freinage classique .....	4
2.1 Les types des freins.....	5
2.1.1 Le frein tambour .....	6
2.1.2 Le frein à disque .....	6
2.2 Limites et défaillance des systèmes de freinage classiques :.....	8
3 Historique sure l'ABS :.....	8
4 Le frein ABS :.....	10
4.1 Définition :.....	10
4.2 Principe de fonctionnement :.....	11
4.3 Composantes de l'ABS :.....	13
4.3.1 L'unité de contrôle électronique (ECU) :.....	14
4.3.2 Le modulateur de pression : .....	14
4.3.3 Capteurs de vitesse des roues :.....	15
4.3.4 Témoin ABS :.....	15
5 Différents types de montage de L'ABS : .....	16
6 Les buts du le system ABS :.....	17
7 Conclusion :.....	17
<b>Chapitre 02 : La mécatronique de system ABS et le modèle général utilisé</b> .....	18
1 Introduction :.....	19
2 Le freinage : .....	19
2.1 Le glissement :.....	19
2.2 Relation entre les coefficients de freinage $\mu_F$ et le glissement $\lambda$ : .....	21
3 Modèle générale d'un ABS :.....	22
3.1 Le contrôle :.....	25

4	Conclusion :.....	26
<b>Chapitre 03 : les techniques de commande robustes mode glissant et la logique flou hybride.....</b>		
1	Introduction :.....	28
2	Commande en mode glissant : .....	28
2.1	Objectifs de la commande mode glissant (CMG) : .....	28
2.2	Modes de la trajectoire dans le plan de phase : .....	29
2.3	Conception de la commande par mode glissant : .....	30
2.4	Choix de la surface de glissement : .....	30
2.5	Conditions d'existence du mode glissant : .....	31
2.6	Calcul de la commande : .....	31
2.7	Broutement (chattering) :.....	32
2.8	Solutions pour atténuer le phénomène de réticence : .....	32
3	La logique flou ( fuzzy logic) :.....	33
3.1	Historique sur la logique floue : .....	33
3.2	Généralités sur la logique floue :.....	33
3.3	Fuzzification :.....	34
3.4	Inférence :.....	35
3.5	Défuzzification : .....	36
4	La commande mode glissant hybride flou .....	36
5	Conclusion.....	37
<b>Chapitre 04 : Discussion des résultats de la simulation.....</b>		
1	Introduction .....	39
2	Simulation sons ABS .....	39
3	Command Mode glissant.....	40
3.1	Simulation avec command en mode glissant.....	42
4	Logique flou mode glissant.....	43
4.1	Conception d'un contrôleur flou : .....	44
4.2	Simulation avec command mode glissant logique flou .....	46
<b>Conclusion générale .....</b>		
<b>Bibliographie.....</b>		
		48

### *Listes des figures*

Figure 2:I system de freinage classique .....	5
Figure 2:II types de frein .....	5
Figure 3:I évolution des technologies ABS.....	10
Figure 4:I le system de frein ABS .....	11
Figure 4:II fonctionnement d'un ABS .....	13
Figure 4:III l 'unite de controle electronique ECU .....	14
Figure 4:IV modulateur de pression.....	14
Figure 4:V capture de vitesse .....	15
Figure 5:I dispositif 4 canaux -4 capteurs .....	16
Figure 5:II dispositif 3 canaux-3 capteurs.....	16
Figure 5:III dispositif 3canaux - 4 capteurs + stratégie.....	16
Figure 2:I cinématique d'une roue en rotation et translation.....	20
Figure 2:II relation entre les coefficients de freinage et de glissement pour des différentes surfaces.....	21
Figure 3:I modèle de véhicule trimestre.....	22
Figure 3:II schéma de principe de système d'asservissement .....	25
Figure 3:III les équations dynamiques du véhicule.....	26
Figure 2:I différents modes de trajectoire dans le plan de phase .....	29
Figure 2:II le phenomene de broutement .....	32
Figure 3:I system logique flou .....	34
Figure 3:II deferentes formes des fonctions d'appartenance .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 4:I l'implantation des deux controles .....	37
Figure 2:Ivitesse du vehicule et vitesse des roues.....	39
Figure 2:II le glissement.....	39
Figure 3:I le glissementrelatif avec la commande mode glissant.....	42
Figure 3:II vitesse du vehicule et vitesse des roues avec (SMC) .....	42
Figure 4:I le model d'implantation de FSMC pour un ABS.....	43
Figure 4:II fonctions d'appartenances des entrees.....	44
Figure 4:III fonction d'appartenances de la sortie .....	44
Figure 4:IV le comportement de glissemet avec la FSMC .....	46

### *Liste des tableaux*

Tableau 01 Coefficients pour états des routes.....	24
Tableau 02 : la signification des sous-ensembles flou.....	44
Tableau 03 : règles de contrôleur flou.....	44

## **Introduction générale**

Dans ce mémoire de master on a étudié la commande de système de freinage ABS par l'approche hybride tel que mode glissant flou hybride

Les accidents de la route tuent des dizaines de millions de personnes chaque année. Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), plus de 1,2 million de décès et pas moins de 50 millions de blessés sont enregistrés chaque année dans le monde.

Les systèmes du véhicule tels que l'ABS (Antilock Braking System) et l'ESP (Programme d'Electro Stabilizer) représentent une avancée importante dans le domaine de la sécurité routière. Il s'agit de sécurités anti-patinage actives qui améliorent le contrôle de traction d'un véhicule automobile en agissant sur le système de freinage ainsi que sur le couple moteur.

Ou début des années 70 en Allemagne le frein ABS est apparue comme une solution a les problèmes des freins classiques qui consiste de soit en distance de freinage (d'arrêt) et les déférentes situations dangereuse de conduit le glissement, l'instabilité de véhicule ou moment de freinage.

Alors le rôle principale de frein ABS est de corriger ou diminuée ces anomalies pour assurer la sécurité de conducteur.

La fonction de frein ABS est d'éviter le blocage des roues durant le freinage. Sous des conditions normales de freinage le conducteur peut contrôler les freins. Cependant durant un freinage difficile ou devant une route glissante, quand le conducteur freine le système antiblocage ne fonctionne plus. Le frein ABS corrige le freinage de la roue indépendamment de la force exercée sur la pédale de frein pour amener la vitesse des roues inferieure à un niveau du taux de glissement qui est nécessaire pour une performance optimale du freinage.

Le system antiblocage (ABS) à des composantes auxiliaires consiste des capteurs de roues de rotation de la roue, un modulateur hydraulique est une unité de contrôle électronique.

Le frein ABS a un système de contrôle qui module la pression du freinage en repense à la décélération de la roue et de la vitesse angulaire et ce pour prévenu la roue contrôlée d'être bloquer. Le contrôleur ABS est influencer par le comportement non linéaire de frein et des autres facteurs comme la pression des pneus, la masse de véhicule et le type de surface de la route.

Pour attendre le meilleur contrôle et la réponse au non linéarité de ce system on a fait une étude sur le system anti blocage en général et la commande hybride par mode glissant flou.

Pour atteindre l'étude sure ABS on a présenté ce mémoire qui est organisé comme suit :

- Chapitre 01 décrit la bibliographie et historique de frein ABS

Ou on a parlé sur le frein classique et ces complications qui a permettre la nescience de frein ABS et l'historique de ce dernier suivi de la présentation des différents systèmes de freinage et les différents types de freins, actuellement, utilisés sur les véhicules automobiles.

***Chapitre 01 : la bibliographie  
et historique de frein ABS***

## **1 Introduction**

Les véhicules est la moyen la plus utiliser de transport de nos jours est présente des risques a le conducteur, parmi les technologies utiliser dans les voitures pour atteindre un certain niveau de sécurité est l'utilisation de frein ABS.

Le frein ABS a pour rôle principale de corriger ou diminuer ces anomalies qui peuvent Amener le conducteur à être en danger.

Dans ce chapitre intituler la bibliographie (étas de l'art de frein ABS) présent l'historique de cette technologie sont principe de fonctionnement et l'architecture de frein ABS et ces différentes composantes.

Pour mieux comprendre l'ABS on parle avant sur le system de frein classique

## **2 Le système de freinage classique**

Avec un freinage conventionnel, le freinage progressif reste la meilleure option pour éviter le blocage des roues. En cas de freinage d'urgence, il n'est pas possible de contrôler la direction du véhicule pour éviter les obstacles. Cependant, les freins conventionnels sont encore moins chers à entretenir et à réparer.

Quand le conducteur exerce une force d'appui sur la pédale de frein il actionne le maitre-cylindre qui est un système piston cylindre rempli d'huile spécial frein, alors il est créé une pression à la sortie du maitre-cylindre [1].

Cette pression est transmise aux freins soit tombeur ou disque par un circuit hydraulique (figure 2 : I).

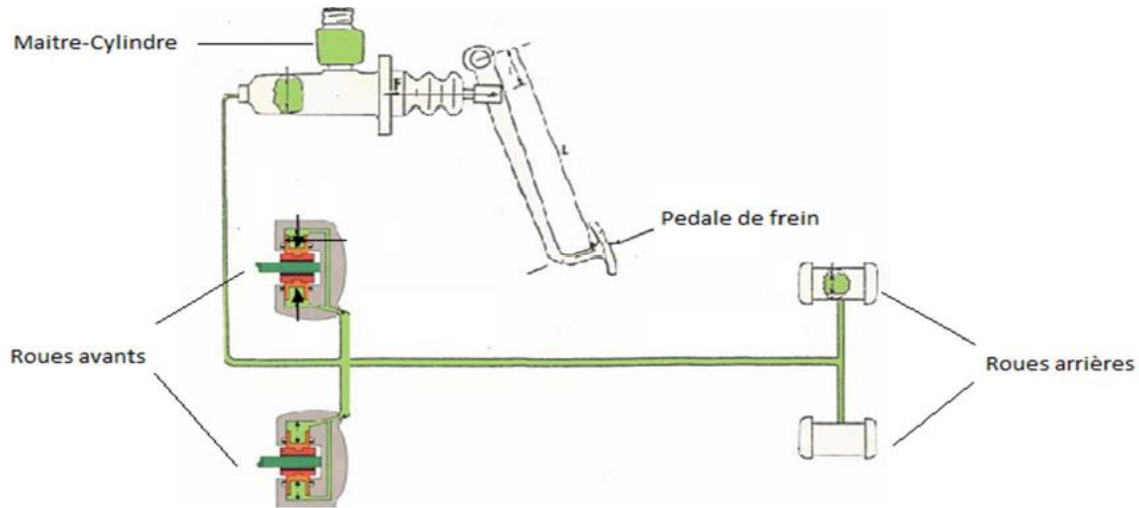


Figure 2:I system de freinage classique

Les systèmes de freinage à commande hydraulique, appliquée principalement, au dispositif de freinage principal, sont constitués des éléments suivants :

- Un réservoir de liquide
- Le dispositif de freinage qui peut être à tambour ou à disque.
- Le maître-cylindre : il transforme l'action mécanique du conducteur sur la pédale en une pression hydraulique qui agit sur les cylindres récepteurs.
- Le système de distribution hydraulique : achemine le liquide vers les récepteurs.

## 2.1 Les types des freins

Il existe deux types de frein ou niveau de domaine mécanique automobile le frein à tambour et le frein à disque. (Figure2 : II).

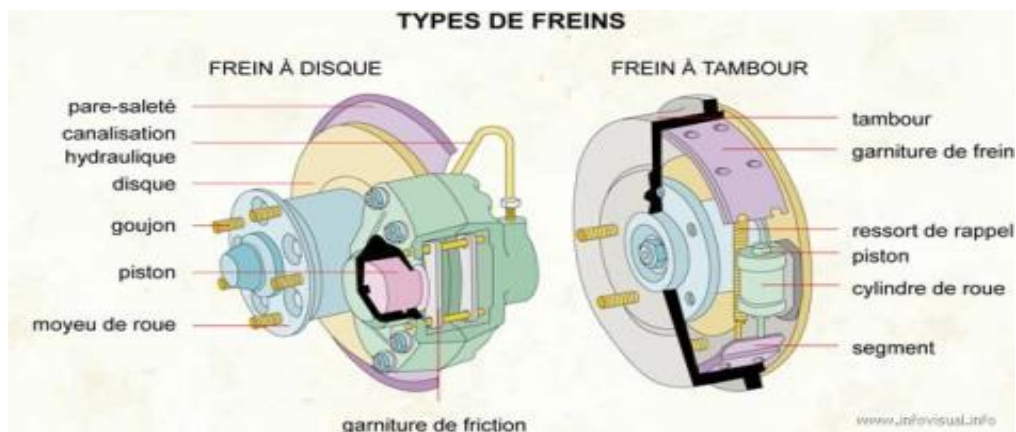


Figure 2:II types de frein

### 2.1.1 Le frein tambour

Les freins à tambour utilitaires sont souvent dérivés des modèles de freins trouvés sur les voitures particulières. Les freins Simplex et les freins assistés peuvent être montés sur les essieux avant ou arrière. Les freins doubles sont généralement destinés à l'essieu avant. Ils sont rarement montés sur l'essieu arrière. Les freins à tambour (figure2 : III) sont constitués d'un tambour intégré à la roue, sur lequel sont frottés des segments ou segments de frein revêtus d'un matériau hautement résistant au frottement et à la chaleur.

Ces mâchoires, qui correspondent au bâti, sont actionnées au moyen d'un montant de roue, les amenant en contact avec le tambour. Lorsque la pression est réduite, les segments sont sollicités par le ressort de rappel et ramènent les pistons dans leur position de repos. Les segments peuvent être montés en parallèle ou en série. Dans le premier cas, ils sont indépendants les uns des autres et sont activés par un dispositif de commande commun ou séparé. Le couple total de chaque segment donne le couple de freinage total. Dans le second cas, le fragment primaire active le fragment secondaire. Le moment distribué par le segment Secondaire est fonction du moment du segment primaire. [2]

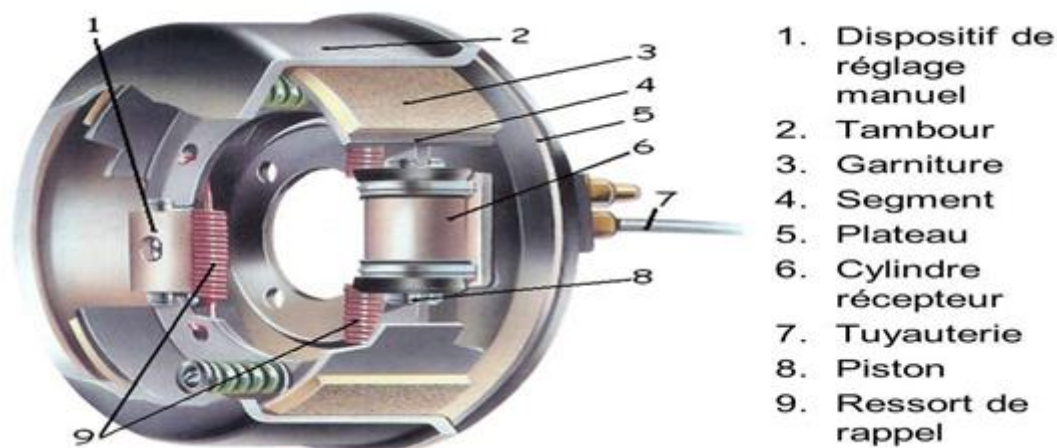


Figure 2:III frein tambour

### 2.1.2 Le frein à disque

Ce système est très efficace car il est d'une dissipation thermique progressive et parfaite c'est pourquoi il est utilisé pour le frein avant qui est le plus sollicité. Le frein à disque (Figure2 : IV) se compose de deux parties principales : le disque et l'étrier. Sur le disque en

fonte intégré à la roue, l'étrier avec cadre de guidage guide les plaquettes contre le disque sous l'action des cylindres. Les plaques sont fixes pour tourner à l'arrêt. La mise en pression s'effectue grâce à un fluide fourni par des flexibles, pour garantir la pression des plaquettes sur les côtés du disque deux types d'étriers sont utilisés : fixes, coulissants ou flottants.

a) Le montage rigide (fixe)

Les étriers fixes sont indissociables de l'essieu et sont réservés aux systèmes de freinage à commande hydraulique. Les pistons placés de chaque côté du disque agissent directement sur un patin. Lorsqu'une force d'entraînement élevée est requise, plusieurs (2, 3 ou 4) pistons sont utilisés sur chaque face du disque. Ceci permet de réduire l'encombrement du mécanisme dans le sens radial et d'assurer une meilleure répartition de l'effort sur la plaquette. [2]

b) Les montages flottants

Les supports coulissants sont le système le plus courant. Un étrier massif en fonte ou en aluminium coulisse à l'intérieur d'une fourche fixe (plaque métallique ou fonte, qui supporte les plaquettes et permet de fixer le frein complet au véhicule) intégrée dans le support central. L'étrier est pressé sur les deux colonnes par un ressort à fil, les deux ressorts à lames agissent comme un amortisseur.

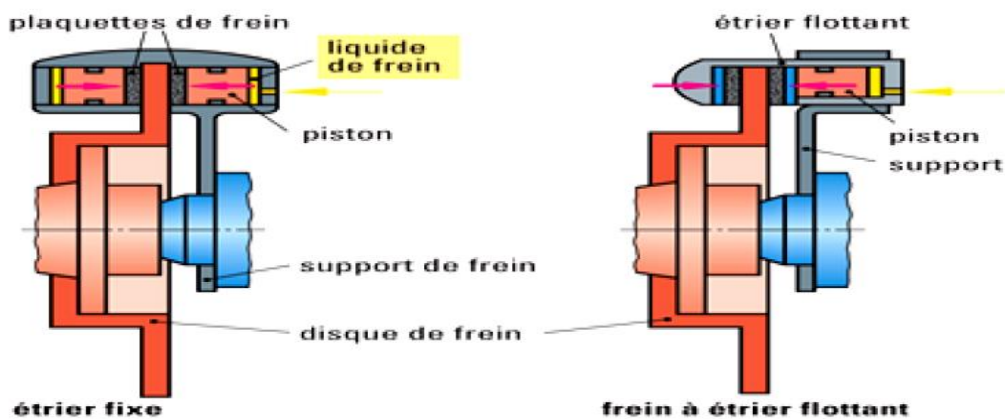


Figure 2:IV frein à disque a étrier fixe ou flottant

## **2.2 Limites et défaillance des systèmes de freinage classiques :**

Dans un système de freinage conventionnel, lors d'un freinage d'urgence, l'effort important exercé sur la pédale de frein provoque souvent le blocage des roues. L'un des aspects les plus dangereux du blocage des roues est la perte de contrôle directionnel. Lorsque les roues s'arrêtent de tourner, le conducteur n'a aucun contrôle sur la trajectoire du véhicule.

Le véhicule dérape, augmente la distance de freinage et perd en stabilité. Ce qui est plus impressionnant, c'est qu'il empêche le conducteur de se diriger sa direction pour éviter tout objet vers lequel il se dirige.

## **3 Historique sure l'ABS :**

Le system de frein classique n'a pas un control ultime sure la réaction des roues durant le freinage donc présents un danger sure le conducteur alors on a besoin d'une technologie nouvelle et le frein ABS est venue comme une réponse à ce problème.

La genèse

Dans les années 1920, Rémy DOHER pionnier de l'automobile et de l'aviation adapte un système d'antiblocage à fonctionnement hydraulique ; ce système aide les avions à rester sur la trajectoire sans dérapage sur leurs couloirs, ce qui le system mécanique peut pas l'offrir. [3]

En 1928, l'allemand Karl Wessel obtient une licence pour la conception d'un dispositif de freinage d'urgence pour l'automobile, mais ses travaux ne dépassent pas le stade de l'étude. C'est en 1936 que naît l'idée d'un système de freinage ABS avec Bosch qui dépose un brevet d'invention pour un tel dispositif. [4]

Années 1960

Dans les années 1960 les recherches pour des applications de l'ABS à l'automobile redémarrent à Heidelberg dans la société Teldix (contraction de Telefunken et Bendix, sociétés partenaires du projet). En 1966, la première voiture pourvue d'un ABS mécanique est la Jensen FF équipée d'un ABS de type Dunlop-Maxaret.

En 1969, la première génération d'un système antiblocage contrôlé électroniquement est présentée au Salon de l'automobile de Francfort (Internationale Automobil-Ausstellung ou IAA) par la compagnie américaine ITT Automotives qui avait racheté Alfred Teves GmbH et c'est dans cette version du système que la vitesse d'enfoncement de la pédale de frein est mesurée et indique un freinage d'urgence probable.

#### Années 1970

En 1970, la Citroën SM a failli être équipée d'un ABS Teldix, mais les difficultés financières d'Automobiles Citroën et le premier choc pétrolier ont raison du projet d'application. Ce dispositif comprenait environ 1 000 composants analogiques, et était donc très lourd et lent au fonctionnement. Grâce à la technologie numérique, la quantité de pièces pourra être réduite à 140 composants et permettra ainsi une production du système en série.

En 1975, Bosch achète les brevets et licences à Teldix sur l'élaboration d'un dispositif visant à éviter le blocage des roues d'un véhicule à moteur à combustion interne.

En 1978, Bosch commercialise son ABS électronique (ABS2) et en même temps en fait une marque déposée. Les autres équipementiers et constructeurs utiliseront le terme ABV (Automatischer Blockier verhindern). Et les premiers véhicules à en être dotés en option sont les modèles allemands : Mercedes classe S en octobre et BMW série 7 en décembre 1980

En 1985, la Ford Scorpio est le premier véhicule à en être équipé de série. En 1988, La BMW K1 est la première moto à en être doté en option d'un système du fournisseur FAG Kugelfischer et cela coûtait 1 980 DM.

En 1996 de l'activité de freinage de Bendix devenu entretemps AlliedSignal. Cet achat comprenait l'activité ABS d'AlliedSignal. Bien que disposant d'une usine importante en Europe, Bosch décida néanmoins de poursuivre la production d'ABS à Moulins compte-tenu des performances de cette usine et lança en septembre 1997 la production d'ABS 5.3 à destination des constructeurs français et italiens.

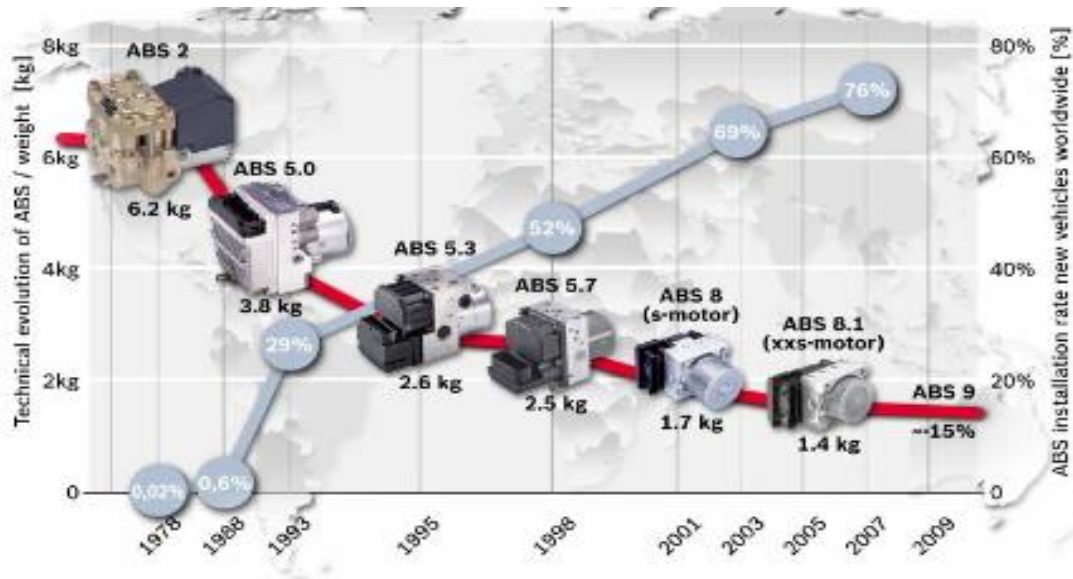


Figure 3:1 évolution des technologies ABS

Années 2000

En 2003, Daimler-Benz a développé le système, appelé ; BAS Plus, en lui couplant un radar de régulation de distance. L'objectif était d'éviter les collisions par l'arrière ou tout au moins d'en diminuer la vitesse d'impact [5]

En 2004, l'usine Biria située à Neukirch/Lausitz près de Heidelberg en Allemagne monte le premier système ABS sur un vélo.

Depuis 2004, la législation européenne impose l'équipement en série de l'ensemble des nouvelles voitures commercialisées dans l'Union.

En 2005, le système BAS Plus équipe le modèle Mercedes-Benz Classe S W221.

## 4 Le frein ABS :

### 4.1 Définition :

Le système de freinage antiblocage (ABS) est un système de sécurité automobile qui permet aux roues d'un véhicule à moteur de maintenir un contact de traction avec la surface de la route en fonction des actions du conducteur lors du freinage, empêchant les roues de se bloquer et évitant un dérapage incontrôlé.

Le système de freinage Anti-blocage ou les freins Anti-blocage, est un système d'assistance au freinage utilisé sur les véhicules roulants, empêchant les roues de se bloquer pendant les périodes de freinage [6]

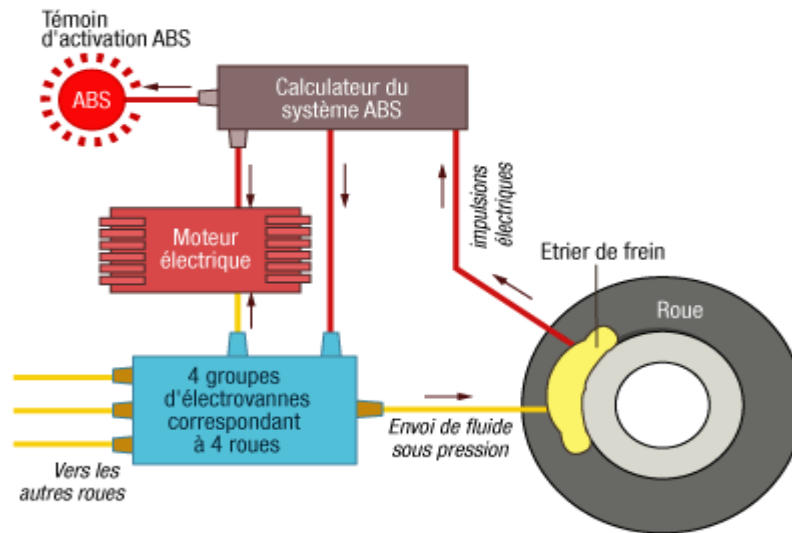


Figure 4:1 le system de frein ABS

## 4.2 Principe de fonctionnement :

L'ABS a été conçu à l'origine pour aider le conducteur à conserver la maîtrise de son véhicule, dans le cas d'un freinage dans des conditions d'adhérence précaire (pluie, neige, verglas, gravier...).

Le fonctionnement est simple et basée sur : un calculateur électronique gère un bloc d'électrovannes sur le circuit de freinage et surveille individuellement la rotation de chacune des roues à travers d'un capteur sur chacune d'elles. Si le calculateur détecte le blocage (ralentissement significatif par rapport aux autres roues) d'une roue, le frein de celle-ci est relâché immédiatement. Le calculateur va permettre la pression de freinage la plus forte possible tout en évitant un blocage des roues. [7]

Le système fonctionne en utilisant les procédés suivants :

### *1ère étape*

Lorsque le véhicule roule à 10 km/h ou plus, le conducteur enfonce la pédale de frein.

*Deuxième étape*

La vitesse des roues commence à diminuer lorsque la pression du maître-cylindre et la pression de freinage augmentent.

*Troisième passage*

Alors que la vitesse de la roue continue de diminuer par rapport à la vitesse du véhicule, l'électrovanne de maintien de la pression normalement ouverte pour la ligne concernée se ferme pour empêcher la pression d'atteindre davantage la ligne. Tour. La pression de la pompe de freinage continue d'augmenter lorsque le conducteur applique le frein sur la pédale de frein, mais la pression de freinage de la roue est désormais limitée à la pression du système de freinage antiblocage.

*Quatrième étape*

Lorsque le module de commande de frein électronique détermine que la roue est sur le point de se bloquer, l'électrovanne de sécurité normalement fermée s'ouvre. Cela soulagera une partie de la pression sur le cylindre de roue ou l'étrier pour permettre à la roue de revenir à plus près de la vitesse du véhicule.

*Cinquième étape*

L'électrovanne de décompression est fermée et l'électrovanne de maintien de pression reste fermée pour permettre à la roue de reprendre la vitesse à partir du bloc.

*Sixième étape*

Lorsque le véhicule revient en position de verrouillage, l'électrovanne de maintien de pression pulse momentanément pour permettre à la pression du maître-cylindre et à la pression de la pompe de circulation de se rapprocher du frein. La pression modulée continue d'augmenter jusqu'à ce que la roue atteigne sa puissance de freinage optimale ou jusqu'à ce que la pression de freinage soit égale à la pression exercée par le maître-cylindre. Le système de freinage antiblocage permet au liquide de frein de s'écouler vers les roues, d'augmenter la pression et de tenter de redémarrer, en répétant les étapes 3 à 6 des événements.

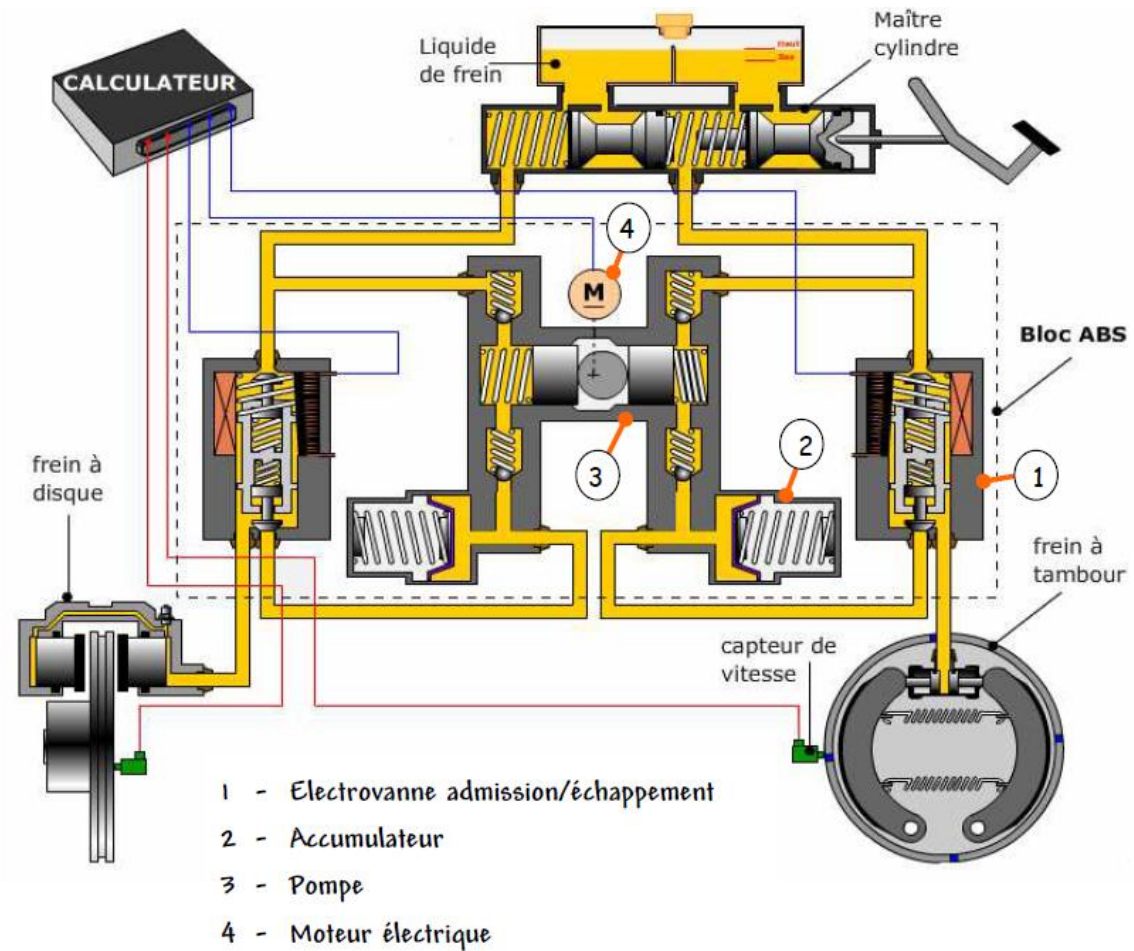


Figure 4:II fonctionnement d'un ABS

### 4.3 Composantes de l'ABS :

Les principaux composants du système de freinage ABS sont :

- a) L'unité de contrôle électronique (ECU)
- b) Le modulateur de pression
- c) Capteurs de vitesse des roues
- d) Témoin ABS

### 4.3.1 L'unité de contrôle électronique (ECU) :

Il reçoit les signaux des capteurs du circuit et contrôle la pression de freinage sur les roues en fonction des données analysées par l'Unité, pour faire la différence entre un glissement au freinage et un glissement au démarrage.

ECU aide l'opérateur du véhicule à empêcher le blocage des roues en régulant le patinage des roues.

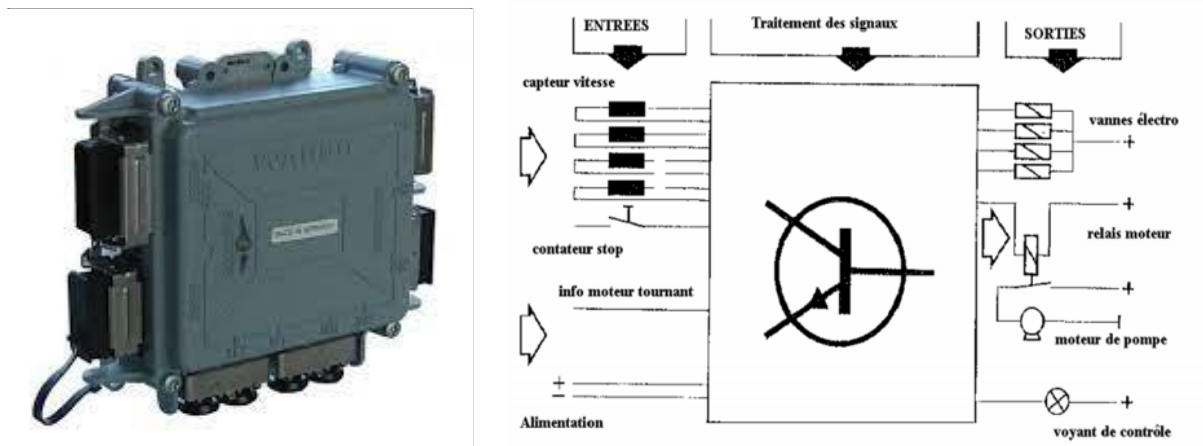


Figure 4:III l'unité de contrôle électronique ECU

### 4.3.2 Le modulateur de pression :

Reçoit des signaux de fonctionnement de l'ECU pour appliquer ou desserrer les freins dans des conditions ABS.

Il exécute les commandes à l'aide de trois électrovannes connectées en série avec le maître-cylindre et les circuits de freinage - une vanne pour chaque circuit hydraulique de roue avant et une pour les deux roues arrière. Ainsi, les freins peuvent être actionnés en contrôlant la pression hydraulique.



Figure 4:IV modulateur de pression

### 4.3.3 Capteurs de vitesse des roues :

Les capteurs de vitesse sont constitués d'un aimant enveloppé dans une bobine et d'un anneau de capteur denté. Un champ électrique dégagé par le contact entre l'aimant et la couronne dentée crée une tension alternative.

La fréquence de tension est directement proportionnelle à la vitesse de rotation de la roue.

Il surveille la vitesse de rotation de la roue et transmet ces données au module de commande ABS.

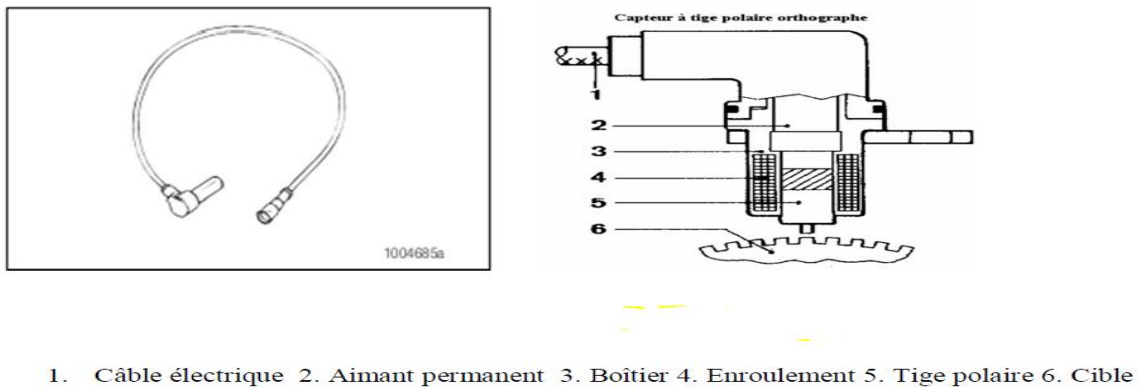


Figure 4:V capture de vitesse

### 4.3.4 Témoin ABS :

Situé sur le tableau de bord du véhicule. Avertit le conducteur d'une possible défaillance du système. Utilisé par le personnel d'entretien pour afficher les codes clignotants.

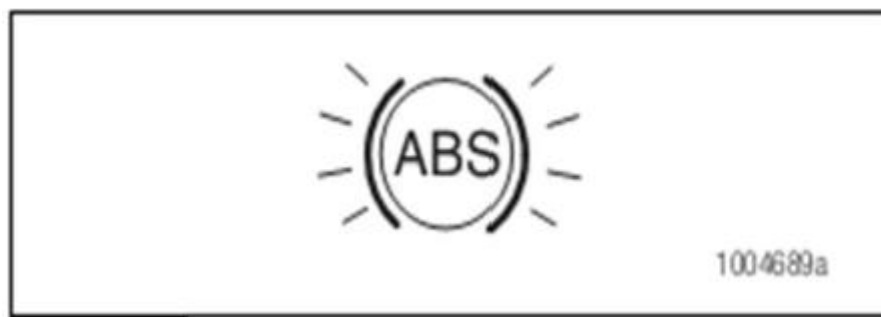


Figure 4:VI témoin ABS

## 5 Différents types de montage de L'ABS :

Il existe actuellement trois principaux systèmes ABS, en fonction du nombre de canaux et de capteurs indiqués dans la figure ci-dessous.[8]

Dispositif 4 canaux – 4 capteurs : Le contrôle indépendant des 4 roues peut entraîner l'apparition de moments de lacet importants peu favorables au contrôle directionnel.

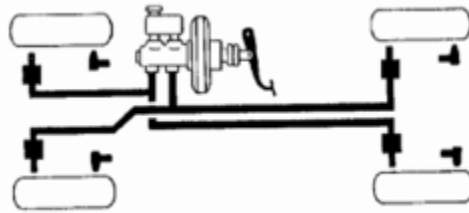


Figure 5:I dispositif 4 canaux -4 capteurs

### - Dispositif 3 canaux – 3 capteurs

Train arrière contrôlé par la vitesse moyenne du train arrière. Généralement adopté sur pick-up

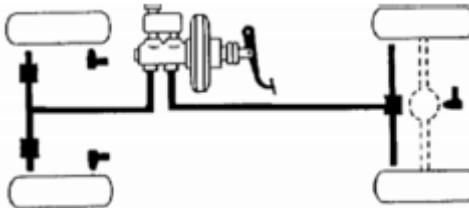


Figure 5:II dispositif 3 canaux-3 capteurs

### -Dispositif 3 canaux – 4 capteurs + stratégie

Résultat assez semblable aux 4 canaux – 4 capteurs si stratégie

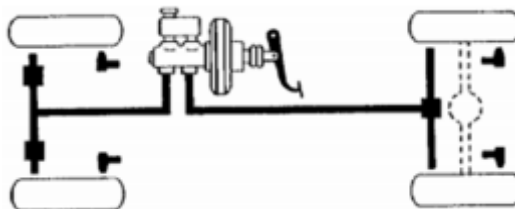


Figure 5:III dispositif 3canaux - 4 capteurs + stratégie

## **6 Les buts du le system ABS :**

Pour parler sur les buts de system ABS il nous faut reprendre tout simplement sure la question pourquoi en utilise ce system ?

Le système ABS « Anti –Locke Brake System» se définir comme un système qui permet d'éviter le danger d'instabilité lors du freinage brusque face à un obstacle.

Le type et les conditions de surface de la route peuvent être déduits de la pression de freinage du véhicule, des mesures de patinage des roues et des comparaisons de taux de décélération.

Le patinage des roues est régulé de manière à maximiser le coefficient d'adhérence à la route. En gardant toutes les roues d'un véhicule près du coefficient de friction maximal, un système antiblocage peut atteindre une force fictive maximale

.À son tour, cette stratégie conduit à la minimisation de la distance d'arrêt du véhicule.

Le but principale de l'ABS est d'éviter le blocage des roues du a un freinage excessif durant une manœuvre de freinage.

## **7 Conclusion :**

On a vue dans ce chapitre que le system de freinage ABS est une réponse a les anomalies et l'incompétence des freins classiques à assurer une conduit sécurisé ensuite on a parlé sure les différents composantes et les type de montage de frein ABS pour terminer avec une citation sure les butes de l'ABS.

*Chapitre 02 : La mécatronique  
de system ABS et le modèle  
général utilisé*

## 1 Introduction :

Ce chapitre est une recherche faits sur la mécatronique de système ABS à l'aide d'une démonstration qui parle sure les deux cotées, les variables physique imposer sure ce system dans un épisode de freinage, Ou première lieux on a essai de mieux comprendre l'action de freinage et les forces agressantes a cette action on deuxième lieux on intéresse à les équations physiques et le modèle mathématique correspondons a le contrôle de ce system.

## 2 Le freinage :

L'action de freinage a un effet important sur le comportement dynamique du véhicule. Ce qui est primordial pour le freinage est la composante longitudinale, qu'on appelle aussi, force de freinage, puisque c'est elle qui s'oppose directement au mouvement du véhicule.

La force de freinage est caractérisée par son coefficient d'adhérence ou de freinage  $\mu F$ . Ce dernier est défini comme le rapport entre la force de freinage et le poids de la voiture. Dans l'hypothèse d'une décélération constante celui-ci se réduit à :

$$\mu F = \frac{\gamma}{g} \dots\dots\dots(01)$$

Avec  $g$  : l'accélération gravitationnelle.

$\gamma$  : la décélération constante du véhicule due au freinage.

Le coefficient de freinage est une grandeur sans dimension qui dépend, comme la force de freinage, du taux de glissement.

### 2.1 Le glissement :

Le glissement est l'écart relatif entre la vitesse  $v$  (linéaire donc en m/s) d'un point de la roue situé à la distance de la roue et la **vitesse de translation  $V$**  du véhicule. Il est caractérisé par un coefficient de glissement, dit aussi taux de glissement, donné par :

$$\lambda = \frac{V-v}{V} \dots\dots\dots(02)$$

$\lambda$ : Coefficient de glissement.

$V$ : Vitesse de translation de véhicule, exprimée en m.s-1

$v$ : Vitesse circonférentielle de la roue, exprimée en m.s-1

C'est une grandeur sans dimension qui s'exprime indifféremment par un pourcentage ou un coefficient.

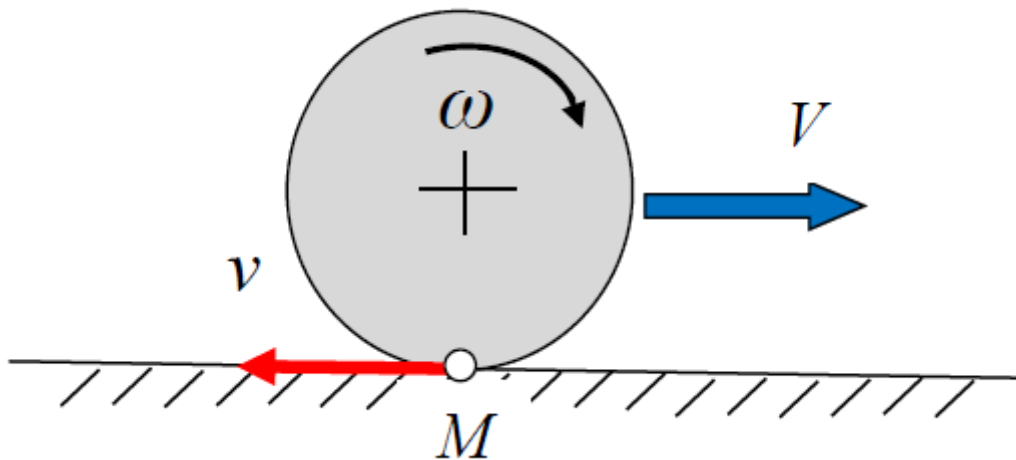


Figure 2:1 cinématique d'une roue en rotation et translation

Lorsque la roue tourne librement, le glissement est égal à zéro, mais lorsque la roue est bloquée, le glissement est égal à 100 % tant qu'il y a adhérence entre la chaussée et le pneumatique.

Le coefficient d'adhérence longitudinale est maximal pour un glissement d'environ 20% [9] car au-delà l'adhérence devient instable et conduit rapidement à un blocage de la roue. Le coefficient d'adhérence transversale est maximal pour un glissement nul. Au-delà de 20 % de glissement, il diminue rapidement pour devenir pratiquement nul lorsque la roue est bloquée

. Ainsi, pour conserver la directivité du véhicule et optimiser la distance de freinage, il convient de réguler le glissement entre 5 et 20 %, c'est le rôle du système ABS.

## 2.2 Relation entre les coefficients de freinage $\mu_F$ et le glissement $\lambda$ :

La figure 2 : II ci-dessous présent l'évolution du coefficient de freinage  $\mu_F$  en fonction du glissement  $\lambda$  pour les différentes conditions de surface d'impact.

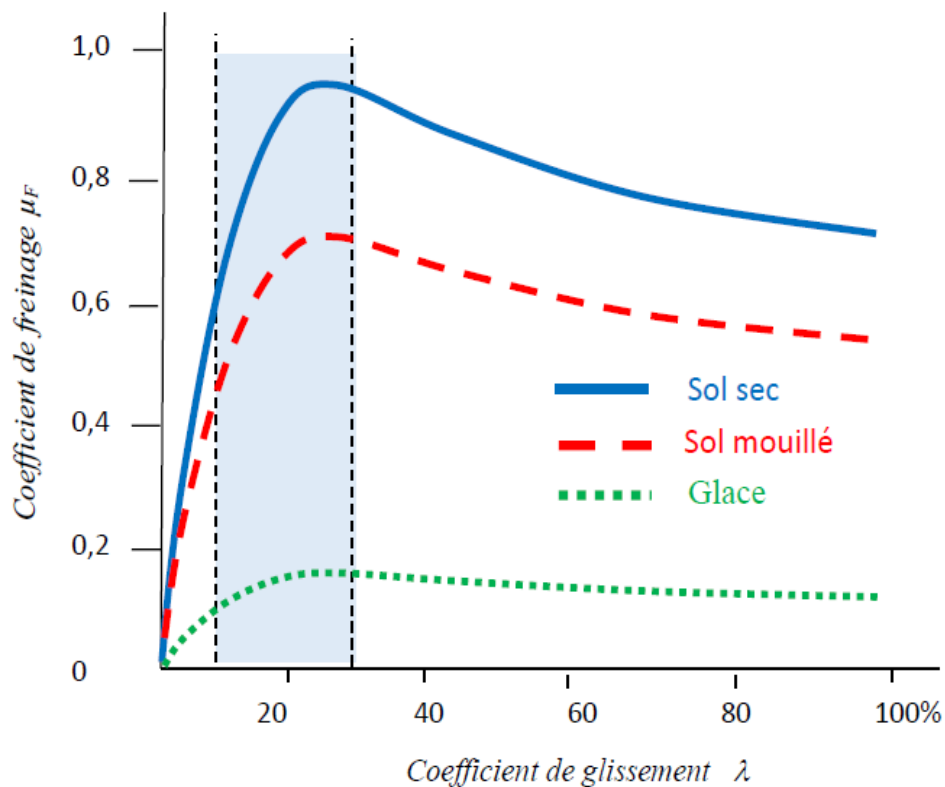


Figure 2:II relation entre les coefficients de freinage et de glissement pour des différentes surfaces

Dans toutes ces conditions, la valeur maximum du coefficient de freinage est atteinte pour un glissement situé entre 10 et 30 % (zone optimale).

Pour des coefficients de glissement inférieurs, le freinage ne présente aucun danger (zone de stabilité).

Le coefficient de glissement change rapidement de 30 à 100% dès qu'il y a un sur-freinage et la roue se bloque (zone d'instabilité).

Le dispositif antiblocage dose la force de freinage pour garder le glissement des pneumatiques dans la zone optimale ( $\lambda$  compris entre 10 et 30 %), Valeur optimal 0.2 on peut dire 20%.

### 3 Modèle générale d'un ABS :

Un modèle simplifié qui peut prendre en danger ces paramètres peut être utilise pour un contrôle de design .Le contrôle des design concéderai ici est le quart du modèle du véhicule comme le montre la Figure 3 : I

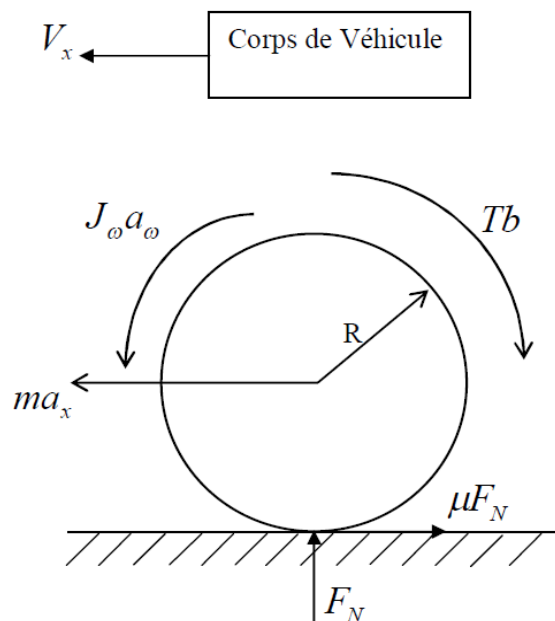


Figure 3:I modèle de véhicule trimestre

Avec :

$V_x$  : Vitesse linéaire du véhicule.

$a_x$ : Accélération linéaire de véhicule.

$a_\omega$ : Accélération de rotation de la roue.

$Tb$ : Moment de freinage.

$R$ : Rayon du pneu.

$m$ : Masse du modèle.

$F_N$ : réaction du sol sur le véhicule.

$$\sum F_{ext} = m \cdot a_x \quad (03)$$

$$ma_x = -\mu F_N \quad m \frac{dv_x}{dt} = -\mu F_N \quad (04)$$

La somme des moments au centre de la roue

$$J_w \dot{\omega} = \mu \cdot R \cdot F_N f \cdot R = (f = tg \phi \cdot F_N) \longrightarrow J_w \dot{\omega} = f \cdot R - T b \quad (05)$$

$$J_w \dot{\omega} = \mu \cdot R \cdot F_N - T b \quad (06)$$

Le taux de glissement est défini par :

$$\lambda(t) = \frac{\omega_v(t) - \omega_\omega(t)}{\omega_v(t)} \quad (07)$$

On fait la dérivée par rapport au temps (t) :

$$\dot{\lambda} = \frac{(1-\lambda)\dot{\omega}_v - \dot{\omega}_\omega}{\omega_v} \quad (08)$$

Représentation de l'espace État de l'équation ci-dessus est présenté ci-dessous. L'état des systèmes variables sont :

$\lambda$  : Taux de glissement.

$\mu$  : Coefficient de frottement.

$X_1$  : Distance d'arrêt.

$X_2 = \omega_v =$  Vitesse du véhicule.

$X_3 = \lambda =$  taux de glissement.

Les variables sont :

$$\dot{X}_1 = X_2 \quad (09)$$

$$\dot{X}_2 = \frac{-\mu \cdot F_N}{M} \quad (10)$$

$$\dot{X}_3 = \frac{-\mu \cdot F_N}{X_2} \left( \frac{1-X_3}{M} + \frac{R^2}{J_w} \right) + \frac{R}{J_w X_2} T b \quad (11)$$

Pour un frein équipée par un ABS maintenir la stabilité et la dirigeabilité d'un véhicule et assurer une distance de freinage importante et dépend sur la relation du coefficient de frottement  $\mu$  en fonction du taux de glissement  $\lambda$  de la roues.

Le coefficient de frottement peut varier dans une large plage qui dépend de facteurs comme :

\*les conditions de la surface de la route (sèche ou humide) voir la Figure 2 :II

\* angle latéral du pneu

\* Marque des pneus

\* La vitesse du véhicule

\* Le taux de glissement entre le pneu et la route

Comme un exemple [A. B. Sharkawy, 'Geneticfuzzy self-tuning PID controllers] est utilisé ici. Il donne la valeur du coefficient de frottement en fonction de la vitesse linéaire et de taux de glissement.

$$\mu(\lambda, V_X) = [c_1(1 - e^{-c_2\lambda}) - c_3\lambda]e^{-c_4V_x} \quad (12)$$

C1 : est la valeur maximale de la courbe de frottement.

C2 : les formes des courbes de frottement.

C3 : la courbe de frottement de la différence entre la de valeur maximale et la valeur à  $\lambda=1$ ,

C4 : est la valeur caractéristique d'humidité. Il se trouve dans la gamme de 0,02 0.04s / m.

Pour asphalte sec comme l'état de surface, les paramètres ci-dessus sont :

Tableau 01 Coefficients pour états des routes

	C1	C2	C3
ASPHALT , SEC	1.2801	23.99	0.52
ASPHALT,MOUILLE	0.857	33.822	0.347
NEIGE	0.1946	94.129	0.0646

Ainsi, l'objectif de l'ABS contrôleur est de régler le taux de glissement de la roue ( $\lambda$ ) à une valeur de 0,2 afin de maximiser le coefficient de frottement ( $\mu$ ) pour n'importe quelle surface de la route.

### 3.1 Le contrôle :

Un system de contrôle est caractérisé par un schéma simple d'asservissement

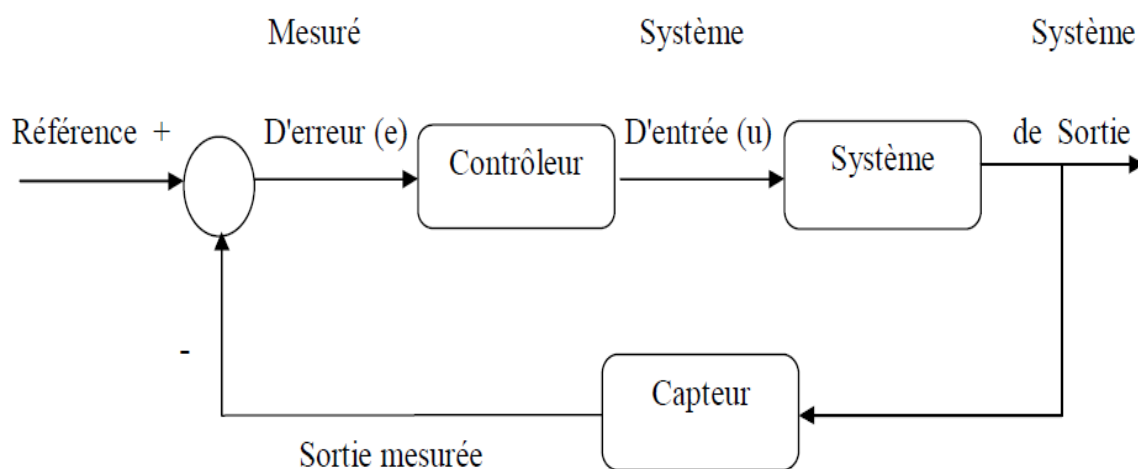


Figure 3:II schéma de principe de système d'asservissement

Pour atteindre ce contrôle on peut utiliser l'un de ces contrôleurs :

- \*contrôle proportionnel. P
- \*contrôle proportionnel dérivé. PD
- \* proportionnelle intégrale dérivée de contrôle. PID
- \* contrôle flou. « fuzzy logic controller »

Afin de modéliser l'ABS avec système de contrôleurs différents intégrant la dynamique, l'équation est modélisée dans un environnement Simulink.

Figure 3 :III montre le schéma synoptique de Modèle Simulink représentant la dynamique du véhicule

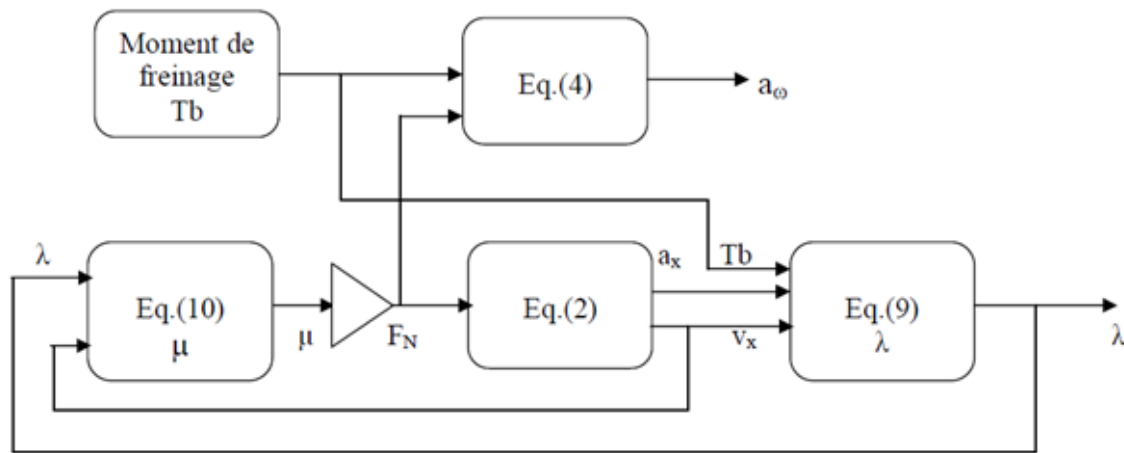


Figure 3:III les équations dynamiques du véhicule

#### 4 Conclusion :

Dans ce chapitre on a distingué que le paramètre physique agissant sur le frein composer du taux de glissement de la roue ( $\lambda$ ) le coefficient de frottement ( $\mu$ ) vitesse du véhicule. La force de frottement et la réaction normale sont fonction de la vitesse de glissement et donc donne à la cinématique.

Nous intéressé à faire une étude et simulation sure la plateforme MATLAB SIMULINK utilisons un contrôleur logique flou mode glissant pour atteindre un contrôle optimal avec le system ABS.

*Chapitre 03 : les techniques de  
commande robustes mode  
glissant et la logique flou  
hybride*

## **1 Introduction :**

Dans ce chapitre, nous essaierons de mieux comprendre et présenter les deux techniques de commandé usé dans un système de contrôle robuste au niveau des freins ABS.

Le contrôle en mode glissant en détail, ces anomalies (broutement) et une introduction à la logique flou son historique et comment elle présente une solution au phénomène de chattering liée à la commande mode glissant.

## **2 Commande en mode glissant :**

En général, de nombreux systèmes, en particulier les freins ABS, subissent des interférences externes, des interférences non linéaires etc. [10] Les règles de contrôle utilisant des contrôleurs PID donnent des résultats acceptables pour les systèmes linéaires avec des paramètres fixes, mais les règles de contrôle traditionnelles ne sont pas robustes et suffisantes pour les systèmes non linéaires. [11]

Les commandes par modes glissants (CMG) sont réalisées de manière à contraindre les trajectoires du système à rester dans le voisinage d'une surface de commutation après un temps fini.

### **2.1 Objectifs de la commande mode glissant (CMG) :**

L'objectif de la commande par mode glissant (CMG) ou (SMC terme anglais) se résume en deux points essentiels :

-synthétiser une surface  $S(x, t)$ , telle que toutes les trajectoires du système obéissent à un comportement désiré de poursuite, régulation et stabilité.

- déterminer une loi de commande (commutation)  $u(x, t)$  qui est capable d'attirer toutes les trajectoires d'état vers la surface de glissement et les maintenir sur cette surface.

## 2.2 Modes de la trajectoire dans le plan de phase :

La technologie de contrôle de (MG) consiste à ramener le chemin d'état du système vers la surface de glissement et à utiliser une logique de commutation appropriée pour le faire basculer vers le point d'équilibre. Cette trajectoire est constituée de trois parties.[12]

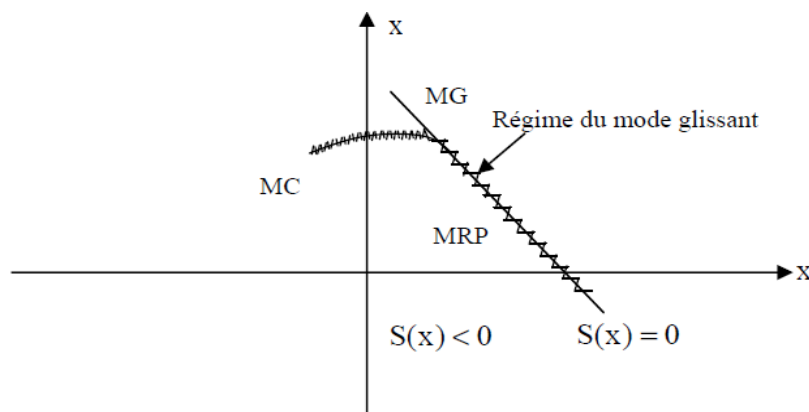


Figure 2:1 différents modes de trajectoire dans le plan de phase

- **Mode de convergence (MC)** : Pendant cette période, la variable contrôlée se déplace de n'importe quel point du plan de phase jusqu'à la surface de commutation  $S(x)=0$  et arrive en un temps fini. Les caractéristiques de ce modèle sont des lois de commande et des critères de convergence.
- **Mode de glissement (MG)** : Pendant cette période, la variable d'état a atteint la surface de glissement et tend vers l'origine du plan de phase. La caractéristique dynamique de ce mode est le choix de la surface de glissement  $S(x) = 0$ .
- **Mode d'état stable (MRP)** : utilisé pour étudier la réponse du système près de son point d'équilibre. Il caractérise la qualité et la performance de la commande. Il est particulièrement adapté à l'étude des systèmes non linéaires.

### 2.3 Conception de la commande par mode glissant :

Les avantages de la commande mode glissant (SMC) sont importants et multiples, à savoir une grande précision, une bonne stabilité, une installation facile, une invariabilité, etc., ce qui le rend particulièrement adapté aux systèmes avec des modèles imprécis. Il est généralement préférable de spécifier la dynamique du système en mode convergent.

Dans ce cas, la structure du contrôleur comporte deux parties : il représente en permanence la dynamique du système pendant la MG et La discontinuité représente la dynamique du système pendant le mode de convergence. Cette dernière est très importante en commande non linéaire, car son rôle est d'éliminer l'influence des imprécisions et des interférences sur le modèle La conception de la commande peut être effectuée en trois étapes principales très dépendantes l'une de l'autre :

- choix de la surface ;
- établissement des conditions d'existence de la convergence ;
- détermination de la loi de commande.

### 2.4 Choix de la surface de glissement :

La modélisation mathématique du contrôle de la structure variable a conduit à des équations différentielles de forme [13] :

$$\dot{x}^n = f(x, t) + g(x, t)u \quad (01)$$

$f$  Et  $g$  sont des fonctions non linéaires,  $g$  est supposée inversible.  $u$  L'entrée du système.  $x$ : État du système.

Soit  $x_d$  la consigne désirée et  $e$  l'erreur de poursuite définie par :

$$e = x - x_d \quad (02)$$

La formule générale de la surface de glissement est définie en fonction de l'ordre du système comme suit :

$$S(x) = \left( \frac{\partial}{\partial t} + \lambda \right)^{n-1} e(x) \quad (03)$$

Où n : le degré relatif du système par rapport à la sortie y(t). Il représente le nombre minimum de fois qu'il faut dériver la sortie y(t) par rapport au temps, pour y voir apparaître l'entrée.

## 2.5 Conditions d'existence du mode glissant :

Le deuxième aspect important, après la conception de la surface de commutation, est de s'assurer que le mode de glissement existe. La deuxième méthode de Lyapunov nous offre un environnement naturel pour l'analyse.

En particulier, la stabilité de la surface de commutation nécessite le choix d'une fonction scalaire de Lyapunov définie positive généralisée V (x, t). [14]

$$V(s) = \frac{1}{2} s^2 \quad (04)$$

Une condition nécessaire et suffisante, appelée condition d'attractivité, pour qu'une variable de glissement s(x, t) tende vers 0 est que la dérivée temporelle de v soit définie négative :

$$\dot{S}.s < 0 \quad (5)$$

Si la condition (5) est vérifiée, alors la variable de glissement et sa dérivée sont de signe contraire quel que soit le temps et que 0 est un centre attracteur pour S, le temps d'atteinte « reaching time » tr dépend directement du choix de S.

## 2.6 Calcul de la commande :

Tant que l'Eq. (5) est vérifiée, la dynamique du système sur S(x), de la sorte que sa stabilité sont indépendantes de la fonction f(x, t). Elles conviennent uniquement des paramètres de la

surface choisie. Ceci explique l'invariance de ces lois de commande par rapport aux perturbations remuantes sur la partie commande.

Le mode de glissement existe quand les commutations ont lieu constamment entre  $U_{\max}$  et  $U_{\min}$ . Cependant, la valeur de la grandeur de commande doit prendre une valeur bien décidée.

## 2.7 Broutement (chattering) :

Un régime de glissement idéal nécessite une commande pouvant basculer à une fréquence infinie, par conséquent, lors du défilement, les discontinuités appliquées à la commande peuvent provoquer un phénomène de broutage, appelé réticence ou « chattering », caractérisé par de fortes oscillations des trajectoires du système environnant à la surface de glissement. Les principales raisons de ce phénomène sont les limitations des actionneurs ou les retards de commutation au niveau de l'unité de contrôle provoquant la détérioration prématurée des systèmes mécaniques et une augmentation de la température dans les systèmes électriques (perte importante d'énergie).[15]

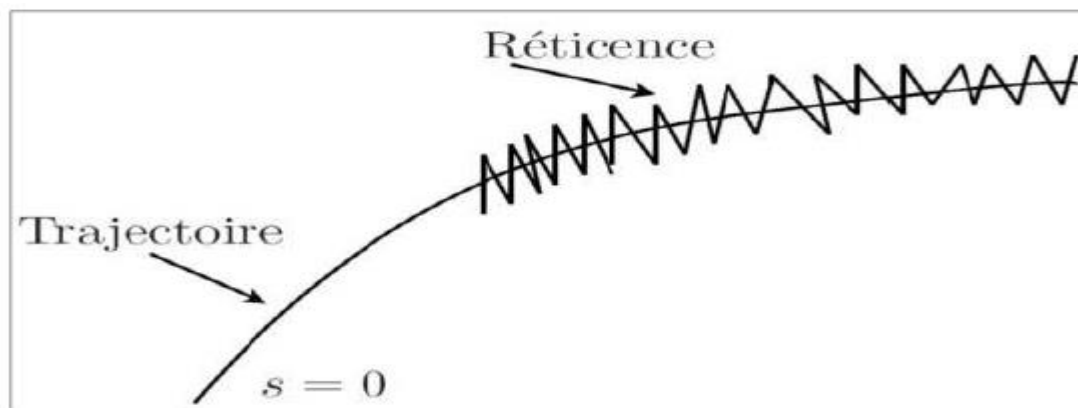


Figure 2:II le phenomene de broutement

## 2.8 Solutions pour atténuer le phénomène de réticence :

Pour réduire ou éliminer ce phénomène, de nombreuses solutions ont été proposées, telles que la solution de couche limite, le mode de glissement flou, le mode de glissement d'ordre supérieur, la loi d'approche, etc...

### **3 La logique floue ( fuzzy logic ) :**

#### **3.1 Historique sur la logique floue :**

La logique floue est une extension de la logique classique booléenne créée en 1965 par Lotfi Zedah et basée sur la théorie mathématique des ensembles flous, depuis les années 1980, les systèmes basés sur la logique floue sont devenus l'un des domaines les plus fructueux de la recherche en automatisation.[16]

Le travail contemporain s'inspire des recherches de Mamdani sur le contrôle flou et de l'article de Zadeh sur les méthodes de langage dans le réglage du système. Depuis 1985, la logique floue est appliquée aux systèmes de contrôle, aux systèmes experts et aux systèmes décisionnels de reconnaissance de formes.

Le domaine d'application le plus important est la régulation et le contrôle des systèmes industriels : caméras, contrôleurs de réacteurs nucléaires, aspirateurs, appareils électroménagers, etc.

#### **3.2 Généralités sur la logique floue :**

L'intérêt de la logique floue réside dans sa capacité à faire face à l'imprécision et à l'incertitude. L'introduction de cette logique a pour but d'utiliser une représentation suffisante des connaissances pour aborder le raisonnement humain.

Par conséquent, le succès du contrôle flou est largement dû à sa capacité à transformer la stratégie de contrôle d'opérateurs qualifiés en un ensemble de règles de langage « si... alors » faciles à interpréter

La structure de base d'un système flou se divise en trois parties principales (Figure 3 : I )

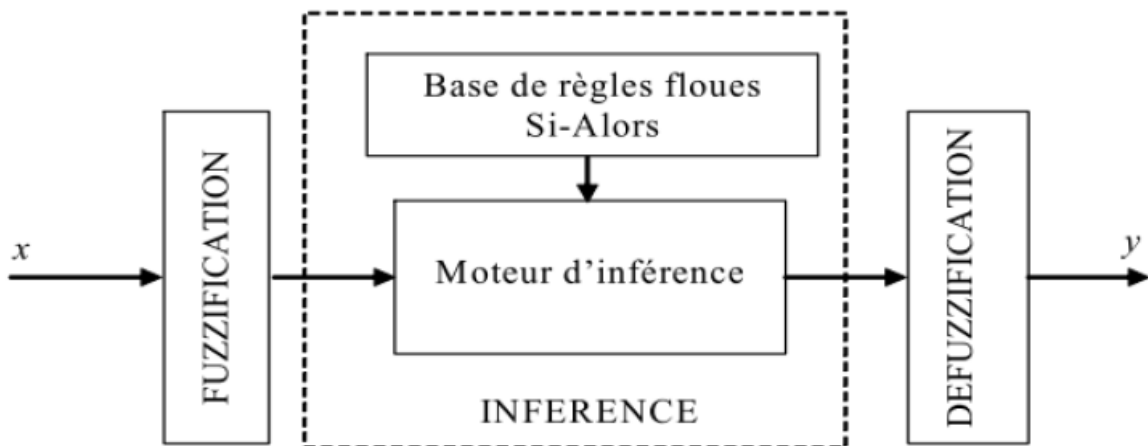


Figure 3:I system logique flou

### 3.3 Fuzzification :

L'entrée  $x$  change dans un domaine appelé énoncé  $X$  et est divisée en un nombre fini d'ensembles flous, de sorte qu'il existe une situation dominante dans chaque région. Afin de faciliter le traitement numérique et l'utilisation de ces ensembles, ils sont décrits par des fonctions d'appartenance convexes.

Ils reconnaissent la position de  $x$  dans le champ du discours comme un paramètre, et reconnaissent dans quelle mesure  $x$  appartient à la situation décrite par la fonction. De manière générale, la forme de la fonction d'appartenance dépend de l'application et peut être triangulaire, trapézoïdale ou en cloche, comme illustré sur la (figure3 :II)

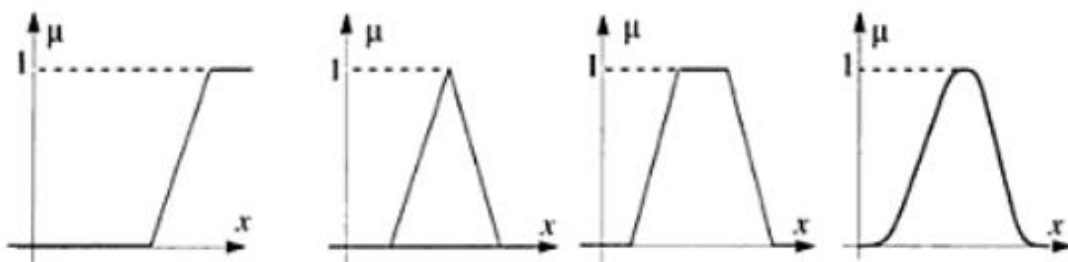


Figure 3:II deferentes formes des fonctions d'appartenance

La fuzzification consiste à affecter à une variable réelle de chaque entrée, à l'instant  $t$ , une variable linguistique caractérisée par sa fonction d'appartenance à chacun des ensembles flous précédemment définis.

### 3.4 Inférence :

A partir de la base de règles fournie par l'expert et des sous-ensembles flous correspondant au fuzzification des entrées, le mécanisme d'inférence calcule le sous-ensemble flou (06) relatif à la commande du système.

*Si prémisse Alors conclusion* (06)

Où la prémisse est un ensemble de conditions liées entre elles par des opérateurs flous.

La partie conclusion peut être une image d'évolution dans le cas d'une identification ou une action dans le cas d'une commande. Les opérateurs flous utilisés dans la partie prémisse sont les conjonctions : "ET", "OU".

L'explication de ces conjonctions dépend directement du type du moteur d'inférence adopté. La relation entre la prémisse et la conclusion "Alors" peut être traduite par le produit ou le minimum.

La base des règles floues est constituée par une collection des règles linguistiques de la forme :

*si  $x_1$  est  $E_1^j$  et  $x_2$  est  $E_2^j$  et ... et  $x_n$  est  $E_n^j$  alors  $u_j$  est  $U_j$*  (07)

Avec :

$x_i (i = 1 \dots n)$  Sont les entrées de system flou,

$E_i^j$  Est l'ensemble flou correspondant à l'entrée

$u_j$  Est la sortie de la  $j^{eme}$  règle. L'opérateur "ET" est interprété par le produit algébrique ou le minimum.

La sortie du système flou fait intervenir, généralement, plusieurs règles floues. La liaison entre ces règles se fait par l'opérateur "OU", ainsi la conclusion finale sera :

*$u$  est :  $u_1$  OU  $u_2$  ... OU ... OU  $u_m$*  (08)

### **3.5 Défuzzification :**

La défuzzification a pour objectif de transformer la variable linguistique définie par le mécanisme d'inférence en une valeur réelle (non floue) permettant ainsi la commande effective du système. Parmi les méthodes utilisées dans la littérature pour réaliser cette opération, on peut citer :

1. La méthode du centre de gravité.
2. La méthode de la moyenne des centres.
3. La méthode de la valeur maximale.

Comme on peut voir dans ce chapitre la logique flou et la commande en mode glissant présentent un nouveau aspect pour l'utilisation dans la commande d'un frein abs.

La commande mode glissant a une anomalie c'est le broutement « chattering » et avec l'usage de la logique flou on peut réduire ce phénomène.

Le chapitre suivant est une stratégie d'approche pour combiner les deux techniques et une simulation avec MATLAB Simulink.

## **4 La commande mode glissant hybride flou**

Pour un contrôle optimal de système ABS plusieurs approches sont envisagées parmi elles la FSMC fuzzy sliding mode control .

Le contrôle flou FC a été proposé pour aborder le problème de l'ABS pour les paramètres environnementaux inconnus [17]. Cependant, la grande quantité de règles floues rend l'analyse complexe. Certains chercheurs ont proposé des méthodes de conception de contrôle flou basées sur le schéma de contrôle en mode glissant (SMC). Ces approches sont appelées méthodes de conception de contrôle en mode glissant flou (FSMC). Étant donné qu'une seule variable est définie comme variable d'entrée floue, le principal avantage du FSMC est qu'il nécessite moins de règles floues que FC. De plus, le système FSMC a plus de robustesse contre la variation des paramètres [18]. Bien que FC et FSMC soient toutes deux des méthodes efficaces, leur inconvénient majeur est que les règles floues doivent être préalablement réglées par des procédures d'essais et d'erreurs fastidieuses. Pour résoudre ce problème, la commande floue adaptative (AFC) basée sur l'approche de synthèse de

Lyapunov a été largement étudiée. Avec cette approche, les règles floues peuvent être ajustées automatiquement pour obtenir une réponse satisfaisante du système par une loi adaptative.

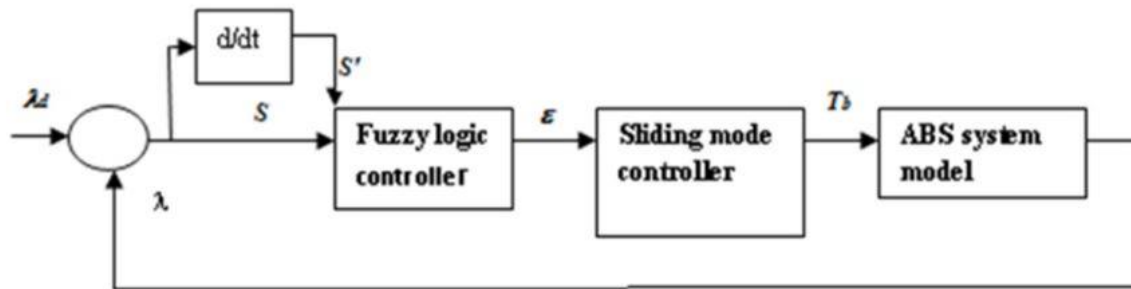


Figure 4:1 l'implantation des deux controles

## 5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté la commande en mode glissant général et pourquoi choisir cette commande pour notre système, la deuxième partie se compose de différentes informations générales sur la logique floue et comment la combiné avec la commande mode glissant.

## *Chapitre 04 : Discussion des résultats de la simulation*

## 1 Introduction

La nature de system ABS est non linéaire, alors on a besoin d'une commande robuste et fiable Il existe plusieurs approches pour atteindre une commande a le system ABS et dans ce mémoire en a choisie d'étudier la commande mode glissant (CMG) et la commande mode glissent flou hybride (FSMC).

## 2 Simulation sons ABS

Pour une meilleure compréhension le rôle du système ABS, nous exécutons une simulation avec SIMULINK MATLAB d'un véhicule en mouvement sans ABS et avec ABS et voici le résultat que nous avons obtenu :

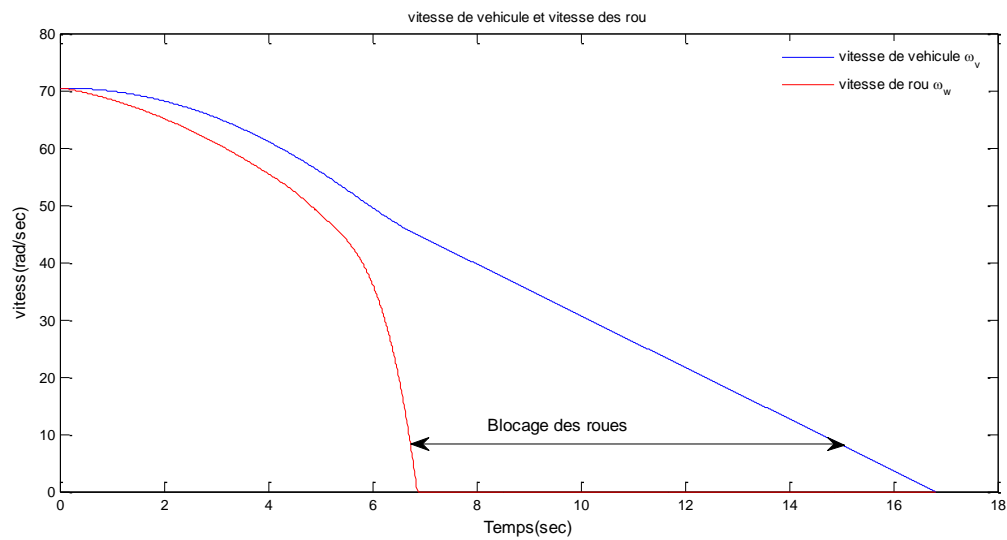


Figure 2: Ivitesse du vehicule et vitesse des roues

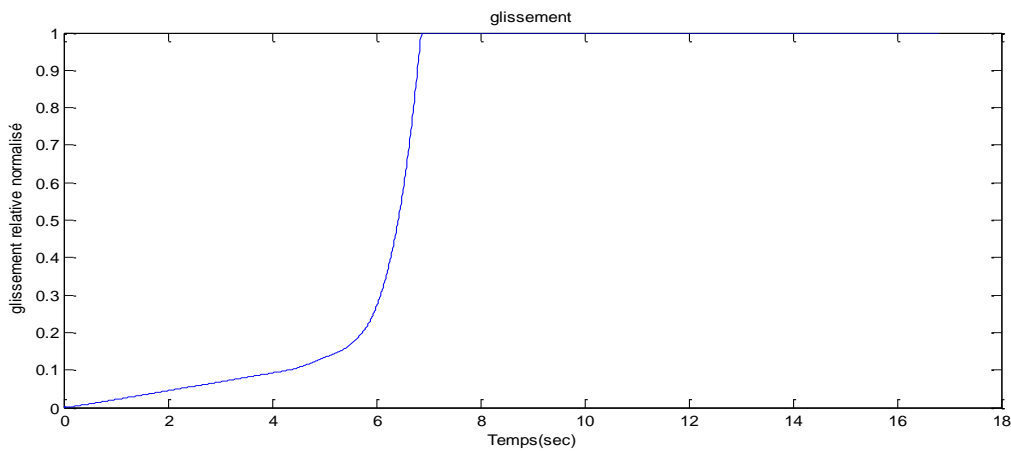


Figure 2: Il le glissement

Sur la (figure 2 :I ) Du haut, on observe que la roue se bloque en sept secondes environ. Le freinage, à partir de ce moment, est appliqué dans une partie moins qu'optimale de la courbe de glissement. C'est-à-dire que lorsque le glissement = 1, comme le montre le graphique inférieur de la (figure2 :II ), le pneu dérape sur la chaussée et la force de friction a diminué.

### 3 Command Mode glissant

L'objectif de command mode glissant est d'ajuster le coefficient de glissement  $\lambda$  par rapport  $\lambda_d$  la valeur de référence

$$\lambda_e(t) = \lambda_d(t) - \lambda(t) \quad (01)$$

Le contrôle de glissement conventionnel est définie par une fonction scalaire avec la surface de glissement donner par l'équation suivant

$$s(\lambda, t) = \left( \frac{\partial}{\partial t} + k_i \right)^{n-1} \cdot \lambda_e \quad (02)$$

Dans un system de second ordre la surface de glissement est définie comme suite :

$$s(\lambda, t) = \lambda' e(t) + k_1 \lambda_e(t) \quad (03)$$

$k_1$ Présent les paramètres de surface, la valeur de ce dernier est une condition pour l'existence de la surface de glissement c'est que  $k_1$  est strictement positif real constants.

Pour assurer la stabilité de system la fonction Lyapunov est donnée par la relation suivant :

$$V = \frac{1}{2} s^2(\lambda, t) \quad (04)$$

La loi de control précédemment citée garantie une trajectoire de system appartient à la surface de glissement  $s=0$ , pour tous les conditions initiales, si la condition suivant satisfaite :

$$V' = \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial t} (s^2(\lambda, t)) = s(\lambda, t) \cdot s'(\lambda, t) \leq -\eta |s(\lambda, t)| \quad (05)$$

Avec  $\eta$  un constant positif qui relie les trajectoires de system avec la surface de glissement dans un temps fini.

Dans cette approche qui on a suit la dérivative de la surface est déterminer par :

$$s'(\lambda, t) = -k_1\lambda_e - \lambda'_d + (a\lambda + b) + cu(t) + D \quad (06)$$

Avec :

$$a = m_v\omega_v R_\omega \quad b = R_\omega\omega_v m_v\omega_v J \quad c = J\omega_v \quad (07)$$

Nous obtiens

$$\text{sign}(s(\lambda, t))[-k_1\lambda_e - \lambda'_d + (a\lambda + b) + cu(t) + D] \leq -\eta \quad (08)$$

$$\text{Avec : } \text{sign}(s(\lambda, t)) = \begin{cases} -1 & \text{if } s < 0 \\ 0 & \text{if } s = 0 \\ 1 & \text{if } s > 0 \end{cases}$$

La loi de command de couple de freinage ( $T_b$ ) garantie que la trajectoire de system appartienne à la surface de glissement désirée, le control équivalent est décédé a partir de la condition  $s=0$  pour séparer la premier surface de glissement et le control équivalent.

$$U = \frac{1}{c}[-(a\lambda + b) + k_1\lambda_e + \lambda'_d - D^U \text{sign}(s(\lambda, t))] \quad (10)$$

Et  $D^U$  est une constante positive qui représente le gain relié à le contrôle discontinue

La loi de control mode glissant est donné par :

$$U = U_e + U_{ht}$$

$U_e$  : La commande équivalent

$U_{ht}$  : La commande discontinue

$$U_e = \frac{1}{c}[-(a\lambda + b) + k_1\lambda_e + \lambda'_d] \quad (11)$$

$$U_{ht} = c^{-1}[-D^u(s(\lambda, t))] \quad (12)$$

### 3.1 Simulation avec command en mode glissant

Pour évaluer la performance de ce contrôle des simulations ont été implantés MATLAB-SIMULINK.

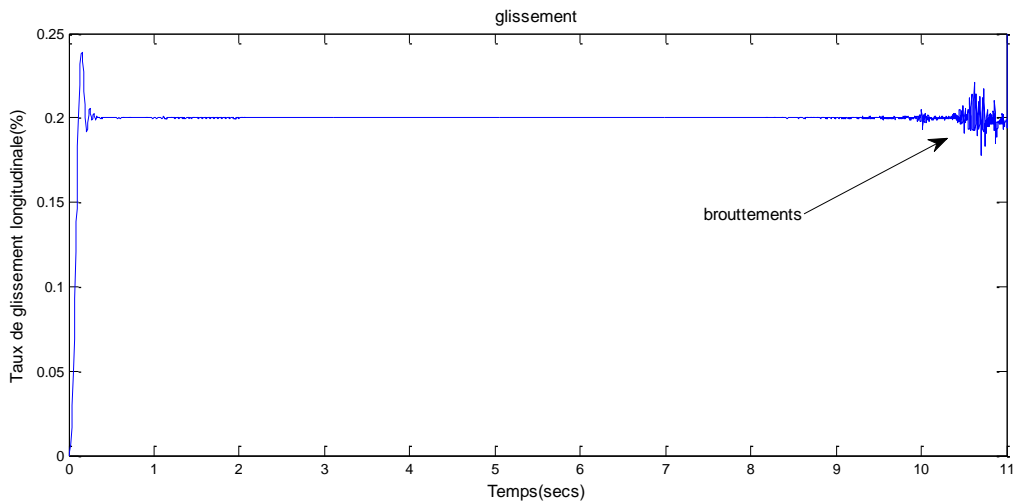


Figure 3:I le glissement relatif avec la commande mode glissant

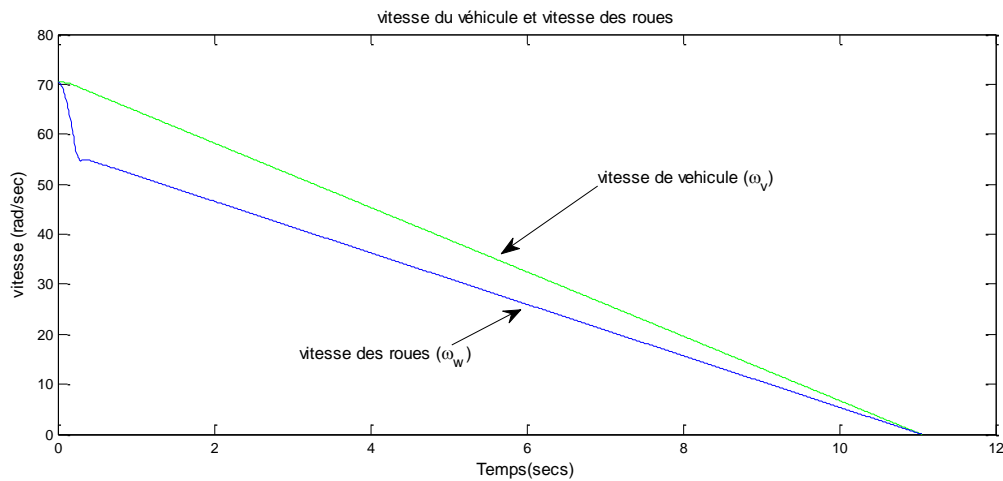


Figure 3:II vitesse du véhicule et vitesse des roues avec (SMC)

Les résultats de la simulation montrent que le SMC peut atteindre des performances de contrôle satisfaisantes, mais le résultat utilisant le contrôle de mode glissant conventionnel montre des vibrations dans tous les résultats de la réponse, l'oscillation de ces temps de

réponse à tendance à augmenter lorsque le véhicule s'arrête. Ce phénomène est évidemment indésirable car il peut endommager le système.

#### 4 Logique flou mode glissant

La commande mode glissant est une technique de contrôle non linéaire, on peut ajouter une intelligence par la combinaison de la logique floue à la commande par mode glissant traditionnel. La réaction comprenant les entrées de contrôle et le rapport de glissement est indésirable et contient des broutements.

Au moment de l'arrêt de véhicule des oscillations élevée sont observé et ce phénomène cause la détérioration des éléments de system de frein, la logique flou est un system baser sur la compréhension qui est vraiment utile dans les system non complètement développé ou contiens des informations incertaines.

La figure4 :I présent le model d'implantation de FSMC pour un ABS

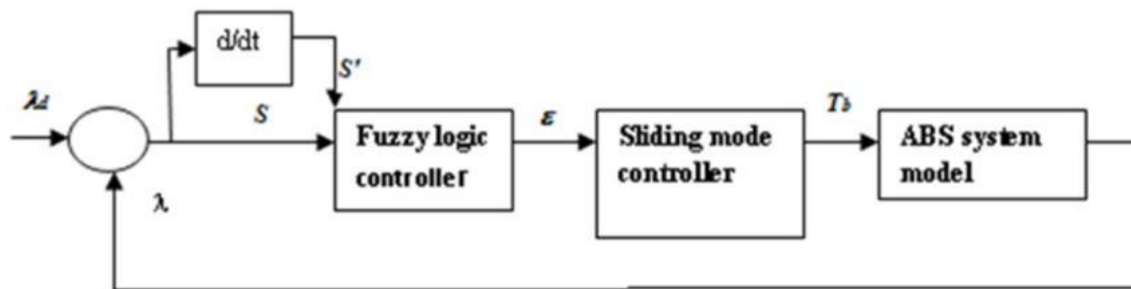


Figure 4:I le model d'implantation de FSMC pour un ABS

### 4.1 Conception d'un contrôleur flou :

Un contrôleur logique flou (Mamdani) est conçu avec deux entrées et une sortie, la surface de glissement  $s$  et le dérivé de surface de glissement  $DEV_s$ .

Des formes Gaussiennes sont sélectionnées pour les fonctions d'appartenances des entrées et la sortie, comme le montre la (figure4 : II et figure 4 : III).

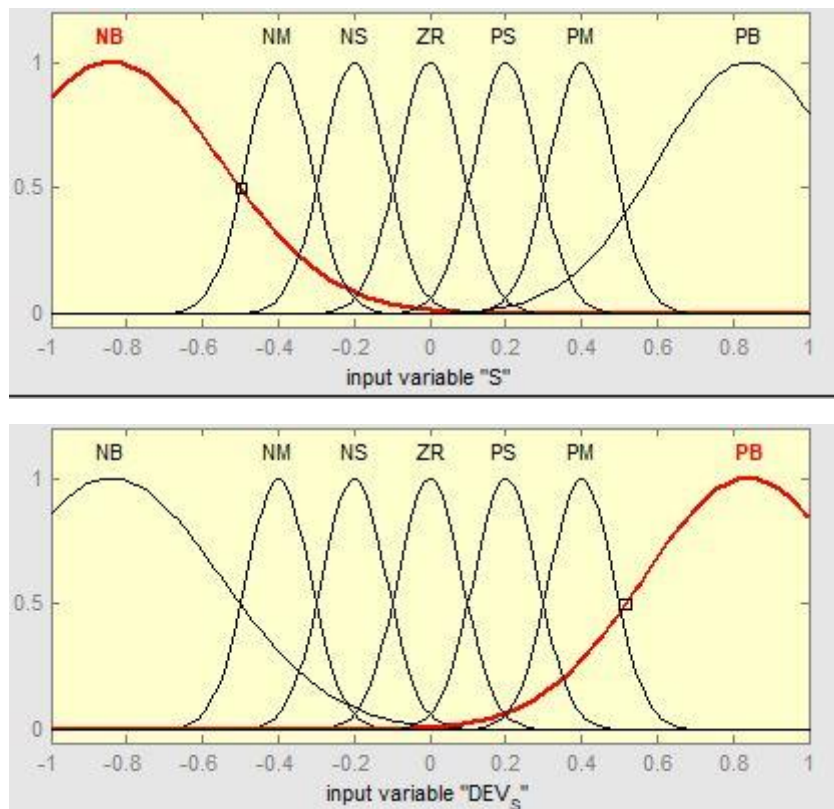


Figure 4:II fonctions d'appartenances des entrees

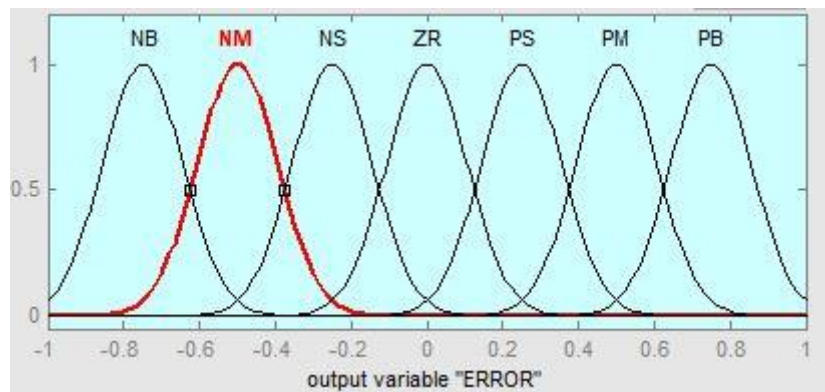


Figure 4:III fonction d'appartenances de la sortie

Les entrées et la sortie sont divisée a sept sous-ensembles flou (NB, NM, NS, ZR, PB, PM, PS) .

Comme le montre le tableau 02 :

Tableau 02 : la signification des sous-ensembles flou

NB	Negativebig	Négatif grand
NM	Negative medium	Négatif moyen
NS	Negativesmall	Négatif petit
ZR	Zero	Zéro
PB	Positive big	Positif grand
PM	Positive medium	Positif moyen
PS	Positive small	Positif petit

Pour les règles floues sont répertoriées dans le tableau 03 :

Tableau 03 : règles de contrôleur flou

ERROR	s							
DEV s		NB	NM	NS	ZR	PS	PM	PB
	NB	NB	NB	NB	NB	ZR	ZR	ZR
	NM	NB	NB	NM	NM	ZR	ZR	ZR
	NS	NB	NB	NS	NS	PS	PS	PM
	ZR	NB	NM	NS	ZR	PS	PM	PB
	PS	NM	NS	NS	PS	PS	PB	PB
	PM	ZR	ZR	ZR	PM	PM	PB	PB
	PB	ZR	ZR	ZR	PB	PB	PB	PB

## 4.2 Simulation avec command mode glissant logique flou

Dans la deuxième simulation on a introduit un contrôleur flou comme une solution à l'effet du broutement (chattering ) et on peut voir le changement qui est apparu dans la figure4 :IV

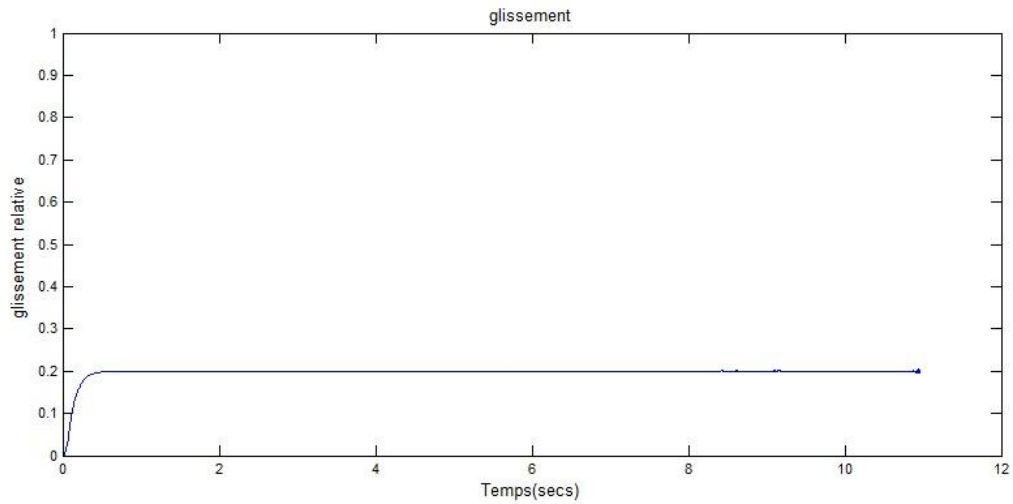


Figure 4:IV le comportement de glissement avec la FSMC

Comme le montre la figure4 :IV on peut noter que le phénomène d'oscillation a disparu avec l'utilisation du command hybride basé sur l'approche de mode glissant logique flou (FSMC), avec un contrôle de haute précision.

### *Conclusion générale*

Le système de freinage antiblocage est conçu pour optimiser la procédure de freinage tout en maintenant la maniabilité de l'automobile grâce à contrôler le patinage des roues. Cependant, en raison de la non-linéarité et de l'incertitude de la structure ABS, la conception du contrôleur pour Le patinage des roues rencontre tant de problèmes qui nécessitent un système de contrôle robuste.

Dans notre travail, un contrôleur mode glissant flou hybride est proposé pour résoudre ce problème. Le contrôleur conçu est une combinaison de contrôle de mode glissant et flou contrôlé. En fait, le système flou détermine le facteur de commutation du contrôleur de mode glissant proportionnel à l'automobile vitesse utilisant des règles floues. De cette façon, il pourrait éviter les fluctuations de commande de freinage à des vitesses inférieures.

Les simulations sont effectuées en utilisant le modèle de véhicule (trimestre) dans l'environnement MATLAB. Les résultats de la simulation ont révélé la capacité du système proposé à maintenir le taux de glissement à une valeur optimale ainsi réduire des chattering introduit par le contrôleur mode glissant, les deux approches proposés sont robustes et efficace pour commander le système de freinage ABS

## Bibliographie

- [1].... **Toufik, Y. S.-e.** (2009). *Etude et mise en place d'un système de freinage ABS sur un véhicule industriel (100L6)*. Mémoire de fin d'étude : Université Houari Boumediene.
- [2].... **ADAM, B.** (1985). *Technologie du freinage des véhicules industriels*. Édition technique pour l'automobile et l'industrie.
- [3].... **Tianku Fu.** «modeling and performance analysis Of abs systems with nonlinear control», Edition Eyrolles, 1997.
- [4].... **Pacejka, H. B., and Sharp, R. S.**, 'Shear force development by pneumatic tire in steady state conditions: a review of modeling aspects', *Vehicle System dynamics*, Vol. 20, 1991.
- [5].... **[fr.wikipedia.org/wiki/Antiblockiersystem](http://fr.wikipedia.org/wiki/Antiblockiersystem)**.
- [6].... « **Ce que vous devez savoir au sujet du ... dispositif de frein anti-blocage (ABS)** » [archive], Transports Canada, 3 décembre 2008.
- [7].... **Christian Haentjens**« le fonctionnement du système de freinage antiblocage » Formateur et auteur des éditions techniques.
- [8].... «**Contrôle et remise en état d'un frein abs**», niveau : **technicien spécialité : entretien du système de freinage.**
- [9].... **(Mémento de technologie automobile, Robert Bosch, 1988)**
- [10].... **P. Lopez, A. S Nouri**, "*Théorie Élémentaire Et Pratique De La Commande Par Les Régimes Glissant*", Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2006.
- [11]... **G. GRELLET, G .CLERC**, "*Actionneurs électrique, principes, modèles, commande*", Editions Eyrolles-2000.
- [12].... **H. Buhler**, "*Réglage par mode de glissement*", Presses Polytechniques Romandes, Lausanne, Suisse, 1986.
- [13].... **Slotine, J.-J. E., & Li, W.** "Applied Nonlinear Control". London: Prentice-Hall, Inc. 1991.
- [14].... **M. Laribi, M. S. Ait Cheikh, C. Larbes, N. Essounbouli, A. Hamzaoui**,  
"*A sliding mode and synergetic control approaches applied to induction motor*"

Proceedings of the 3rd International Conference on Systems and Control (ICSC), IEEE  
2013.

[15].... **V. Bregeault**, "*Quelques contributions à la théorie de la commande par modes glissants*", Thèse de doctorat, Ecole centrale de nantes, 2010.

[16]... [**Aliev et al, 1997**] R.A. Aliev, R.R .Aliev, Fuzzy Distributed System for Continuous Production, In Application of Fuzzy Logic: Towards High Machine Quotient Systems". (M.Jamshidi, A.Titli, L.Zadeh, S.Boverie, eds.), Prentice Hall PTR, New Jersey, 1997, pp.301-321.

[17]... **K. Lee and K. Park**, "*Optimal Robust Control of a Con-tactless Brake System Using an Eddy Current*," **Mecha-tronics, Vol. 9, No. 6, 1999, pp. 615-631.**

[18]... **C. Unsal and P. Kachroo**, "*Sliding Mode Measurement Feedback Control for Antilock Braking Systems*," **IEEE Transctions on Control Systems Technology, Vol. 7, No. 2, 1999, pp. 271-280.**

