

# Rapport du projet de fin d'année

SUJET : CONCEPTION ET DEVELOPPEMENT D'UN SYSTEME ABS

Réalisé par :

EL KANTRI Youssef

MANSOURI Anas

Encadré par :

Pr. AISSAOUI Karima

# REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de notre projet et qui nous ont orienté lors de la rédaction de ce rapport.

Tout d'abord, nous adressons nos remerciements à notre professeur, **Mme Aissaoui Karima** qui nous a beaucoup aidé dans le choix du sujet du projet qui est intéressant et en relation directe avec notre filière. Son écoute et ses conseils nous ont permis de cibler les points forts du projet, et de trouver les fonctionnalités adéquates pour la réussite de ce travail.

Enfin, nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont mis à notre disposition les outils nécessaires pour le développement et l'avancement de chaque partie du projet.

## RÉSUMÉ

Dans les véhicules modernes, les systèmes de freinage antiblocage sont utilisés pour empêcher le blocage des roues après le freinage. La dynamique du contrôleur du système de freinage antiblocage est influencée par un certain nombre de facteurs. Le modèle du véhicule est souvent non linéaire. Pour maintenir la valeur optimale du taux de patinage des roues, le contrôleur doit avoir un couple contrôlé. Le rapport de glissement est représenté en termes de vitesse du véhicule et de rotation des roues.

Tout d'abord, les équations dynamiques du système sont décrites, et un rapport de glissement est exprimé en termes de variables du système telles que la vitesse linéaire du véhicule et la vitesse angulaire de la roue. Simulink est utilisé pour réaliser ce système en simulant les différents blocs contenues dedans.

# ABSTRACT

Antilock braking systems are used in modern cars to prevent the wheels from locking after brakes are applied. The dynamics of the controller needed for antilock braking system depends on various factors. The vehicle model often is in nonlinear form. Controller needs to provide a controlled torque necessary to maintain optimum value of the wheel slip ratio. The slip ratio is represented in terms of vehicle speed and wheel rotation.

In present work first of all system dynamic equations are explained and a slip ratio is expressed in terms of system variables namely vehicle linear velocity and angular velocity of the wheel. By applying a bias braking force system, Simulink is used to realize this system by simulating the different blocks contained in it.

## Table des matières

1	Modélisation et simulation du système de freinage antiblocage (ABS) :.....	7
2	Modèle de véhicule :.....	7
3	Modèle de roue :.....	9
4	Patinage des roues :.....	10
5	Coefficient de frottement .....	10

## Liste des figures

Figure 1: Forces d'action lors du freinage d'un véhicule.....	7
Figure 2: Forces d'action lors du freinage des roues .....	9
Figure 3: Zone de stabilité du coefficient de frottement.....	11
Figure 4: Coefficient de frottement pour différents types de routes.....	13

# INTRODUCTION GÉNÉRALE

Les systèmes d'antiblocage de freinage , Anti-lock brake systems (ABS) empêchent les freins de se bloquer pendant que le véhicule freine. Les freins sont actionnés par le conducteur dans des conditions de freinage normales. Lorsque le conducteur amène les roues à se bloquer pendant un freinage brusque ou sur des routes glissantes, le système antiblocage prend le relais.

L'ABS module la pression de la conduite de frein indépendamment de la force exercée sur la pédale afin de ramener la vitesse de la roue dans la plage de niveau de glissement requise pour une efficacité optimale du freinage. Des capteurs de vitesse de roue, un modulateur hydraulique et une unité de commande électronique constituent un système antiblocage.

Pour empêcher le blocage de la roue contrôlée, l'ABS dispose d'un système de contrôle à rétroaction qui module la pression de freinage en fonction de la décélération et de la vitesse angulaire de la roue. Lorsque la vitesse du véhicule tombe en dessous d'un seuil prédéterminé, le dispositif s'arrête.

# Modélisation et simulation du système de freinage antiblocage (ABS) :

## 1 INTRODUCTION :

En termes de compréhension du phénomène de freinage et de l'effet de divers paramètres sur l'efficacité du freinage d'un véhicule, la modélisation mathématique et la simulation offrent des avantages significatifs.

Afin de maintenir le coefficient de frottement proche de la valeur optimale, les systèmes de freinage antiblocage (ABS) sont destinés à contrôler le glissement de la roue. Le glissement des roues est caractérisé, pendant le mouvement du véhicule, par le mouvement relatif entre une roue (pneu) et la surface de la route. Le glissement de roue se produit lorsque (par rapport à sa vitesse de roulage) la vitesse angulaire de la roue (pneu) est supérieure ou inférieure.

Nous introduirons des modèles mathématiques simplifiés (quarter-car model) pour le véhicule et la roue afin de simuler la dynamique de freinage d'un véhicule. Afin d'imiter le couple de freinage dans des conditions de glissement, un contrôleur ABS plus simple va également être introduit.

## 2 MODELISATION DU SYSTEME DE FREINAGE ANTIBLOCAGE (ABS) :

### 2.1 MODÈLE DE VÉHICULE :

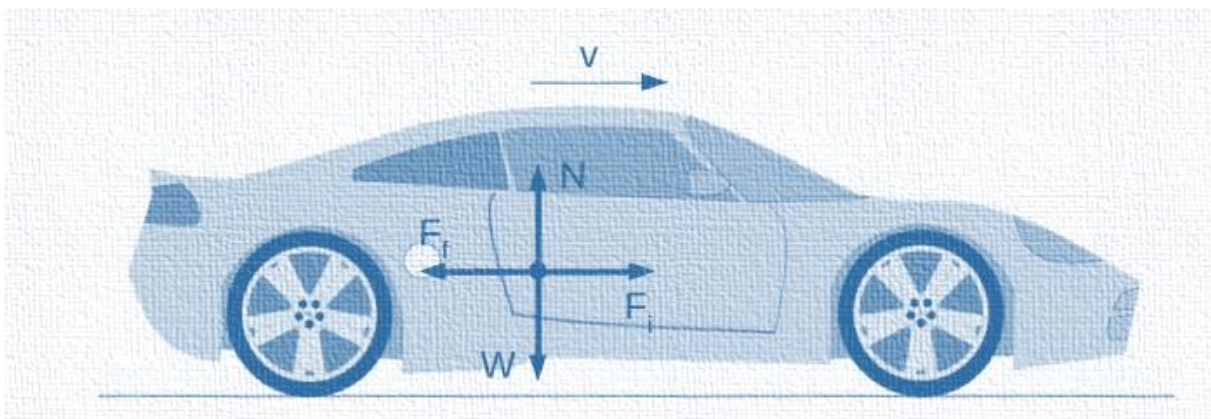


Figure 1: Forces d'action lors du freinage d'un véhicule

Nous pouvons écrire les équations de l'équilibre si nous considérons un véhicule allant en ligne droite dans des conditions de freinage :

- En ce qui concerne la direction horizontale

$$F_f = F_i \quad (1)$$

Avec :

$F_f$  [N] - est la force de friction entre la roue et le sol

$F_i$  [N] - est la force d'inertie du véhicule

- Pour la direction verticale

$$N = W \quad (2)$$

Avec :

$N$  [N] - force normale (réaction de la route)

$W$  [N] - poids du véhicule

On peut écrire les expressions de la force de friction comme :

$$F_f = \mu \cdot N \quad (3)$$

Où  $\mu$  [-] le coefficient de frottement entre la roue et la route.

Le poids du véhicule est :

$$W = m_v \cdot g \quad (4)$$

Le remplacement de (2) et (4) dans (3) donne l'expression de la force de frottement comme :

$$F_f = \mu \cdot m_v \cdot g \quad (5)$$

Où :

$m_v$  [kg] - est la masse totale du véhicule

$g$  [m/s<sup>2</sup>] - est l'accélération gravitationnelle

La force d'inertie est le produit entre la masse du véhicule  $m_v$  [kg] et l'accélération du véhicule  $a_v$  [m/s<sup>2</sup>] :

$$F_i = m_v \cdot a_v = m_v \cdot \frac{dv_v}{dt} \quad (6)$$

Où  $v_v$  [m/s] est la vitesse du véhicule.



À partir des équations (1), (5) et (6), nous pouvons extraire l'expression de l'accélération du véhicule :

$$\frac{dv_v}{dt} = \frac{1}{m_v} \cdot (\mu \cdot m_v \cdot g) \quad (7)$$

La vitesse du véhicule est obtenue par intégration de l'équation (7).

## 2.2 Modèle de ROUE :

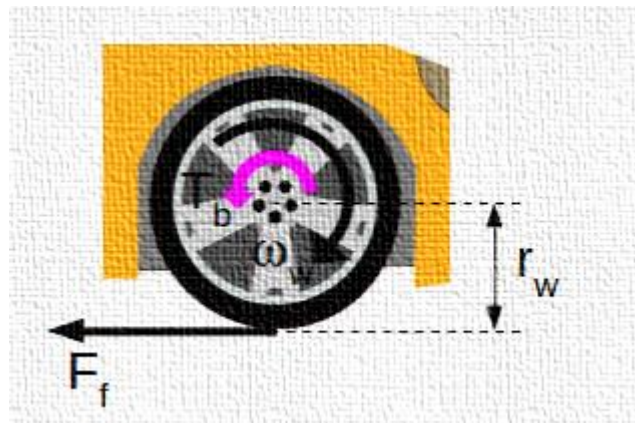


Figure 2: Forces d'action lors du freinage des roues

Lors du freinage, le conducteur applique un couple de freinage  $T_b$  [Nm] aux roues. La force de friction  $F_f$  [N] entre la roue et la route crée un couple opposé avec le rayon de roue  $r_w$  [m].

Pour simplifier, nous allons considérer que la roue est rigide et que la force normale (réaction de la route) passe par le centre de la roue, donc n'ajoute pas de couple supplémentaire.

Nous pouvons écrire l'équation d'équilibre pour la roue comme suit :

$$T_b - F_f \cdot r_w - J_w \cdot \frac{d\omega_w}{dt} = 0 \quad (8)$$

Où :

$J_w$  [kg.m<sup>2</sup>] - est le moment d'inertie de la roue

$\omega_w$  [rad/s] - est la vitesse angulaire de la roue

À partir de l'équation (8), nous pouvons extraire l'expression de l'accélération de la roue :

$$\frac{d\omega_w}{dt} = \frac{1}{J_w} \cdot (T_b - F_f \cdot r_w) \quad (9)$$

La vitesse de la roue est obtenue par intégration de l'équation (9).

### 2.3 Patinage des roues :

Le patinage des roues doit être géré par le système ABS autour d'un objectif idéal. Cela permet de mesurer le patinage des roues comme :

$$s = 1 - \frac{\omega_w}{\omega_v} \quad (10)$$

Où  $\omega_v$  [rad/s] est la vitesse angulaire équivalente du véhicule, égale à

$$\omega_v = \frac{v_v}{r_w} \quad (11)$$

Où  $v_v$  [m/s] est la vitesse du véhicule.

### 2.4 Coefficient de frottement

Le coefficient de frottement entre la roue et la route dépend de plusieurs facteurs, comme :

- le patinage des roues
- la vitesse du véhicule
- le type de revêtement de la route
- les conditions environnementales (humidité, température, etc.).

Nous ne prendrons en compte que la variance de la caractéristique du coefficient de frottement sur le glissement longitudinal des roues pour nos besoins de simulation.

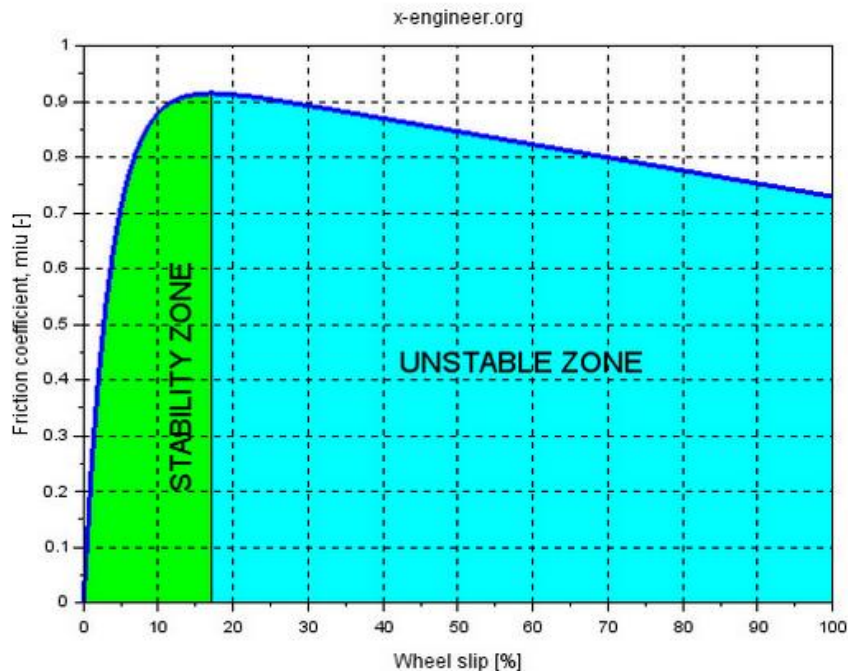


Figure 3: Zone de stabilité du coefficient de frottement

Si le patinage des roues est de 100 %, la roue est bloquée lors du freinage, mais le véhicule est toujours en mouvement. La roue et le véhicule ont exactement la même vitesse à 0% de glissement.

Lorsque le patinage des roues est d'environ 20 %, le coefficient de frottement optimal (valeur la plus élevée) est obtenu. La courbe du coefficient de frottement est divisée en deux zones, comme vous pouvez le voir :

- **Zone de stabilité** : où le coefficient de frottement augmente avec l'augmentation du patinage des roues
- **Zone instable** : où le coefficient de frottement diminue avec l'augmentation du patinage des roues

Si le patinage de la roue pénètre dans la zone instable, le coefficient de frottement diminue et la roue se bloque, ce qui entraîne le dérapage et l'instabilité du véhicule.

Les systèmes ABS devront maintenir le patinage de la roue autour de 20 %, là où le coefficient de frottement a les valeurs les plus élevées.

Le coefficient de frottement peut être exprimé sous la forme d'une fonction empirique, où le patinage de la roue est un argument de fonction :

$$\mu(s) = A \cdot (B \cdot (1 - e^{-C \cdot s}) - D \cdot s) \quad (12)$$

Où :

s [-] - est le patinage des roues

A, B, C, D [-] - sont des coefficients empiriques

En fonction de la valeur des coefficients A, B, C et D, la formule empirique (12) peut être utilisée pour représenter le coefficient de frottement pour différentes routes (types et états).

	Road type/state			
	dry concrete	wet concrete	snow	ice
A	0.9	0.7	0.3	0.1
B	1.07	1.07	1.07	1.07
C	0.2773	0.5	0.1773	0.38
D	0.0026	0.003	0.006	0.007

Figure 4:representation du coefficient de frottement des differents cas

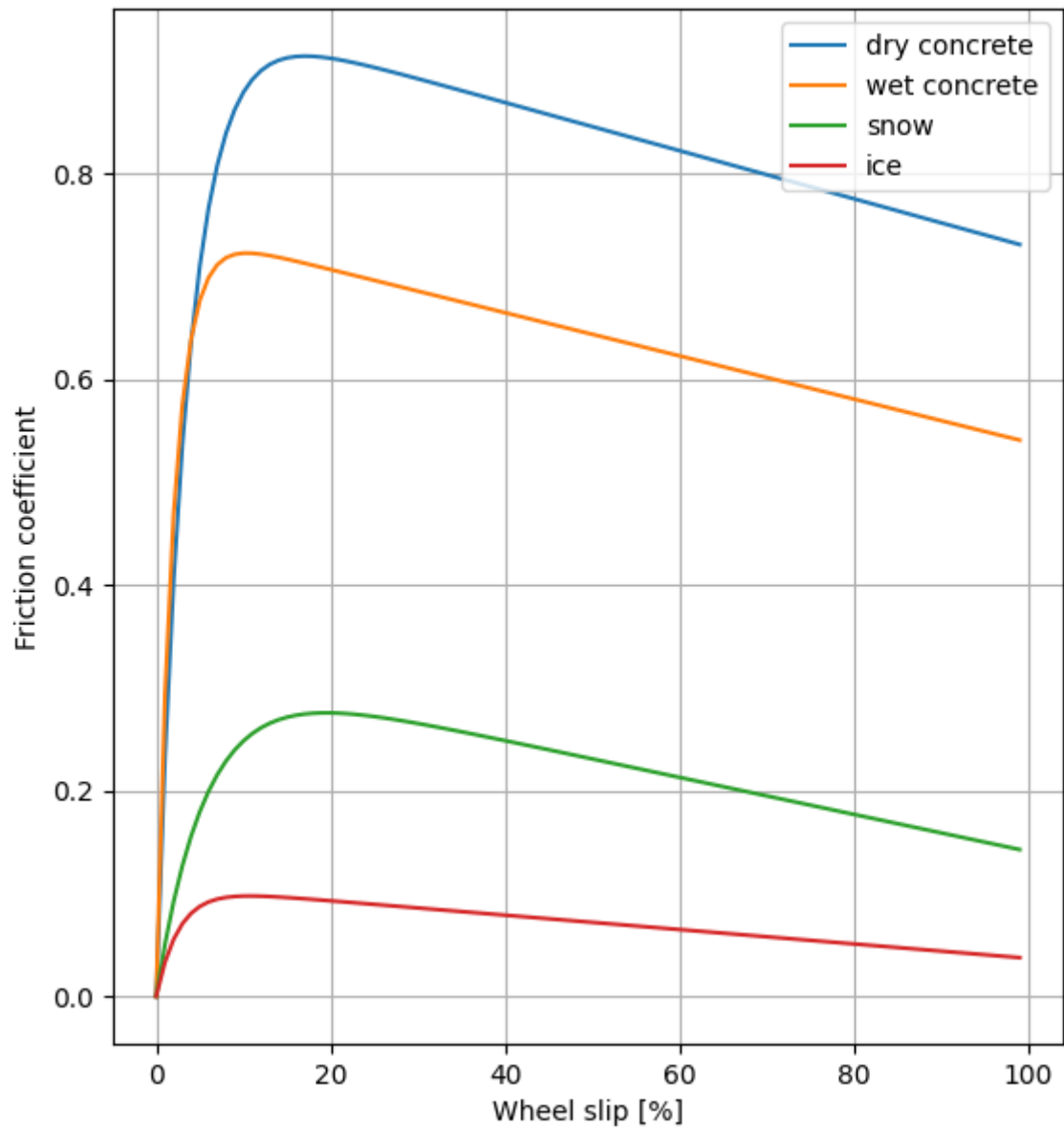


Figure 5: Coefficient de frottement pour différents types de routes

On peut voir dans l'image ci-dessus que la valeur maximale du coefficient de frottement pour un chemin couvert de neige ou de glace diminue considérablement.

### 3 SIMULATION DU SYSTEME DE FREINAGE ANTIBLOCADE (ABS) :

Après la modélisation du système ABS on est arrivé au stade de simulation on utilisant la programmation graphique avec Simulink , voilà le schéma final :

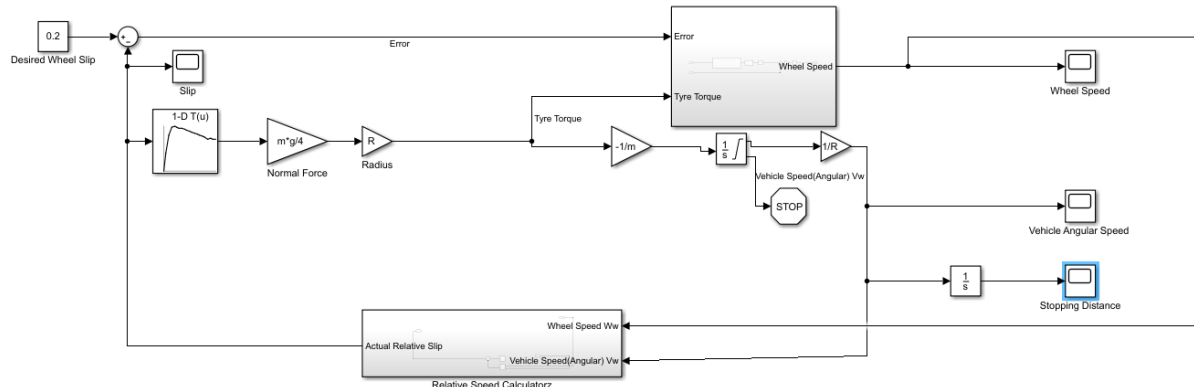


Figure 6 : schéma global du système ABS

Voilà les résultat qu'on a obtenue :

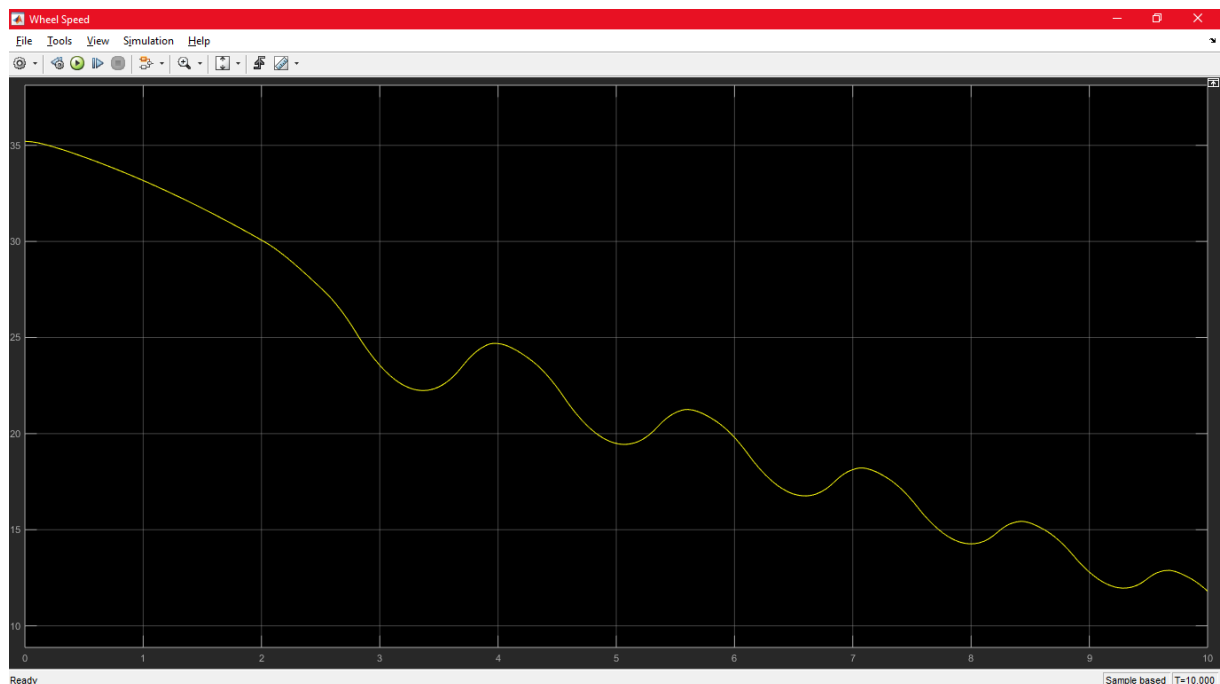


Figure 7 : graphe de vitesse de la roue

on peut facilement contrôler la voiture parce que la vitesse de la roue ça sera jamais zéro lors de la situation du freinage.

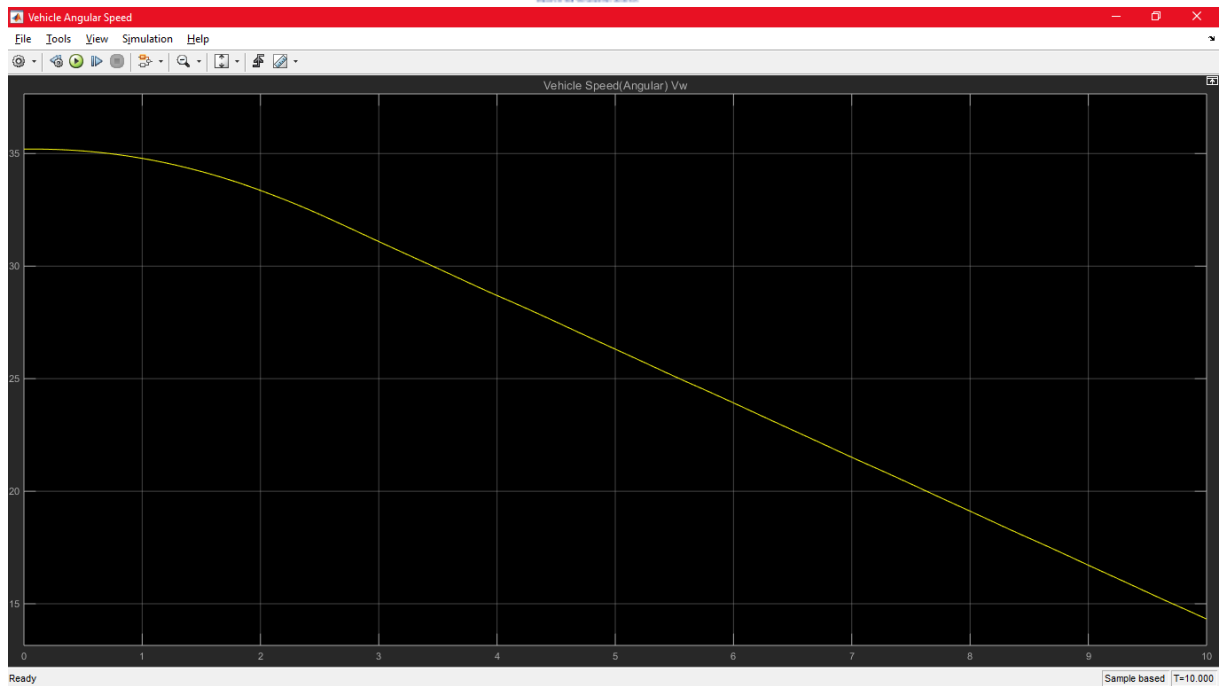


Figure 8: graphe de la vitesse de la vitesse angulaire du véhicule

Ce graphe nous montre que la vitesse de la voiture décroît lentement .



Figure 9 : graphe représentant la distance parcourue avant l'arrêt du véhicule

Ce graphe la nous montre la distance que on a traversé avant que la voiture arrête.

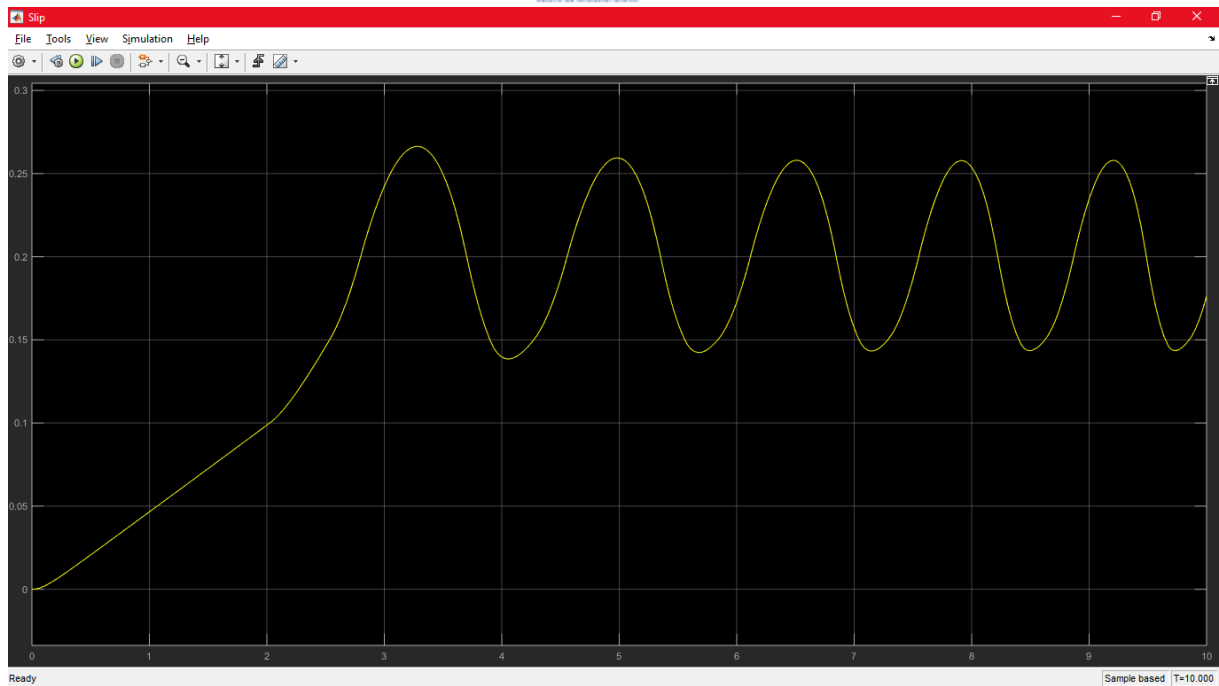


Figure 10 : graph du glissement de la roue

Ce graphe nous montre que le glissement de la roue va avoir une moyenne de 20% si on applique l'ABS ce qui va nous donner plus de contrôle sur la voiture.



# CONCLUSION

Dans cet article, un modèle mathématique d'un dispositif ABS basé sur le contrôleur Bang-Bang est simulé. L'efficacité du freinage du véhicule a été comparée et analysée avec et sans contrôleur Bang-Bang. Le freinage avec Bang-Bang réduit la vitesse des roues et du véhicule en même temps, ce qui permet de déterminer la distance de glissement, la vitesse et le glissement relatif du véhicule. Les résultats de la simulation sont concluants

D'après les résultats de la simulation, le Système ABS a une meilleure efficacité de freinage puisque la vitesse de la roue et la vitesse du véhicule sont régulées en même temps, ce qui empêche le véhicule de déraper lors d'un freinage de panique.

---

## Références :

<https://www.autoexpress.co.uk/car-news/98072/what-is-abs-anti-lock-brake-systems-explained>

<https://ena.etsmtl.ca/mod/book/view.php?id=50392&chapterid=212#:~:text=Souvent%20on%20parle%20d'un,%CE%BCK%20%E2%89%88%200.8>

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00851304/document>

## projet sur GitHub :

[https://github.com/anasmansouri/S5\\_PFA\\_ABS](https://github.com/anasmansouri/S5_PFA_ABS)