

Sujet à traiter et à rendre :

Modélisation d'un système de freinage par ABS par les SANs en vue d'évaluer ses paramètres de sûreté de fonctionnement

Lors d'un freinage, une roue bloquée fait courir au conducteur un danger qui est d'autant plus grand que la vitesse du véhicule est élevée. L'ABS (*Anti-lock Brake System*) est un système qui empêche le blocage des roues, la perte de stabilité ou de la maniabilité du véhicule (Fig. 1). Il optimise l'efficacité de freinage, en commandant le couple de freinage. Pour ce faire, des éléments mécaniques ou/et hydrauliques sont commandés par les résultats des calculs sur l'information reçue des capteurs. La défaillance du système complet peut être provoquée par une ou plusieurs défaillances de ses composants (Fig. 2).

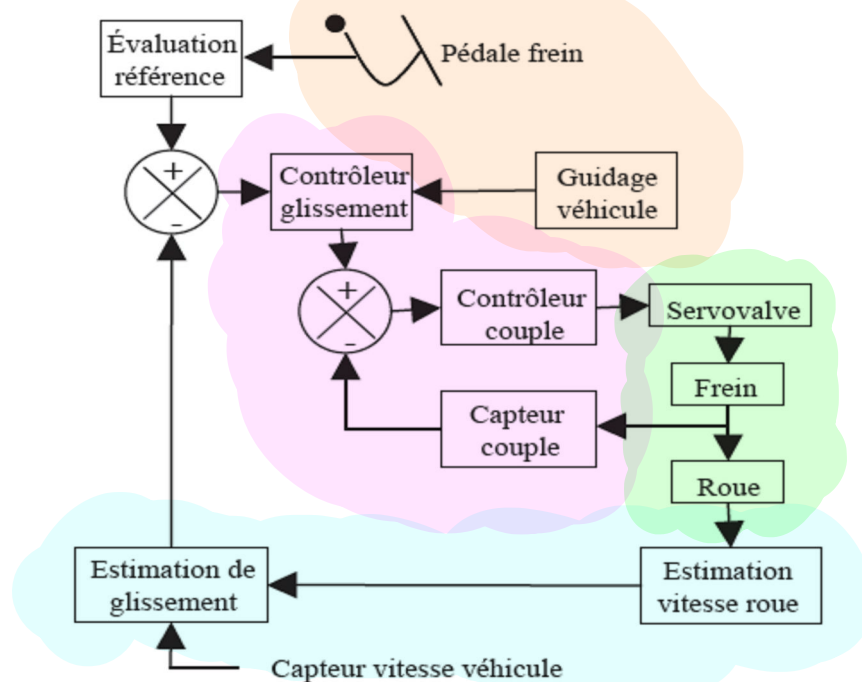
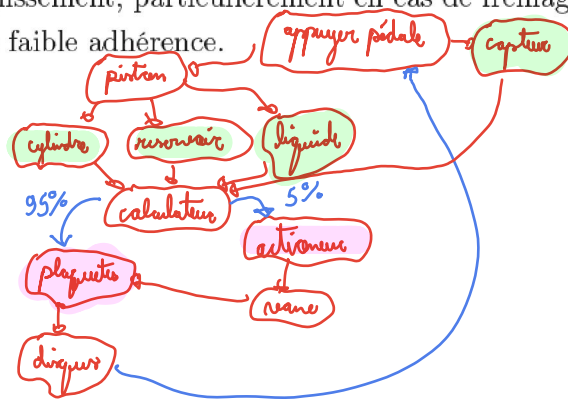


Figure 1. Principe de fonctionnement de l'ABS.

1. Principe de l'ABS :

Lorsque l'on actionne la pédale de frein, les capteurs sur les roues détectent une roue bloquée ou une différence entre la vitesse du véhicule et la vitesse de la roue. Si une telle situation se produit, les actionneurs hydrauliques diminuent la pression du liquide de freinage, jusqu'à ce que la roue commence à tourner ou jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de différence de vitesse mesurée. Ceci assure une bonne stabilité du véhicule et diminue le risque de glissement, particulièrement en cas de freinage d'urgence ou de freinage sur des surfaces de faible adhérence.



Le système de freinage de la (Fig. 2) décrit une variante simplifiée de l'ABS. Seules les roues avant sont asservies à l'aide d'un capteur de vitesse et d'un contrôleur (calculateur embarqué). Selon les informations reçues, le calculateur actionne la valve du circuit freinage.

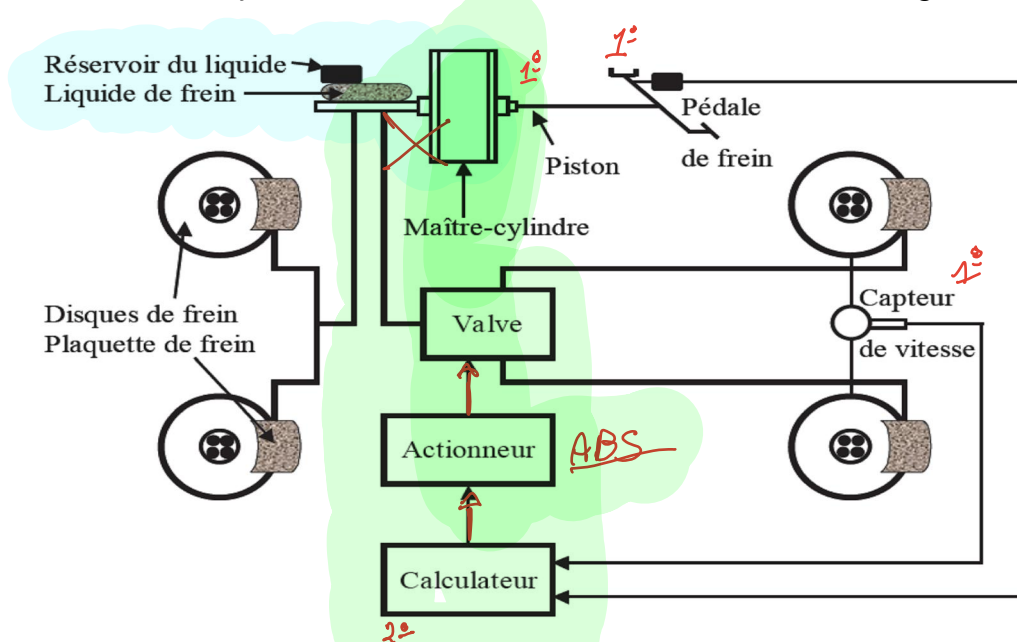


Figure 2. Système ABS avec un circuit.

2. Modèle fonctionnel et dysfonctionnel :

2.1. Modèle fonctionnel :

Un freinage peut s'effectuer donc en deux modes (en fonction de l'état des roues) : **avec ou sans ABS**. Ces deux modes comportent une phase commune, qui fait intervenir les composants suivants : **la pédale de frein, le piston, le liquide de frein, le réservoir du liquide, le maître-cylindre, le capteur de vitesse, le calculateur (avec le logiciel), les plaquettes de frein et les disques de frein**. Cette phase commune a le principe suivant :

Le freinage commence par une action sur la pédale. Simultanément, le propulseur (piston) envoie le liquide de frein dans le circuit et le capteur mesure la vitesse du véhicule. Selon les informations reçues relatives à la pression dans le circuit et à la vitesse du véhicule, et traitées par le logiciel embarqué, l'ABS est (ou n'est pas) actionné afin que les plaquettes agissent au mieux sur les disques de frein.

La phase faisant intervenir l'ABS comprend quand à elle les composants : **actionneur et valve**. Cette phase optionnelle se manifeste dans le fonctionnement du système décrit juste avant (phase commune) par une action de l'actionneur (commandé par le calculateur) qui empêche la pression d'augmenter dans le circuit, et la **fermeture du circuit de freinage par la valve**.

Lors d'un freinage traditionnel (sans ABS) ces composants supplémentaires (actionneur et valve) ne sont pas sollicités : l'actionneur n'est pas alimenté et le circuit de freinage reste ouvert.

On supposera que lors d'un freinage, il y a **95%** de chances que ça soit un freinage traditionnel, et **5%** de chances que ça se fasse avec ABS.

2.2. Modèle dysfonctionnel :

L'estimation de la fiabilité de l'ABS est basée sur l'architecture du système et sur ses composants. Cela nécessite une analyse préliminaire par des méthodes classiques (APR, AMDE, AMDEC,...). Une analyse du système ABS a permis d'identifier un certain nombre de défaillances possibles de l'ABS classées par rapport aux composants élémentaires du système et leurs modes de défaillance (Tableau 1).

	<u>Défaillances sous-système</u>	Type	<u>Système élémentaire</u>	<u>Modes de défaillance</u>
1	Mécanique		Pédale de frein	Rupture mécanique
2	Mécanique		Piston	Grippage
3	Mécanique	1	Liquide de frein	Problèmes de fluidité
4	Mécanique	2	Liquide de frein	Problèmes de lubrification
5	Mécanique		Réservoir du liquide	Fissuration du réservoir
6	Mécanique		Maître-cylindre	Grippage
7	Electronique		Capteur	Rupture du fil de liaison
8	Logiciel	1	Logiciel	Données aberrantes
9	Logiciel	2	Logiciel	Problèmes entrée/sortie
10	Logiciel	3	Logiciel	Défaillance système d'opération
11	Electrique		Actionneur	Court circuit de la bobine
12	Mécanique	1	Valve	Grippage
13	Mécanique	2	Valve	Fuite
14	Mécanique		Plaquette de frein	Usure des plaquettes
15	Mécanique		Disques de frein	Vitrification des disques de frein

Tableau 1. Liste de défaillance de l'ABS.

Il est désormais clair que ce système est mécatronique, puisque des éléments mécaniques, électroniques et logiciels interviennent dans le fonctionnement global. Ces éléments ont des caractéristiques de défaillance différentes : On supposera que les composants électroniques ont un mode de défaillance qui suit une loi exponentielle. Quand aux composants mécaniques, la loi Weibull sera utilisée. On supposera que les défaillances logicielles suivent également une loi exponentielle.

Ainsi, des données de fiabilités issues de bases de données ou de l'avis d'expert, on peut supposer les paramètres suivant pour les lois de défaillances des composants précédents :

☞ Pédale de frein, piston, défaillance liquide (modes 1 et 2), réservoir du liquide et le maître cylindre → Loi Weibull avec les paramètres $\alpha=1.5$, $\beta=1000$.

☞ Valve (modes 1 et 2) → Loi Weibull avec les paramètres $\alpha=1.5$, $\beta=100$.

☞ Plaquette de frein et disque de frein → Loi Weibull avec les paramètres $\alpha=1.5$, $\beta=1900$.

☞ Capteur, logiciel (modes 1, 2 et 3) et actionneur → Loi exponentielle de paramètre $\lambda=5,04.10^{-4}$.

Pour ce qui est du temps de réponse de ces éléments répondant à un fonctionnement normal (mode fonctionnel du système), on peut modéliser cela soit par un temps déterministe ou aléatoire. On prendra un temps aléatoire qui suit une lois LogNormale avec les paramètres μ et σ , comme indiqué sur le tableau 2.

Composant	Distribution "fonctionnelles"	Paramètres de simulation	
Pédale de frein	Lognormale	μ	2,3
		σ	0,05
Piston	Lognormale	μ	2,3
		σ	0,05
Liquide de frein, Réservoir du liquide Maître-cylindre, Capteur	Lognormale	μ	2,3
		σ	0,05
Logiciel	Lognormale	μ	2,3
		σ	0,05
Actionneur	Lognormale	μ	2,3
		σ	0,05
Valve	Lognormale	μ	3
		σ	0,05
Plaquette de frein	Lognormale	μ	3
		σ	0,05
Disques de frein	Lognormale	μ	3
		σ	0,05

Tableau 2. Paramètres des distributions du modèle fonctionnel.

3. Travail demandé :

1. Construire le modèle fonctionnel et dysfonctionnel de ce système en utilisant les réseaux d'activités stochastiques.
2. Pour quels cas le système sera considéré comme défaillant ?
3. Evaluer la fiabilité de ce système pour $T=100, 200, 300, \dots, 4000$ unités de temps (*u.t.*). Faire un tracé de la courbe d'évolution de celle-ci (avec *Excel* par exemple).
4. Pour $T=2000$ *u.t.* :
 - Calculer le nombre de cycles de sollicitation du frein ;
 - Le taux de freinage traditionnel et de freinage avec ABS ;
 - Calculer la contribution de chaque élément/composant dans la défaillance du système ;
5. Refaire la même chose que dans la question (4) pour $T=4000$ *u.t.* La contribution des composants est elle la même ? Quelle est le composant le plus sensible ?
6. En admettant que les bugs logiciels sont passagers, et le logiciel re-fonctionne normalement après une durée aléatoire qui suit une loi uniforme de paramètres (5, 7), comment modifier le modèle SAN pour en tenir compte ? Refaire la question (1) pour ce cas et comparer ?