

MODÉLISATION D'UN SYSTÈME DE FREINAGE PAR ABS PAR LES SANS EN VU D'ÉVALUER SES PARAMÈTRES DE SÛRETÉ DE FONCTIONNEMENT

TP 5 de Sûreté de fonctionnement

Université de Lorraine - ENSEM ISN 2A

FRANÇA DE SALES Déric Augusto

32219632

`deric-augusto.franca-de-sales6@etu.univ-lorraine.fr`

FERREIRA MARTINS Michelle

32219634

`michelle.ferreira-martins5@etu.univ-lorraine.fr`

04 mai 2023

Table des matières

1	Introduction	1
1.1	Fonctionnement du système	1
1.2	Les défaillances potentielles du système	3
1.3	Simulation	3
2	Objectifs	3
3	Réalisation des schémas fonctionnel et dysfonctionnel	4
4	Étude du système avec $T = 2000$ u.temps	6
5	Étude du système avec $T = 4000$ u.temps	7
6	Diagramme présentant la possibilité de réparation d'un composant	8
7	Discussion des résultats et conclusion	9
	Références	10

1 Introduction

L'ABS est un système électronique qui complète le système de freinage et empêche le blocage des roues en cas de freinage d'urgence brusque. Son nom vient de l'acronyme anglais : *Antilock Braking System* (système de freinage antiblocage). À l'aide de capteurs, le système surveille la vitesse dans les pneus et, lorsqu'il identifie que le freinage risque de provoquer le blocage d'une ou de plusieurs roues, il peut agir indépendamment sur chacune d'entre elles pour éviter que cela ne se produise.

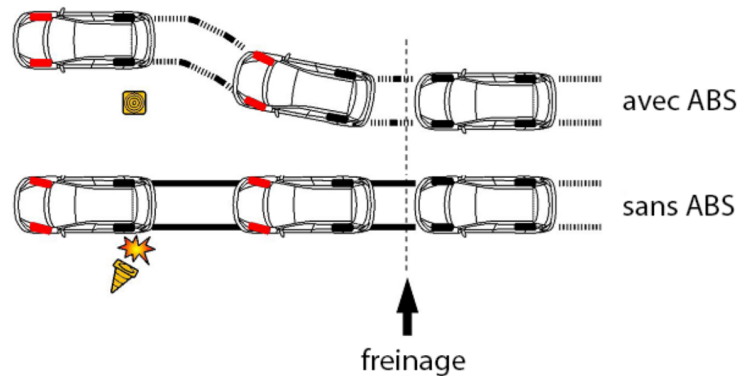


FIGURE 1 – schéma de l'effet du freinage ABS [1].

Le frein applique une pression et la relâche continuellement pendant quelques secondes, en pinçant le disque ou le tambour, selon le système. Tout cela se fait très rapidement afin d'éviter que les roues ne glissent sur l'asphalte et, par conséquent, d'augmenter le temps de freinage. Mais il n'intervient que lorsque le conducteur appuie fortement sur la pédale de frein. Le système permet ainsi d'éviter les accidents, car en cas de situation dangereuse, le conducteur pourra toujours manœuvrer la voiture sans risquer de bloquer les roues, comme le montre la Figure 1.

1.1 Fonctionnement du système

En spécifiant un peu plus le système qui a été traité, nous avons comme référence le schéma montré dans la Figure 2. Dans le système, après appuyer sur le pédale de frein, il actionne le piston qui modifie à son tour la pression du liquide de freinage, que fait les plaquettes bloquer les disques de frein.

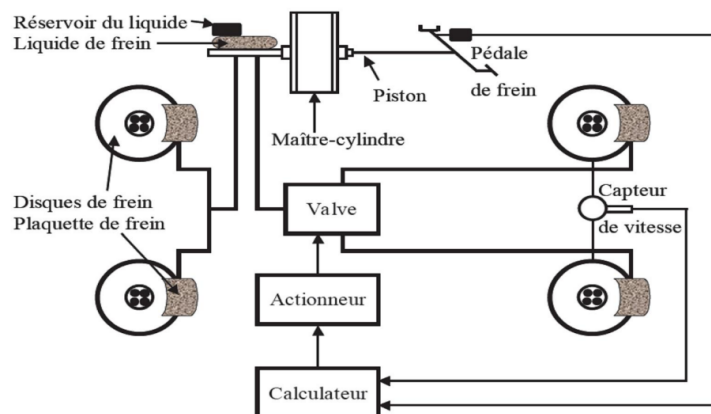


FIGURE 2 – Circuit simplifiée du système ABS [2].

Parallèlement, un capteur analyse la vitesse relative des roues du véhicule et envoie les données à un processeur. Le processeur analyse à son tour si les roues sont sur le point d'être bloquées et, si c'est le cas, il actionne un actionneur qui, à son tour, actionne une valve qui diminue la pression du liquide de frein, précédemment élevée en raison du mouvement de la pédale. Ainsi, les roues peuvent être débloquées et leur blocage est évité. Nous pouvons alors concrétiser le bouclage décrit dans le diagramme de la Figure 3.

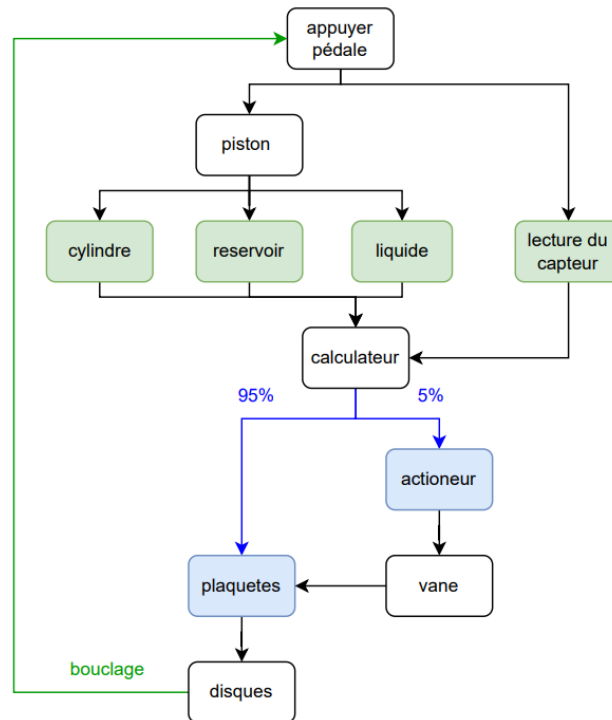


FIGURE 3 – Diagramme du chemin du système.

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

FIGURE 4 – Paramètres des distributions du modèle fonctionnel [2].

Nous savons également que le freinage du véhicule peut être effectué avec ou sans le système ABS, qui, comme il a été expliqué, n'est activé que lorsque les roues sont en train d'être bloquées. Aussi, nous considérons que les éléments du système ont un temps de réponse, entre leur activation et l'activation de l'élément suivant selon le schéma présenté. Cette temps de réponse sera modélisée comme un temps aléatoire qui suit une *LogNormale* avec les paramètres μ et σ selon indiquée sur le tableau de la Figure 4.

1.2 Les défaillances potentielles du système

Pour l'analyse des défaillances, nous considérons que, lors du freinage, il y a 95% de chances que le freinage soit traditionnel et 5% de chances que le système ABS soit activé. Aussi, compte tenu du fonctionnement du système décrit, les défaillances du tableau 5 sont prises en compte. A partir du tableau des défaillances, nous considérerons également que les défaillances des composants électroniques et logiciels présentent un mode de défaillance de loi exponentielle et que les défaillances des composants mécaniques présentent une loi de Weibull. Nous considérons aussi comme paramètres de défaillance $\alpha = 1$. et $\beta = 1000$ pour : le pédale de frein, piston, défaillances liquides, réservoir du liquide et le maître cylindrique. Aussi, $\alpha = 1.5$ et $\beta = 100$ pour la valve, $\alpha = 1.5$ et $\beta = 1900$ pour la plaque de frein et $\lambda = 5,04 \cdot 10^{-4}$ pour le capteur logiciel.

	Défaillances sous-système	Type	Système élémentaire	Modes de défaillance
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

FIGURE 5 – Liste de défaillance de l'ABS [2].

1.3 Simulation

Pour réaliser la simulation du système nous avons utilisé la modélisation en SANs (*Stochastic Activity Networks*) utilisant le programme Möbius [3] pour son exécution. Le système a été modélisé en modes fonctionnel et dysfonctionnel, en vue des objectifs suivants.

2 Objectifs

- analyser les modes de défaillance du système et évaluer sa fiabilité au long du temps ;
- calculer la contribution de chaque composant dans la défaillance du système ;
- recueillir des données sur le fonctionnement du système :
 - nombre de cycles de sollicitation du frein ;

- taux de freinage traditionnel et avec ABS ;
- analyser des impacts du changement du système dans les défaillances.

3 Réalisation des schémas fonctionnel et dysfonctionnel

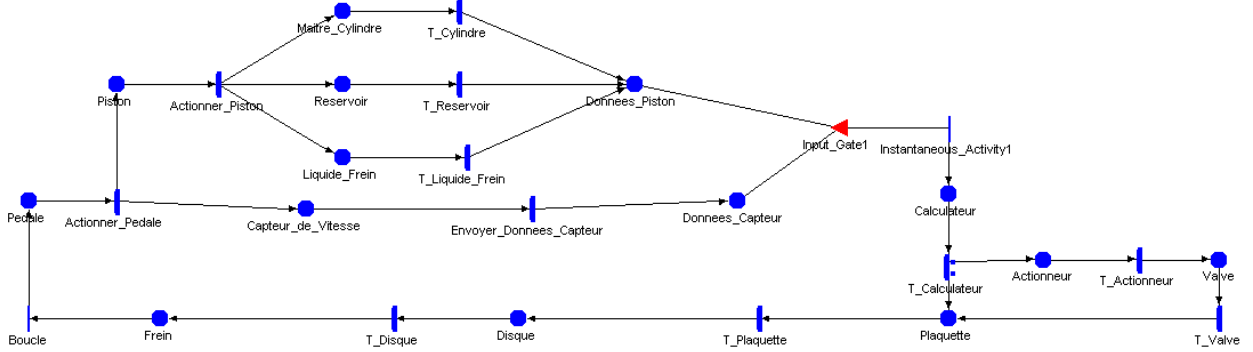


FIGURE 6 – Modèle ABS fonctionnel crée dans le programme Möbius.

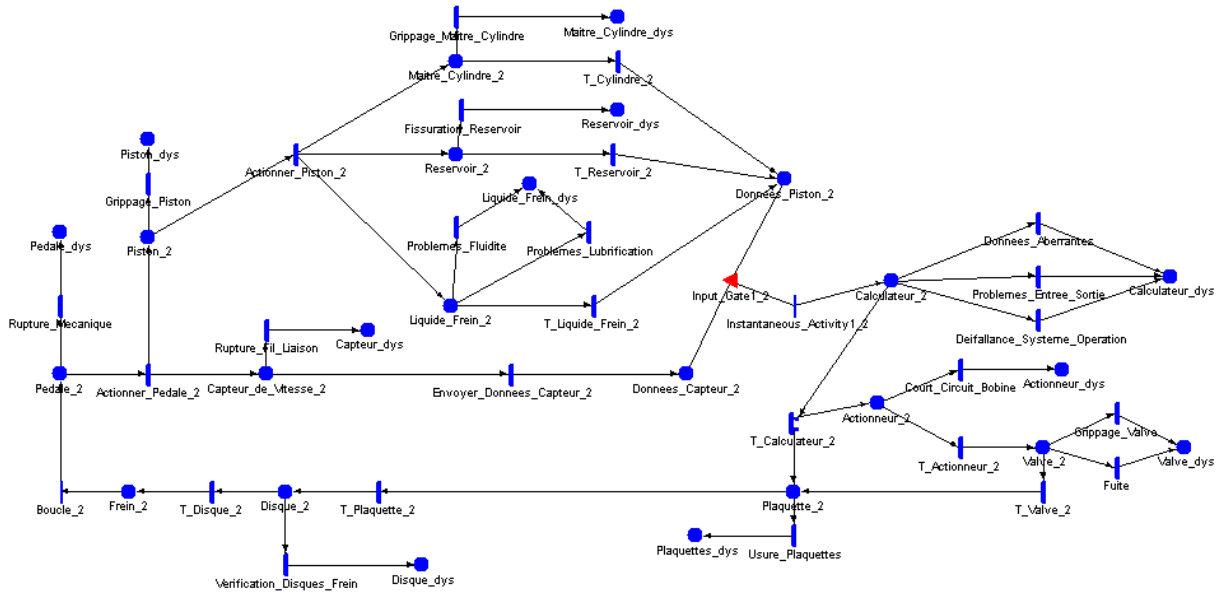


FIGURE 7 – Modèle ABS dysfonctionnel crée dans le programme Möbius.

Les deux systèmes ont été modélisés considérant les paramètres présentés pour le tableau de la Figure 4, ajouté à partir du logiciel Möbius, comme le montre la Figure 8. Le système de la Figure 6 passe à dysfonctionnel (Figure 7) ajoutant les défaillances présentés dans la liste de la Figure 5. Dans cette cas, il y a des places supplémentaires dans le diagramme qui permettent de détecter se le système soit défaillant. Pour configurer les simulations, les commandes des portes d'entrée ont également été ajoutées, comme le montre la Figure 9, et pour capturer les données de défaut, les configurations ont été réalisées comme le montre la Figure 10.

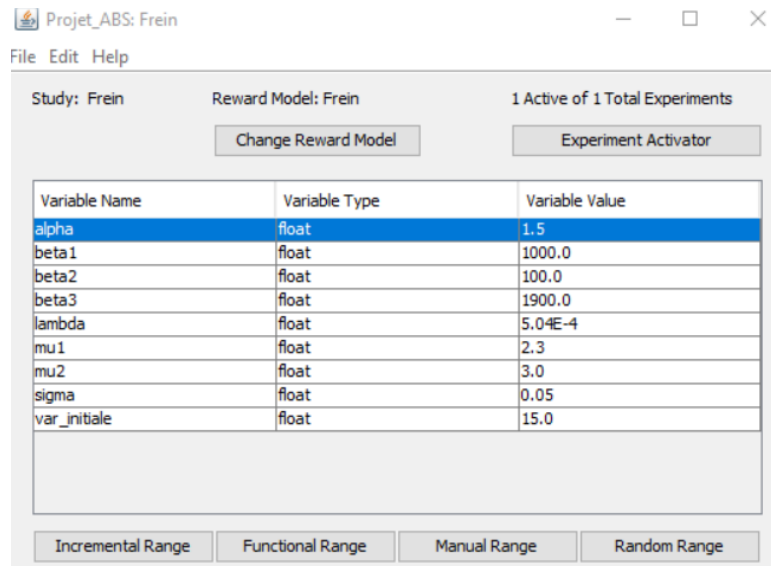


FIGURE 8 – Paramètres de simulation ajoutés dans le programme de Möbius.

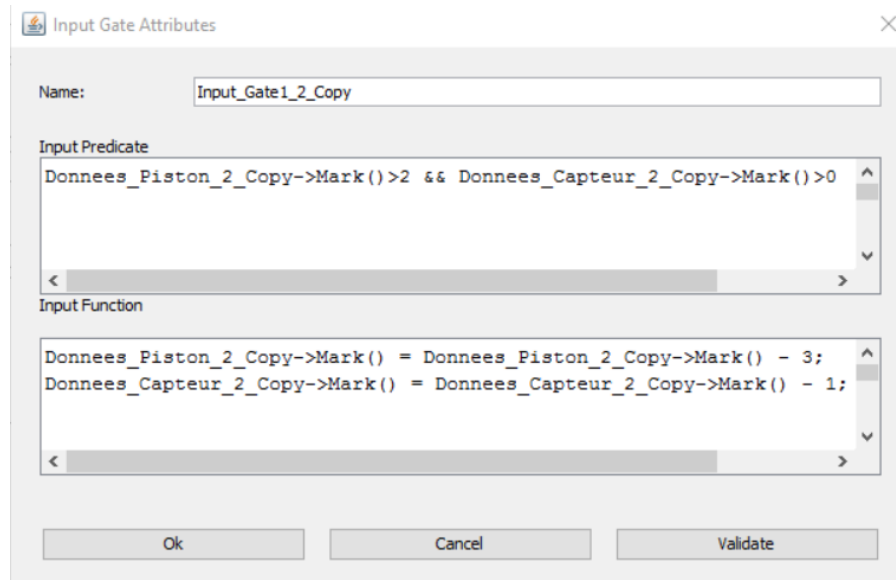


FIGURE 9 – Commandes de configuration mises au *input gate* présent dans les schémas de las Figures 6 et 7.

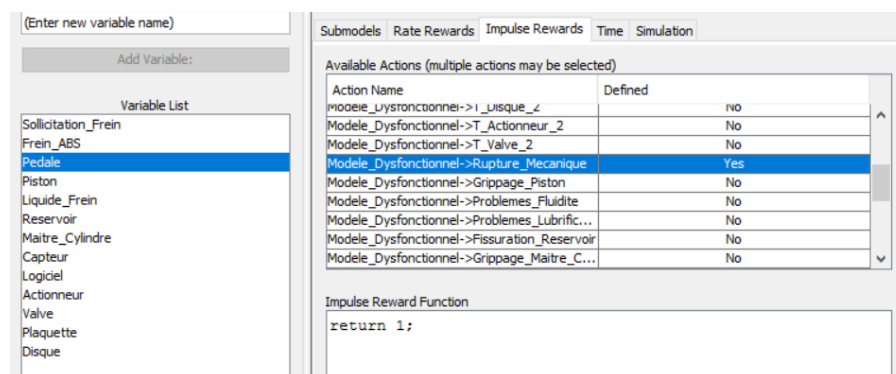


FIGURE 10 – Variables ajoutées pour indiquer la défaillance d'un composant.

La Figure 10 montre comment la configuration est effectuée. Un indicateur est créé et chaque fois que la transition se produit, une valeur est ajoutée à cette variable.

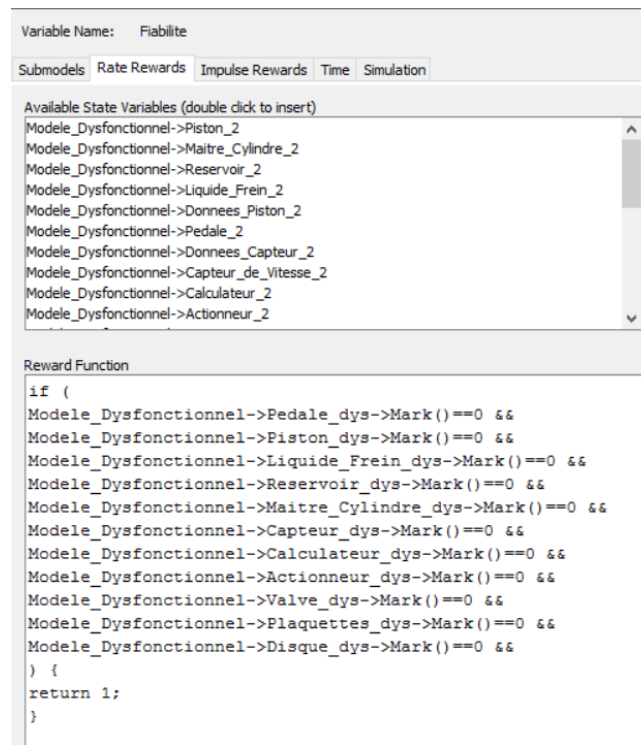


FIGURE 11 – Fonction de *reward* construit dans le modèle crée dans le programme Möbius.

Afin de calculer la fiabilité du système (lorsqu'il n'y a pas de défaillance), une fonction de récompense a également été créée, comme le montre la Figure 11. Cette fonction est chargée de renvoyer une valeur positive lorsque tous les points de défaillance sont égaux à 0, c'est-à-dire lorsqu'il n'y a pas de défaillance.

4 Étude du système avec $T = 2000$ u.temps

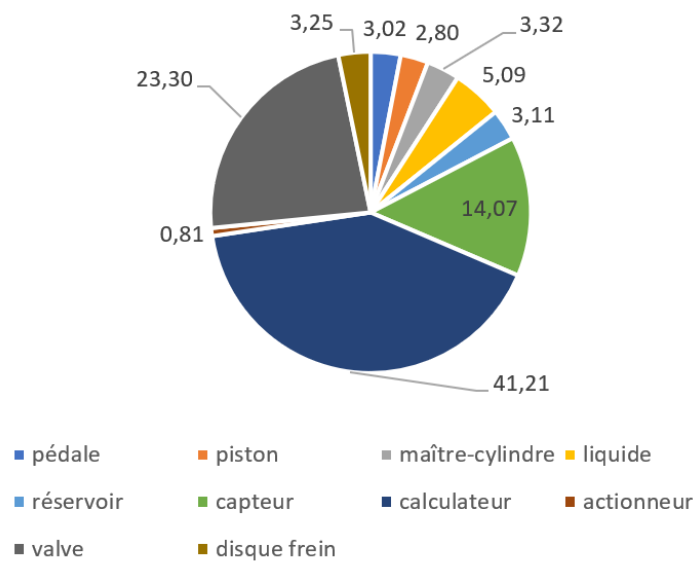


FIGURE 12 – Défaillance de chaque composant sur 2000 u.temps.

Après avoir appliqué tous les paramètres décrits et construit le modèle dysfonctionnel, nous obtenons le résultat de la Figure 12 (généré au Excel avec les données obtenues pour la simulation au Möbius) pour $T = 2000$ u.temps.

En ce qui concerne l'utilisation de l'ABS, nous avons également obtenu 0,84 utilisation sur un total de 18,45 utilisations totales du frein. Nous avons donc une utilisation d'environ 4,6% du système ABS, proche des 5% théoriques. Les valeurs sont calculées en analysant la transition de l'actionneur pour le ABS et la *Plaquette* pour les freinages totales et en vérifiant combien de fois ces transitions ont été franchies. On constate sur le schéma de la Figure 3 que l'on peut effectivement vérifier combien de fois le système de freinage ABS a été utilisé en regardant la transition entre l'actionneur et celui des plaquettes vers le freinage global.

5 Étude du système avec $T = 4000$ u.temps

En simulant maintenant pour $T = 4000$ u. temps, nous obtenons le graphique de la Figure 13. Nous pouvons également tracer la courbe de fiabilité du système comme le montre la Figure 14 selon la fonction de la Figure 11 créée.

En ce qui concerne le nombre de freinages, nous avons eu cette fois 26,46 utilisations, avec 1,24 utilisation de l'ABS, soit un pourcentage de 4,7% d'utilisation de l'ABS. Ainsi, on constate que dans la période de simulation considérée, le taux d'utilisation de l'ABS par rapport au freinage normal reste pratiquement le même.

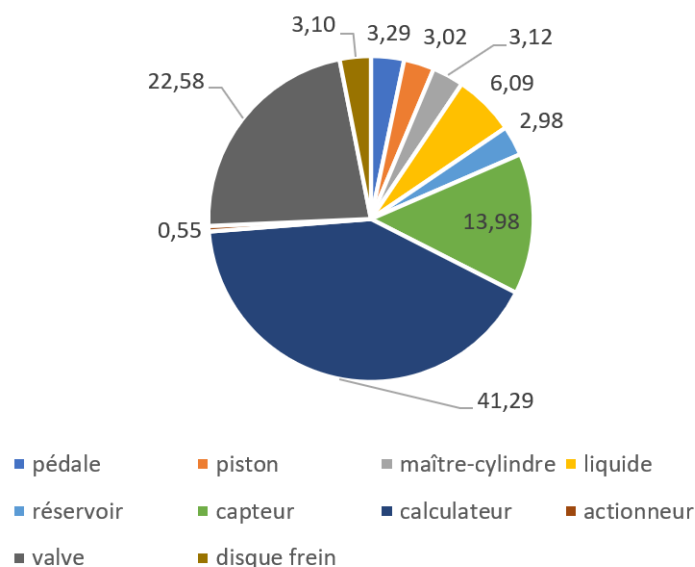


FIGURE 13 – Défaillance de chaque composant sur 4000 u.temps.

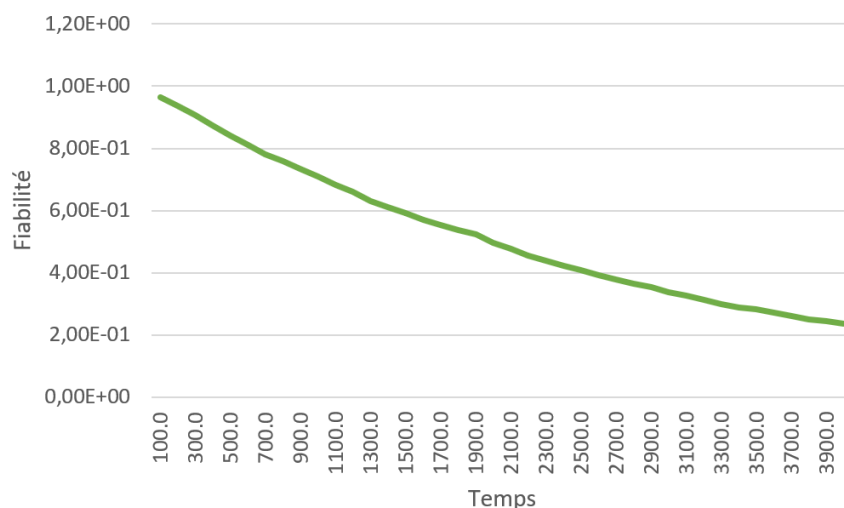


FIGURE 14 – Courbe de fiabilité obtenue dans le temps jusqu'à 4000 u.temps.

6 Diagramme présentant la possibilité de réparation d'un composant

En analysant les données recueillies, nous avons conclu que le composant qui générait le plus de défaillances dans le système était le processeur. Nous avons donc créé un nouveau diagramme (Figure 15) en ajoutant la possibilité de réparer le processeur. En analysant les données recueillies, nous avons conclu que le composant qui générait le plus de défaillances dans le système était le processeur. Nous avons donc créé un nouveau diagramme en ajoutant la possibilité de réparer le processeur. Il a été défini que la réparation suit une loi uniforme selon les paramètres 5 et 7 de la liste de la Figure 5.

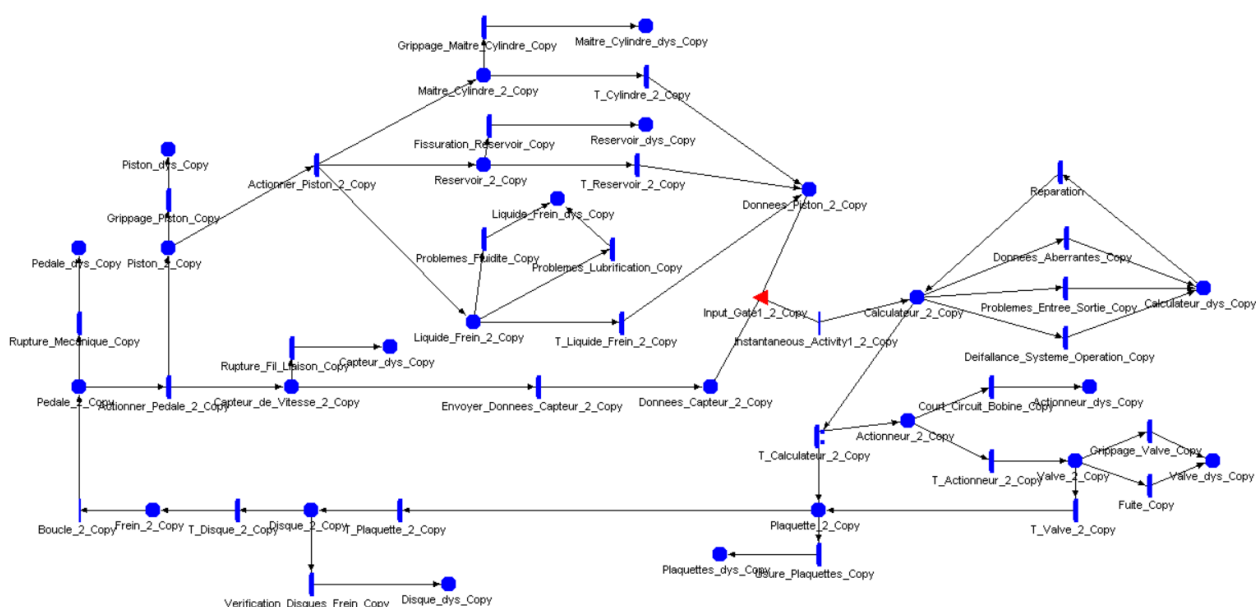


FIGURE 15 – Schéma de la Figure 7 avec l'ajout de la possibilité de réparation du calculateur.

Nous pouvons constater un changement dans la courbe de fiabilité après l'ajout de la réparation, comme le montre le graphique de la Figure 16.

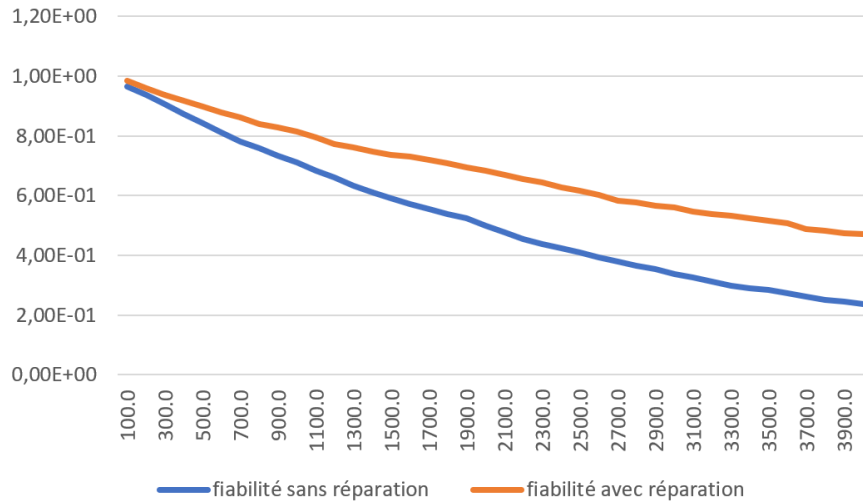


FIGURE 16 – Évolution de la fiabilité avec et sans effet de la réparation.

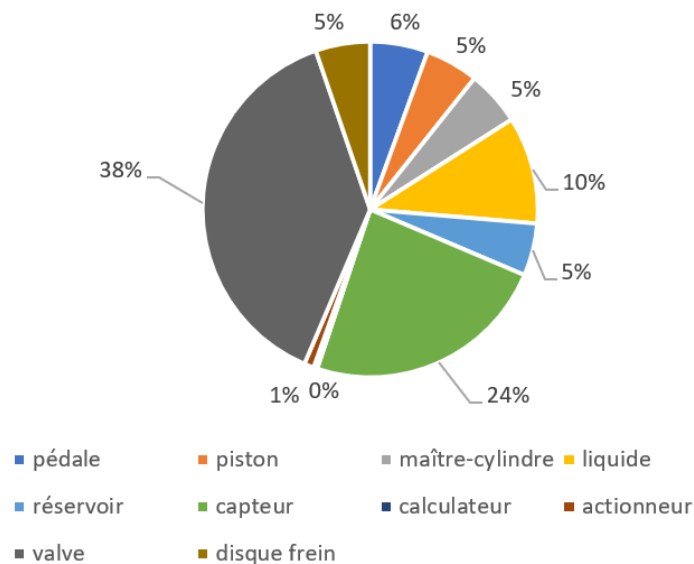


FIGURE 17 – Défaillance de chaque composant sur 4000 u.temps. avec la possibilité de réparation du calculateur.

7 Discussion des résultats et conclusion

Nous savons que le système sera considéré défaillant quand quelque composant présenté pour le tableau de la Figure 5 soit défaillant. Les courbes 14 et 16 montrent que la fiabilité du système diminue avec le temps et que le système est plus fiable après l'ajout de la possibilité de réparation dans le processeur. Avec cet ajout, nous réalisons que le système sera environ 20% plus fiable.

Les résultats de las Figures 12 et 13 montrent que le calculateur est le composant qui contribue le plus à la défaillance du système, ce qui se produit dans environ 40% des cas. Ce fait s'explique par le fait que le calculateur présente trois types de défaillance différents, un nombre plus élevé que les autres composants. Nous avons également remarqué qu'en deux fois plus de temps, nous n'aurons pas de grand changement en ce qui concerne les défaillances du système, avec une différence moyenne de moins de 1 % dans les éléments.

Les résultats nous permettent donc de conclure que la valve et le calculateur sont les princi-

paux responsables des défaillances du système. La Figure 17 montre également qu'après l'ajout de l'option de réparation du processeur, celle-ci cesse d'être un problème de système et n'affiche plus de pourcentage d'échec par rapport aux autres. La valve devient alors le composant le plus problématique dans cette situation. Nous avons également constaté que l'ABS était utilisé environ 5% du temps de freinage.

Références

- [1] Toyota. Campagne cerveau à bord. système de freins antiblocage (abs).
- [2] S. MAZA. Sujet donnée en cours. université de lorraine. cours sûreté de fonctionnement-partie3 : Les sans. modélisation d'un système de freinage par abs par les sans en vu d'évaluer ses paramètres de sûreté de fonctionnement. disponible sur arche.
- [3] Möbius. Model-based environment for validation of system reability, availability, security, and performance. disponible sur : <https://www.mobius.illinois.edu>.