Afrique SCIENCE *14(2) (2018) 342 - 352*
ISSN 1813-548X, http://www.afriquescience.info

Étude comparative de l'impact des dysfonctionnements sur la fiabilité et la performance des systèmes industriels complexes

Boniface ONDO ENGOUANG*, Timothée KOMBE et Pierre ELE

Laboratoire Technologies et Sciences Appliquées, Université de Douala BP 24157 Douala, Cameroun

* Correspondance, courriel : *bonitoondo@gmail.com*

Résumé

Dans ce travail, nous présentons une nouvelle méthode d'étude comportementale et dysfonctionnelle d'un système industriel complexe par l'influence des arrêts. A partir des fiches techniques, nous avons recueilli les données sur les arrêts propres et induits dans deux sociétés manufacturières Gabonaises. Ces données ont été traitées dans le but de répondre à la question est-il possible de dire qu'un système est fiable sans le calcul des indices de fiabilité. Cette étude comparative montre que la méthode donne des résultats encourageants.

Mots-clés : *fiabilité, indicateurs de performance, système industriel complexe.*

Abstract

Comparative study of the impact of dysfunctions on the reliability and the performance of complex industrial systems

In this work, we present a new method of behavioral and dysfunctional study of a complex industrial system by the influence of the judgments. From the data sheets, we collected data on clean and induced shutdowns in two Gabonese manufacturing companies. These data have been processed in order to answer the question is it possible to say that a system is reliable without the calculation of reliability indices. This comparative study shows that the method gives encouraging results.

Keywords : *reliability, performance indicators, complex industrial systems.*

1. Introduction

Les industriels s'équipent ou conçoivent de nos jours des systèmes de plus en plus complexes face aux exigences des consommateurs par rapport à la qualité du produit qui leur est destiné. Cette complexité accroit l'occurrence de dysfonctionnement des équipements. Ce comportement entraine d'importantes conséquences telles que la perte de performance et la fiabilité du système [1]. Et cela a une incidence directe sur la production, les finances, le temps, l'indisponibilité des machines, la perte de performance, la baisse de rendement synthétique d'où la perte de fiabilité du système. Les enjeux sont énormes pour les industriels, ceux de pouvoir maitriser les risques, la fiabilité et les performances de leur système, ce qui leur permettra de pouvoir résister à la concurrence du marché et de pouvoir survivre. Plusieurs études ont été menées,

certaines ont eu pour mission la détermination des indicateurs de fiabilité pour la robustesse d'un système [2, 3]. D'autres par contre ont choisi le remplacement approches existantes [4 - 6]. Certes, la question a fait l'objet de plusieurs études par le passé, Ce la méthode de la détermination de la fiabilité qui s'appuie sur l'observation de l'influence des arrêts propres et induits n'a jamais été explorée. Cet article est composé de trois parties: la première partie définie la méthode de résolution du problème, la seconde sera consacrée aux résultats et discussion et la dernière apporte la conclusion du travail.

2. Méthodologie

2-1. Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels complexes

Un système complexe est un système dont la configuration présente des structures combinées. Le comportement d'un tel système varie au cours du temps, en fonction des interactions entre les composants eux-mêmes, ou avec l'environnement extérieur. Les principales configurations qu'on rencontre sont : série, parallèle, mixte ou redondant [7 - 9].

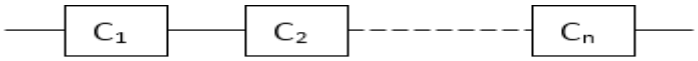

Figure 1 : *Système série*

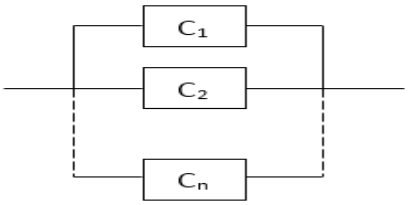

Figure 2 : *Système parallèle*

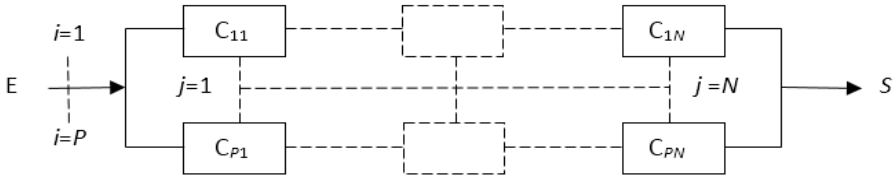

Figure 3 : *Système mixte*

La sûreté de fonctionnement (SdF) est définie par comme la science des défaillances. Au sens strict, la sûreté de fonctionnement est l'aptitude d'une entité à assurer une ou plusieurs fonctions requises dans les conditions données [10, 11]. La sûreté de fonctionnement porte sur l'ensemble du cycle de vie d'un système. Les études prévisionnelles de sûreté de fonctionnement regroupent les activités d'évaluation de la *fiabilité*, de la *maintenabilité*, de la *disponibilité* et de la *sécurité* d'une organisation d'un système, d'un produit ou d'un moyen en cours de développement [12]. Ces évaluations permettent par comparaison aux objectifs ou dans l'absolu, d'identifier les actions de construction (ou d'amélioration) de la sureté de fonctionnement de l'entité. Autrement dit, les études opérationnelles sur la sûreté de fonctionnement concernent le suivi des performances d'un système en exploitation. Elles permettent de s'assurer que les performances annoncées sont tenues pendant l'ensemble de la vie opérationnelle du système et de détecter d'éventuels phénomènes de vieillissement susceptibles de le dégrader.

2-2. Fiabilité des systèmes industriels complexes

L'Unité Technique de l'Electricité (UTE), sur recommandation de la Commission Electrotechnique Internationale, a proposé la définition suivante : la fiabilité est la probabilité de n'avoir aucune défaillance à l'instant t. Comprise entre 0 et 1 (ou 0 et 100 %), elle est notée R*(t)*(R pour *Reliability*, fiabilité en anglais). Si le système n'est pas réparable, la fiabilité est alors la probabilité de n'avoir connu aucune défaillance jusqu'à l'instant *t* [13 - 15]. Dans ce cas, la fiabilité est égale à la disponibilité de l'entité. Pour un système série, la défaillance d'un seul composant entraine la défaillance du système tout entier. Et la *fiabilité* est alors calculée par ***l'Équation (1)*** suivante :

$$R_{système}(t) = \prod_{i=1}^{i=N} R_i(t) \tag{1}$$

Pour un système parallèle, Il faut que tous les composants soient défaillants pour que le système tout entier soit défaillant (chacun des composants peut assurer seul une partie de la mission). La fiabilité est définie par ***l'Équation (2)*** suivante :

$$R_{système}(t) = 1 - \prod_{i=1}^{i=N} (1 - R_i(t)) \tag{2}$$

On peut avoir un système mixte ; il est constitué de sous-ensemble série et parallèle. Cas d'parallèle-série : P branches en parallèle et N composants C_{ij} où R_{ij} représente la fiabilité du composant j dans la branche i. La fiabilité d'un tel système est définie par ***l'Équation (3)*** suivante :

$$R_{système} = 1 - \prod_{i=1}^{i=P} \left(1 - \prod_{j=1}^{j=N} R_{ij} \right) \tag{3}$$

Cas série-parallèle : N systèmes en série avec P composants Cij dans chaque système où Rij représente la fiabilité du composant j dans le système i. La fiabilité du système global est définie par ***l'Équation (4)*** suivante :

$$R_{système} = \prod_{i=1}^{i=N} \left(1 - \prod_{j=1}^{j=P} (1 - R_{ij}) \right) \tag{4}$$

La complexité des systèmes conçus aujourd'hui par l'homme fait que trop peu de professionnels sont capables de mener les calculs avec rigueur. A cause de Cette complexité, le problème de l'évaluation de la fiabilité est sorti du contexte combinatoire des premières approches pour entrer dans le contexte dynamique [16]. Elle s'évalue en estimant certains indicateurs tel que la *disponibilité* ou le *Taux de défaillance* noté λ, il peut être rapproché de la probabilité pour que le composant soit défaillant à l'instant t + dt sachant qu'il n'est pas défaillant à l'instant t. Il s'exprime à partir de la fiabilité par la relation (5) :

$$\lambda(t) = -\frac{d}{dt}(Log(R(t)) \tag{5}$$

2-3. Évaluation de performance des systèmes industriels complexes

La notion de performance correspond à l'atteinte d'un objectif ou des résultats attendus, et plus largement à la création de valeur [17]. Elle doit être évaluée globalement et sur l'ensemble du cycle de vie du système et des produits réalisés. Elle intègre non seulement les notions de coût, délais, qualité, mais aussi de flexibilité,

de robustesse et de notion de satisfaction du client. La *performance* d'un système industriel peut s'évaluer par l'estimation de l'*Efficience* (produit du Taux de Disponibilité, du Taux de Qualité et du Taux de Productivité), de même que du *Taux de Rendement Synthétique* (produit du Taux de Qualité par le Taux de Performance et par la Disponibilité Opérationnelle) [18, 19]. Les procédures de calcul de ces indicateurs sont basées sur la norme NFE60-180 [20]. La Disponibilité est définie comme la probabilité selon laquelle le système ou l'équipement, utilisé dans des conditions prévues, est en état d'accomplir une fonction requise à un instant donné ou dans un intervalle de temps donné.

$$D = \frac{Temps \text{ de fonctonnement}}{Temps \text{ de pannes}} \tag{6}$$

Le *TRS* est le produit du Taux de Qualité, du Taux de Performance et de la Disponibilité Opérationnelle [21].

$$TRS = T_q \times T_P \times D_O \tag{7}$$

Le Taux de Qualité (Tq) : est le rapport du nombre de pièces bonnes sur le nombre de pièces réalisées.

$$T_q = \frac{Nombre \text{ de pièces bonnes}}{Nombre \text{ de pièces réalisées}} = \frac{NPB}{NPR} \tag{8}$$

Le *Taux de Performance (Tp)* : Il représente les pertes dues aux ralentissements et aux écarts de cadence du système. Il se mesure par le Temps Net sur le Temps de Fonctionnement. Il permet de définir l'efficience réelle du moyen de production :

$$T_P = \frac{TN}{TF} = \frac{Temps \text{ Net}}{\text{Temps de Fonctionnement}} = \frac{temps \text{ Net}}{Temps \text{ Net} + \text{Temps écart de cadence}} \tag{9}$$

Disponibilité Opérationnelle (Do) : la Disponibilité Opérationnelle est fonction du Temps Requis (TR) et du Temps de Fonctionnement (TF). Le Temps Requis est lui-même composé du Temps de Fonctionnement plus les Arrêts de Production (t_{AP}). Ces Arrêts de Production sont la composition des Arrêts Induits (t_{AI}) et des Arrêts Propres (t_{AP}). Elle est définie par la ***Formule*** suivante :

$$D_o = \frac{TF}{TR} = \frac{\text{Temps de Fonctionnement}}{\text{Temps Requis}} \tag{10}$$

Où encore :

$$D_o = \frac{TF}{TF + t_{AP}} = \frac{\text{Temps de Fonctionnement}}{\text{Temps de fonctionnement} + \text{Temps Arrêts de production}} \tag{11}$$

Notre objectif est de faire une étude comparative de l'impact des arrêts propres et induits sur la fiabilité et la performance de deux sociétés manufacturières Gabonaises.

Photo 1 : *Une vue du système 1*

Photo 2 : *Une vue du système 2*

A partir des fiches techniques qui contiennent toutes les informations sur le fonctionnement des deux systèmes, nous avons recueilli les données concernant les arrêts propres et induits tel que présentées au tableau 1, ensuite nous les avons mises sur Excel pour exploitation. Les arrêts propres sont dus au dysfonctionnement de tout équipement de la chaine de production causant ainsi l'arrêt de production. Les arrêts induits sont des arrêts qui ne sont pas dus aux pannes des équipements mais qui provoquent l'interruption de la production (exemple le manque de bouteilles). Pour fonctionner, les deux systèmes utilisent des sources d'énergie différente. Le système 1 utilise l'énergie fournie par le réseau national. Il est composé de sept (7) équipements de production. Le système 2 produit sa propre électricité. Il est composé de six (6) sous-systèmes de production. Ainsi les arrêts dus à la qualité de l'énergie sont consignés au tableau 2. Chaque jour les fiches techniques sont renseignées par les techniciens sur les différents arrêts, les causes des dysfonctionnements et la durée des interventions. L'étude a été menée pendant une période de douze (12) semaines. Afin de consolider nos concepts théoriques, nous avons considéré la *Disponibilité* et le *Taux de Rendement Synthétique* (TRS) qui sont deux indicateurs pertinents de fiabilité et de performance. Ces résultats sont consignés dans les tableaux 3 et 4.en effet, les normes de la World Class Performance exige qu'un système manufacturier soit qualifié de performant, il faut que son TRS soit supérieur à 85 %. D'un point de vue général, la Disponibilité est définie comme la probabilité selon laquelle le système ou l'équipement, utilisé dans des conditions prévues, est en état d'accomplir une fonction requise à un instant donné ou dans un intervalle de temps donné [22 - 25].

3. Résultats et discussion

Tableau 1 : *Fréquence des arrêts induits et propres et leurs durées*

Période	Système 1				système 2			
	Arrêt propres		Arrêts induits		Arrêt propres		Arrêts induits	
	Nombre	durée	Nombre	durée	Nombre	durée	Nombre	durée
Semaine 1	2	1,75h	5	5,45h	36	22,36h	3	11,10h
Semaine 2	2	0,47h	6	5,43h	21	18,68h	2	5,38h
Semaine 3	3	4,25h	7	10,75h	20	27,33h	1	4,65h
Semaine 4	5	2,78h	9	10,88h	27	32,53h	2	22,82h
Semaine 5	3	5,00h	2	4,58h	12	20,25h	3	15,35h
Semaine 6	6	2,73h	7	7,70h	13	12,53h	3	15,80h
Semaine 7	6	4,08h	8	9,81h	16	17,18h	1	2,95h
Semaine 8	7	6,95h	5	4,48h	18	11,83h	0	0,00h
Semaine 9	2	1,37h	7	7,65h	28	31,92h	0	0,00h
Semaine 10	5	4,92h	11	11,00h	16	19,95h	0	0,00h
Semaine 11	6	3,17h	10	12,80h	14	16,43h	2	7,37h
Semaine 12	7	2,17h	8	5,58h	13	7,98h	6	23,07h
Total	**54**	**39,63**	**85**	**96,13h**	**234**	**238,99h**	**23**	**108,48h**

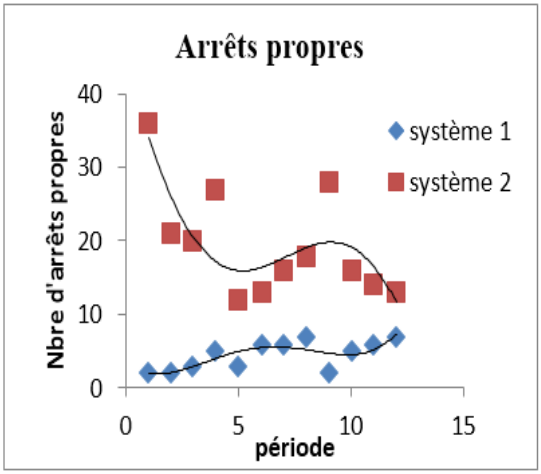

Figure 4 : *Comparaison des arrêts propres*

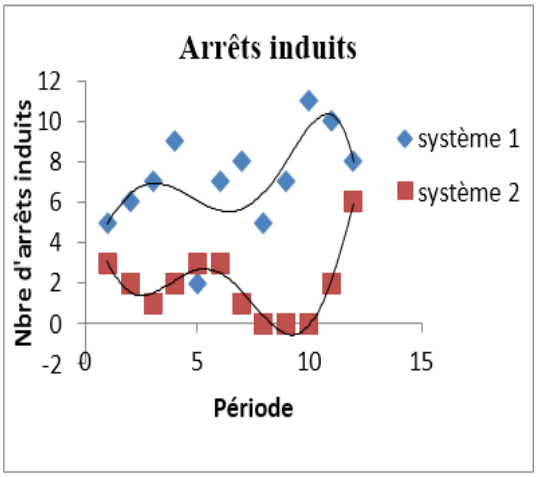

Figure 5 : *Comparaison des arrêts induits*

Sur la ***Figure 4***, nous constatons que les deux systèmes présentent des arrêts propres, mais c'est beaucoup plus accentué sur le système 2. Ceci s'explique par le fait que le système 2 a une configuration plus complexe. Sur la ***Figure 5***, les résultats obtenus montrent l'indisponibilité des systèmes due aux arrêts induits. Cela est plus accentué sur le système 1. On peut comprendre que, les facteurs externes sont un élément très important pour la fiabilité et la performance d'un système de production. Car moins le système est disponible, plus l'impact sur la fiabilité et la performance du système est considérable. On remarque aussi sur cette ***Figure*** que l'impact des arrêts induits n'est pas proportionnel à la taille ou à la complexité du système car on constate que c'est le système le moins complexe qui présente plus d'indisponibilité.

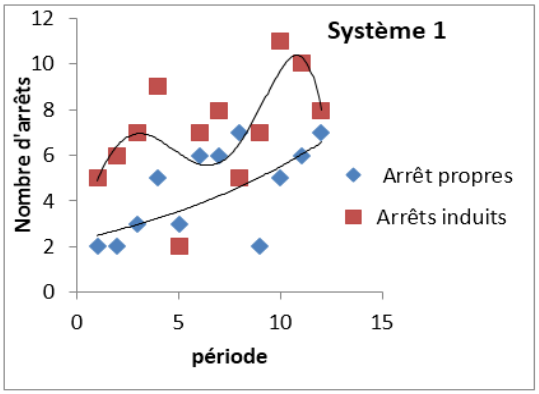

Figure 6 : *Courbe de comparaison des arrêts*

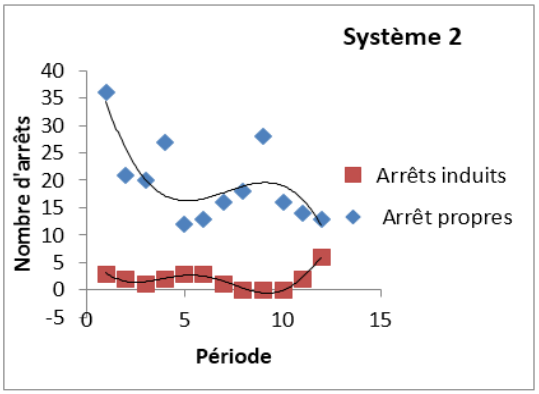

Figure 7 : *Courbe de comparaison des arrêts*

Sur le système 1 ***(Figure 6)***, les arrêts induits sont plus importants que les arrêts propres, alors que sur le système 2 ***(Figure 7)***, plus complexe, les arrêts propres sont plus importants. Nous pouvons dire que le système 1 présente une dépendance très importante des facteurs externes pour son fonctionnement. De manière générale on constate un nombre important des pannes et des arrêts induits, on peut se poser des questions sur la fiabilité et la performance de ces deux systèmes.

Tableau 2 : *Nombre d'arrêts de production dus à l'énergie*

Période	Énergie	
	(système 1)	(système 2)
Semaine 1	0	9
Semaine 2	1	5
Semaine 3	0	1
Semaine 4	3	1
Semaine 5	0	0
Semaine 6	1	3
Semaine 7	2	1
Semaine 8	0	2
Semaine 9	1	6
Semaine 10	1	1
Semaine 11	2	0
Semaine 12	1	2

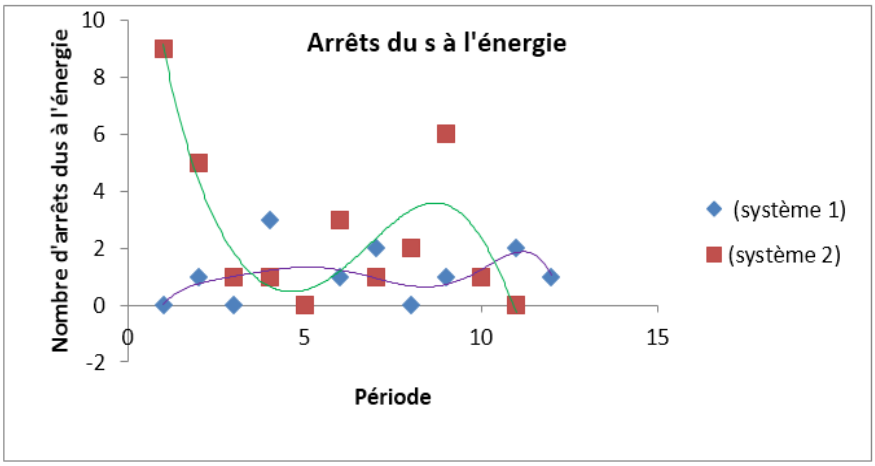

Figure 8 : *L'impact de l'énergie sur la fiabilité et la performance d'un système de production industriel*

Nous avons également voulu observer l'impact de l'influence de la fourniture d'énergie sur la fiabilité et la performance des deux systèmes. On remarque Sur la ***Figure 8*** que, les sources d'énergie sont un facteur ayant une influence non négligeable sur la fiabilité et la performance d'un système industriel. Cela est d'autant plus important lorsque la source d'énergie utilisée n'est pas celle des professionnels. Malgré les réductions de coût de production en énergie, cette dernière a un impact non négligeable sur la performance du système 2. Afin de confirmer ou infirmer notre concept théorique sur l'étude de la fiabilité et la performance par l'observation des arrêts propres et induits, nous avons calculé deux indicateurs à savoir: le taux de disponibilité et le taux de rendement synthétique.

Tableau 3 : *Étude comparative de la disponibilité*

Taux de disponibilité		
Période	**Système 1**	**Système 2**
Semaine 1	59,44 %	86,06 %
Semaine 2	49,55 %	85,67 %
Semaine 3	48,70 %	77,79 %
Semaine 4	47,02 %	67,05 %
Semaine 5	45,73 %	78,81 %
Semaine 6	51,00 %	76,39 %
Semaine 7	52,73 %	88,02 %
Semaine 8	37,76 %	91,78 %
Semaine 9	39,24 %	80,69 %
Semaine 10	43,08 %	87,90 %
Semaine 11	49,29 %	83,18 %
Semaine 12	47,25 %	81,21 %
Moyenne	47,57 %	82,05 %

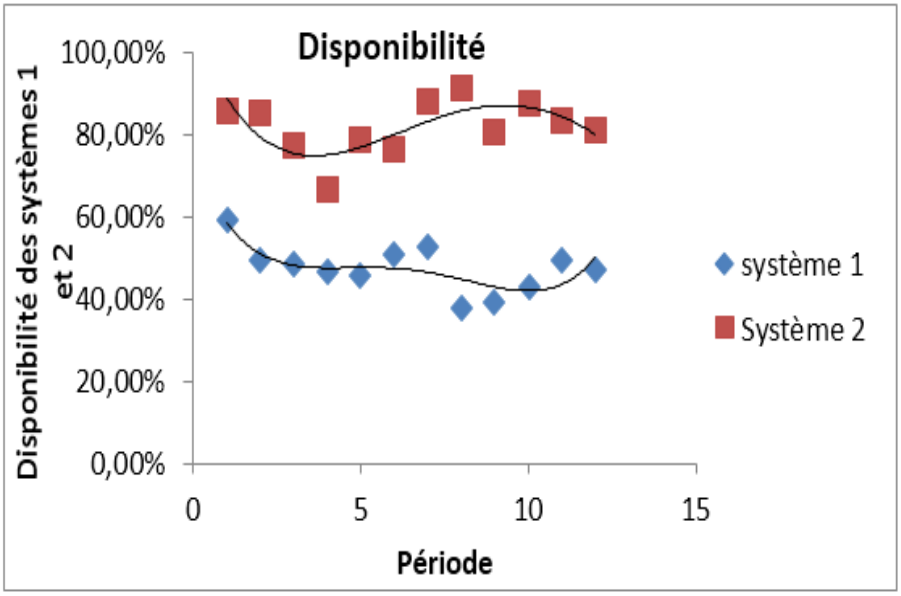

Figure 9 : *Courbe comparative de la disponibilité des systèmes 1 et 2*

Tableau 4 : *Évaluation du taux de rendement synthétique*

Période	TRS (système 1)	TRS (système 2)
Semaine 1	79 %	33,83 %
Semaine 2	76 %	39,10 %
Semaine 3	53 %	48,17 %
Semaine 4	64 %	42,67 %
Semaine 5	60 %	44,83 %
Semaine 6	68 %	53,92 %
Semaine 7	65 %	68,05 %
Semaine 8	74 %	51,00 %
Semaine 9	80 %	54,97 %
Semaine 10	73 %	52,48 %
Semaine 11	74 %	61,43 %
Semaine 12	79 %	63,14 %
Moyenne	70 %	51 %

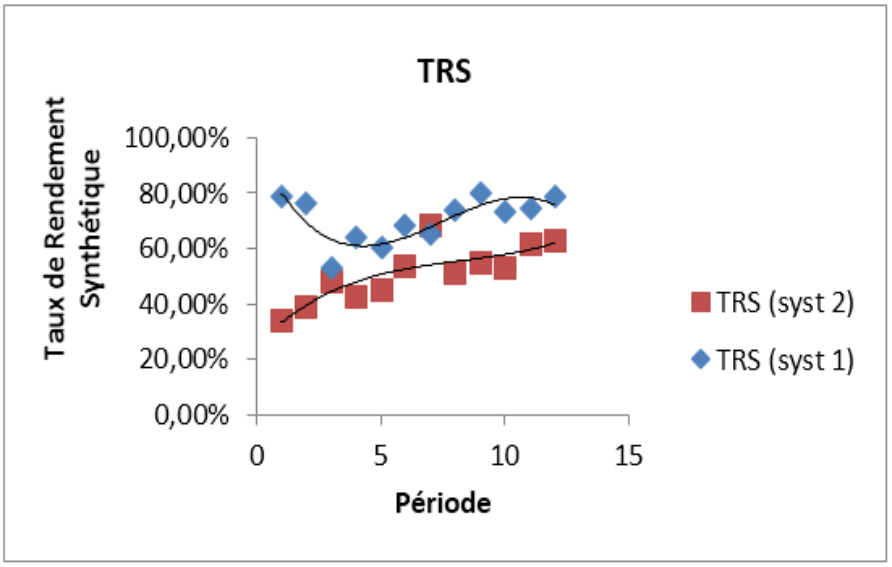

Figure 10 : *Courbe de l'évolution du TRS*

Les normes de la World Class Performance exige qu'un système manufacturier est qualifié de fiable et performant lorsque son taux de disponibilité et son taux de rendement synthétique sont supérieurs ou égal à 85% . En effet, sur les résultats de la ***Figure 9***, on remarque que le taux de disponibilité des deux systèmes estinférieur à la valeur de la norme lorsqu'on regarde la moyenne. On peut conclure que les deux systèmes ne sont pas fiables. Sur la ***Figure 10*** les résultats montrent clairement le taux de rendement synthétique des deux systèmes est faible. La moyenne se situe autour de 70 % pour le système 1 et de 50 % pour le système 2. Au vue de ces résultats, on peut conclure que les deux systèmes ne sont pas performents. Les résultats obtenus sur l'étude de ces deux indicateurs confirment les concepts théoriques. En effet, connaissant l'importance des arrêts propres et induits, on est capable d'avoir une idée de la fiabilité et de la performance du système. Nos deux systèmes présentent un nombre important d'arrêts propres et induits, qui sont des données essentielles sur l'estimation de la Disponibilité et du TRS

4. Conclusion

Le travail réalisé dans cet article, montre bien que l'étude de la fiabilité et d'évaluation de performance d'un système industriel peut être menée par l'analyse des arrêts induits et les arrêts propres. Elle permet de s'affranchir du calcul des indicateurs de Fiabilité et de Performance, dont l'estimation n'est pas à l'abri des erreurs. Ce sont des estimations probabilistes qui tiennent compte de la structure et de la complexité des systèmes. Mais par cette méthode, il nous est difficile de qualifier les systèmes de fiable ou de performant. Le problème est la norme qui déterminerait le niveau de tolérance des pannes et des arrêts induits. L'utilisation dans l'avenir des modèles d'états (Automates stochastiques, Réseaux de Pétri), pour une étude permettra sûrement, après modélisation et simulation, d'avoir des indicateurs décisionnels plus pertinents.

Références

[1] - D. RIERA, E. CLEMENT, "Modélisation Dynamique en sûreté de Fonctionnement, une avancée pour des systèmes complexes", 18ème congrès de maitrise des risques et sûreté de fonctionnement à Tours, (2012)

[2] - A. CABARBAYE, L. LAULHERET, "Evaluation de la sureté de fonctionnement des systèmes dynamiques par modélisation récursive" 6ème congrès international pluridisciplinaire, qualité en sûreté de fonctionnement, Bordeaux, (2005)

[3] - P. LAFOU, "Contribution à la conception de systèmes d'assemblage automobile, Performants, pérennes et innovants par des indicateurs technologiques et économiques répondant à la diversité croissante des produits". Thèse de doctorat, Université de *Cachan,* (2016)

[4] - M. GUISERX, G. CHIQUILLO, J. BROWN, G. BARBAUD, H. BEN AMOR, P. STENENON, "Modélisation des systèmes complexes, un concept novateur pour la gestion des actifs du réseau électrique", 20ème congrès de maitrise de risques et de sûreté de fonctionnement, Saint-Malo, (2016)

[5] - O. NACIRI, A. ALAMI, B. HERROU, M. HAMMOUNI, "Investigation of the importance of performance indicators in the control of the supply chain of the Moroccan industriel sector", *Edition International Journal of Scientific and Engineering Research* (IJSER), Vol. 6, Issue (ISSN 2229-5518), (2015)

[6] - Y. HOU, M. SALLAK, W. SCHÖN, "Reliability analysis of multi-state systems using random set theory", *European Safety and Reliability Conference ESREL*, Switzerland, (2015)

[7] - M. LAFOU, L MATHIEU, S POIS & M. ALOCHET, "Manufacturing System Flexibility : Product Flexibility Assessment", Procedia CIRP, Vol. 41, (2016) 99 - 104 p.

[8] - A. VILLEMEUR, "Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels", Edition Eyrolles Paris 5è, (1988) 795 p.

[9] - F. MOUSSA, C. KOLSKI, M. RIAHI, "Analyse des dysfonctionnements des systèmes complexes en amont de la conception des IHM : apports, difficultés, et étude de cas", *Revue d'Interaction Homme-Machine*, Vol. 7, N°2 (2006)

[10] - G. ZWINGESLSTEIN, "sûreté de fonctionnement des systèmes industriels complexes: exemples d'applications", Techniques de l'Ingénieur, numéro S 8250, (2009)

[11] - G. A. PEREZ CASTANEDA, J. F. AUBRY, N. BRINZEI, "Automate stochastique appliquéà l'Evaluation de la Fiabilité dynamique", 7e Conférence Internationale de MOdélisation et SIMulation, Paris- France, - MOSIM'08, (2008)

[12] - T. KOMBE, E. D. EFAGA, B. NDZANA, E. NIEL, "Efficience d'un système bâti sur le TRS global par poursuit du diagramme de fiabilité", *article publié dans Afrique Sciences*, (2006)

[13] - P. E. LABEAU, "Fiabilité dynamique- Fiabilité des systèmes", service de Métrologie Nucléaire (SMN), Université Libre de Bruxelles, (2001)

[14] - J. BOUDNAYA, A. MKHIDA, M. SALLAK, "A reliability evaluation of the Moroccan Level crossing system using Fault Tree modelling and importance measures ", *Journal uropéen des Systèmes Automatisés*, N° 1/2015 (2015) 1 - 5

[15] - S. QUI, R. NEDJIMIi M. SALLAK, F. VANDERHAGEN, "A quantitative model for the risk evaluation of driver-ADAS systems under uncertainty", *Reliability Engineering & System Safety,* (2017)

[16] - C. ROBIN, S. ROCHETTE, S. DESGREZ, J. L. MURARO, D. LANGREZ, J .L. ROUX, M. CIRILO, L. ESCOTTE, O. LLOPIS, J GRAFFEUI, "Evaluation de la fiabilité d'une Technologie SiGe 0,25µm pour applications spatiale", XXèmes Journées Nationales Microondes, Saint- Malo, (2017)

[17] - F. OFFOLE, A. ATEBA, T. KOMBE, F. KENNEDY, "Evaluation of the Performance of Telecommunication Systems by Approach of Hybrid Stochastic Automata Combined With Neuro Fuzzy Networks" *European Scientific Journal*, edition Vol. 13, N°18 ISSN : 1857 - 7881 (Print) e - (ISSN 1857- 7431), July (2017)

[18] - C. PITIS, Z. Al-CHALABI, "Evaluation of Energetic Efficiency of the Industrial Systems by using Benchmark Energy Factor", *Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering*, (CCECE), IEEE, (2016)

[19] - T. KOMBE, E. NIEL, L. PIETRAC, A. RAUZY, "Modélisation Temporelle et Stochastique du TRS pour l'Evaluation de l'Efficience des Systèmes de Production", *JN-JD-MACS*, Angers, France, pp.électronique, (2009)

[20] - T. KOMBE, "Modélisation de la propagation des fautes dans les systèmes de production", thèse unique, Lyon France en juin, (2011) 212 p.

[21] - A. AYEL, "MES et TRS piloter et optimiser votre outils de production", Lyon, France, (2005)

[22] - Les Rencontres de CIMI, "Sûreté de fonctionnement des installations industrielles", Paris, (2011)

[23] - N. LANDOULSI, M. ADNEME HENCHIi, T. KHALFALLAH, "Vision Ergonomique de la Performance Economique, cas de l'étude du Taux de Rendement Synthétique dans une industrie offshore installé en Tunisie", Activité électronique et disponible en ligne sur SELF, Tunisie, (2015)

[24] - O. NACIRI, A. ALAMI, B. HERROU, M. HAMMOUNI, "Design of an evaluation system and performance management of supply service : case study', *Edition International Journal of Scientific and Engineering Research* (IJSER), Vol. 6, Issue 1- (ISSN 229-5518), (2014)

[25] - M. JOANNA, AKROUCHE, M. SALLAK, E. ChATELET, A. FAHED, DALLAH, H. Z. HAJ CHHADE, "A contribution to the evaluation of imprecise availability of complex systems using Markov models", UNCECOMP, Greece, (2017)