

CONVEYOR BELT FAULTS DIAGNOSIS USING BAYESIAN NETWORK

Karim NESSAIB¹, Abdelaziz LAKEHAL²

¹ *Department of Mechanical Engineering, Mohamed Cherif Messaadia University, P.O. Box 1553, Souk-Ahras, 41000, Algeria*

Laboratory of Management, Maintenance and Rehabilitation of Facilities and Urban Infrastructure

² *Laboratoire de Recherche en Électromécanique et Sûreté de Fonctionnement, LRESF laboratory Mohamed Cherif Messaadia University P.O. Box 1553, Souk-Ahras, 41000, Algeria*

k.nessaib@univ-soukahras.dz, a.lakehal@univ-soukahras.dz,

Abstract: *Nowadays, belt conveyors play a vital role in industry and specifically in mines, their availability poses a challenge to maintenance professionals. This study proposes a Bayesian network-based conveyor belt diagnostic method. The developed method has been applied to the conveyor belt of the Ouenza mine. First, the belt conveyor was divided into three main subsystems, and then the a priori probability for each cause was defined. The results obtained show that the majority of faults that influence the operation of the conveyor belt are caused by the transport system. Therefore, to improve the availability of the conveyor belt system, the decision-making for intervention should be done at the first level.*

Keywords: Bayesian network, belt conveyor, Fault diagnosis

1. INTRODUCTION

Les mines ont besoin de convoyeur à bande pour transporter les matières premières telles que le fer, le charbon, le phosphate du front de taille aux usines de traitement sur des longues distances. Les bandes transporteuses sont sujettes aux déchirures longitudinales, aux déviations, aux dommages de surface et à d'autres défauts pendant le fonctionnement, ce qui constitue une menace sérieuse pour la production. Le convoyeur à bande de la mine de l'Ouenza étudié dans ce papier joue un rôle très important dans la production de fer, et lorsqu'une défaillance se produit elle entraîne généralement un arrêt de la production.

La disponibilité de convoyeur à bande est une préoccupation majeure pour les secteurs industriels. Au cours des dernières décennies, de nombreux chercheurs ont développé plusieurs méthodes pour le diagnostic et la prédiction des défauts dans les systèmes de convoyeur à bande. Un modèle mathématique pour calculer la fiabilité des systèmes de convoyeurs en tenant compte de l'inactivité après la réparation a été développé [1]. [2] Ont appliqué un arbre de défaillance et un ensemble flou pour calculer la fiabilité des systèmes de convoyeurs à

bande. Un modèle d'arbre de décision du type Gradient Boost est développé et entraîné, le modèle est appliqué à un ensemble de données de test. Les résultats montrent que le modèle formé peut atteindre une grande précision de diagnostic pour les défauts des rouleaux de convoyeur à bande basée sur les signaux acoustiques [3]. Une autre recherche propose une méthode d'analyse des défauts des rouleaux de convoyeurs à bande basée sur les caractéristiques des sons et des images infrarouges thermiques [4].

En outre, [5] développe un modèle de fiabilité du convoyeur à bande de la mine de charbon souterraine en termes de méthode simulation. Des autres chercheurs ont étudié une nouvelle méthode de détection automatique des défauts de la bande transporteuse du noyau d'acier dans un système d'imagerie à rayons X [6]. [7] a développé une méthodologie pour effectuer la surveillance de l'état de l'ensemble de rouleaux d'auge à alignement automatique utilisé dans les convoyeurs à bande en utilisant différentes caractéristiques statistiques et une technique d'algorithme. Dans cette étude, un diagnostic de défaut a été réalisé pour l'ensemble de rouleaux, et les résultats ont été validés à l'aide d'un banc d'essai. Un autre article présente l'évaluation de la fiabilité d'un entraînement à moteur unique sur la station du convoyeur à bande avec la structure modifiable des modules de puissance du convertisseur de fréquence qui facilite l'augmentation de la fiabilité du convoyeur à bande [8].

D'après cette courte littérature on a vu que la majorité des études concentrent uniquement sur une partie du convoyeur à bande, Par contre dans ce papier, nous proposons une méthode de diagnostic des défauts du système complète de convoyeur à bande en nous basant sur la fiche historique à l'aide des réseaux Bayésiens. Les résultats obtenus peuvent améliorer la disponibilité de convoyeur.

2. CONSTRUCTION DE MODELE POUR LE DIAGNOSTIC DU CONVOYEUR A BANDE

Les réseaux bayésiens représentent des relations probabilistes causales entre un ensemble de variables aléatoires et leurs dépendances conditionnelles, qui fournissent une représentation compacte d'une distribution de probabilité conjointe [9].

Dans la structure graphique des réseaux Bayésiens, les graphes (graphes orientés) impliquent l'hypothèse d'indépendance conditionnelle. Le réseau Bayésien stipule que sous la condition que chaque nœud E_i reçoive le nœud parent C_i , le nœud E_i est indépendant des autres nœuds et a une supériorité hiérarchique. Si toutes les variables représentées dans le réseau

Bayésien sont indépendantes, la distribution de probabilité conjointe peut être exprimée par l'équation 1 [10].

$$P\{E_1, E_2, \dots, E_n\} = \prod_{i=1}^n P(E_i | E_{i+1}, \dots, E_n) = \prod_{i=1}^n P(E_i | C_i) \quad (1)$$

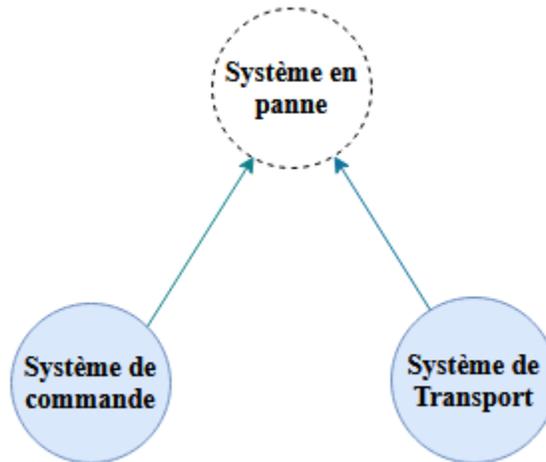


Figure 1 : Réseau Bayésien

La figure 1 donne une représentation graphique d'un réseau bayésien simple. Le système de commande et le système de transport sont les nœuds parent représentant la cause, et le nœud système en panne est le nœud enfant représentant l'effet.

3. CONSTRUCTION DE MODELE POUR LE DIAGNOSTIC DU CONVOYEUR A BANDE

Le convoyeur à bande étudié dans ce papier c'est le convoyeur à bande de la mine de L'Ouenza, ce dernier c'est un système très complexe, il se compose de plusieurs systèmes (moteur électrique, réducteur de vitesse, portes rouleaux, tambour...) et il s'étend sur environ de 2,5 km.

Pour faciliter les études des pannes du convoyeur à bande on a devisé à trois sous-systèmes principaux (Système de commande, système de transport et système de décharge) qui sont représenté dans la table 1 ci-dessous, après

Tableau 1: Les défauts de convoyeur à bande et leurs probabilités a priori

Systemes	Cause	Code	Probabilité a priori
Système de commande		SC	

	Problème de réducteur de vitesse	PRV	0.0102
	Bobinage moteur électrique T1	BME	0.0136
	Problème électrique au T1	PET	0.0025
	Panne d'accouplement	PA	0.0011
	Défectueux du système de transmission (moteur/réducteur)	DST	0.0019
	Problème d'alignement entre (ralentisseur/moteur)	PARM	0.0114
Système de transport		ST	
	Problème de la bande + Nettoyage	PBN	0.01130
	Panne de ralentisseur	PR	0.0168
	Jonctionnement de la bande	JB	0.0712
	Problème de freinage	PF	0.0085
	Panne des portes rouleaux	PPR	0.0075
	Panne du tambour	PT	0.0159
	Revêtement du tambour	RT	0.0017
	Panne des rouleaux	PDR	0.0125
Système de décharge		SD	
	Dégorgé le système de décharge	DSD	0.0202

Pour développer un réseau Bayésien qui modélise l'ordre de causalité à des fins de diagnostic, des codes ont été attribués aux différents évènements. Parons des causes et arrivons aux effets. La figure 2 représente le réseau Bayésien qui modélise les causalités entre les évènements étudiés dans ce papier pour chaque système. De plus, le réseau bayésien représenté par la figure 3 montre les défauts qui ont une influence et impacte sur la disponibilité du convoyeur à bande.

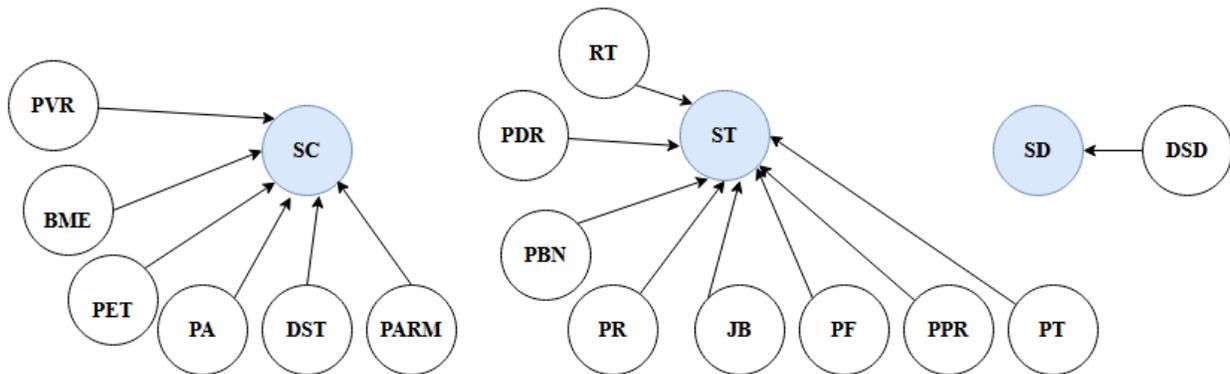


Figure 2: Réseau Bayésien modélise les pannes de chaque système.

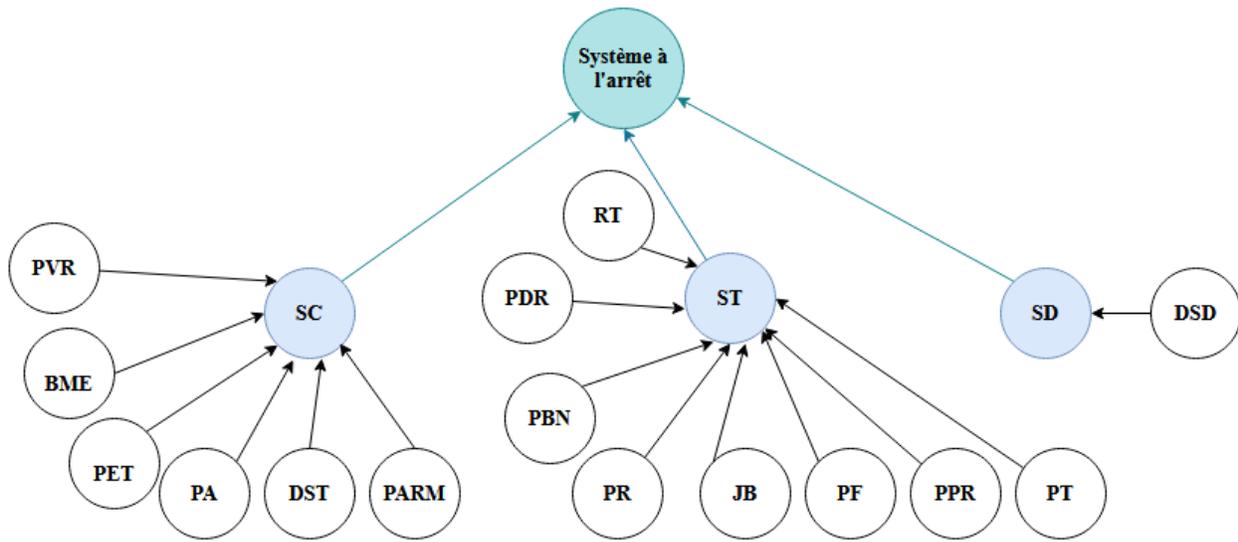


Figure 3: Réseau Bayésien de diagnostic des défauts du Convoyeur à bande

4. RESULTAT ET DISCUSSION

Après l'apprentissage de la structure du réseau Bayésien, l'étape suivante consiste à apprendre les paramètres du réseau Bayésien. Il existe deux paramètres importants: La probabilité a priori et la table de probabilité conditionnelle. Après l'exploitation des fiches historique de convoyeur à bande les probabilités a priori pour chaque défaut ont été définies dans le tableau 1. Ensuite, il faut définir les tables de probabilité conditionnelle, un exemple de ces tables est donné dans le tableau 2 pour le système de décharge SD.

Tableau 2 : table de probabilité conditionnelle pour le système de décharge SD

	DSD	Vrai	Faux
SD	Vrai	1	0
	Faux	0	1

Selon la probabilité a posteriori nous savons que la plupart des défauts qui se produisent dans le convoyeur à bande se produisent au niveau de système de transport, il s'agit d'un pourcentage estimé à 13.80% comme la montre les résultats obtenus ont représenté dans la figure 4. Grâce aux résultats affichés, les procédures de maintenance peuvent également être organisées dans un ordre spécifique. Il faut constater que la probabilité que le système de transport tombe en panne est très élevée. Cette valeur est inacceptable puisque le système de transport est un système stratégique dans le convoyeur à bande.

Après avoir les résultats obtenus à l'aide du réseau Bayésien présenté de ce papier, nous pouvons l'utiliser pour aider à la prise de décision en matière de maintenance en tant que connaissance basée sur l'expérience historique, une priorité doit être donnée en termes d'action au système de transport.

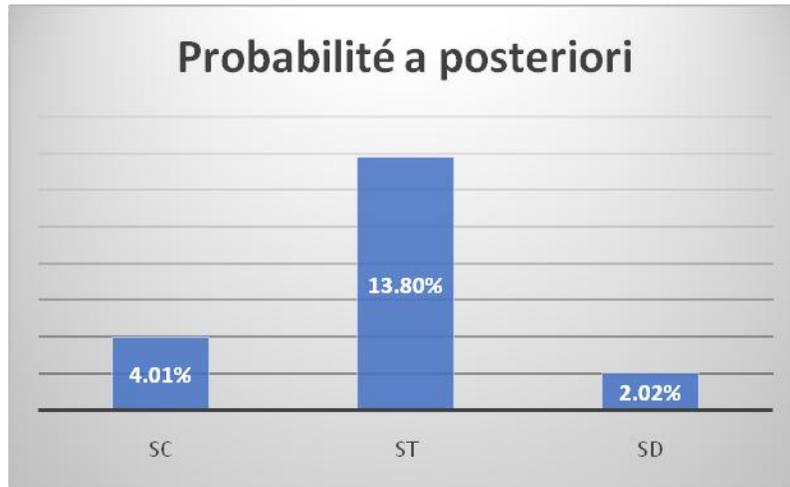


Figure 4: Résultats des défauts de convoyeur à bande

5. CONCLUSION

L'article présente une nouvelle approche basée sur le réseau Bayésien pour le diagnostic des défauts de convoyeur à bande et facilite la prise de décision. L'efficacité de l'approche proposée est vérifiée par une étude de cas réelle du convoyeur à bande de la mine de l'Ouenza. Les résultats obtenus montrent que la majorité des défauts qui influencent le fonctionnement du convoyeur à bande causés par le système de transport, ce qui nécessite de donner une priorité des actions de maintenance à ce système pour assurer le fonctionnement de la bande en raison de son rôle vital dans le transport du minerai de fer de la mine au moyen de transport.

Par conséquent la prise de décision en matière d'intervention peut être faite au premier niveau. Les résultats de diagnostic calculés permettent aux responsables de maintenance de planifier les actions et préparer les défauts. Ce travail représente une partie et non pas une étude complète. Il est possible de compléter cette étude par une étude techno-économique, ou il faut modéliser les aspects économiques et simuler la prise de décision par des utilités.

REFERENCES

- [1] Tewari, P. C., Singh, I. P., & Khare, M. K. (1991). Reliability analysis of a conveyor belt system, with only one server, subject to failures and idleness after repair. *Microelectronics Reliability*, 31(5), 823-826.

- [2] Gupta, S., Bhattacharya, J. (2007). Reliability analysis of a conveyor system using hybrid data. *Quality and Reliability Engineering International*, 23(7), 867-882.
- [3] Liu, X., Pei, D., Lodewijks, G., Zhao, Z., & Mei, J. (2020). Acoustic signal based fault detection on belt conveyor idlers using machine learning. *Advanced Powder Technology*, 31(7), 2689-2698.
- [4] Liu, Y., Miao, C., Li, X., Ji, J., & Meng, D. (2021). Research on the fault analysis method of belt conveyor idlers based on sound and thermal infrared image features. *Measurement*, 186, 110177.
- [5] Wang, H., & Dai, J. X. (2011, July). Research on the reliability of underground coal mine belt conveyor system. *In 2011 Second International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering* (pp. 7636-7639). IEEE.
- [6] Zhang, D., Shen, Y., Xu, L., & Ge, S. (2011). Fretting wear behaviors of steel wires in coal mine under different corrosive mediums. *Wear*, 271(5-6), 866-874.
- [7] Otto, H., & Katterfeld, A. (2019). Belt Mistracking–Simulation and Measurements of Belt Sideways Dynamics. *13th International Conference on Bulk Materials Storage, Handling and Transportation*, 2, 39104.
- [8] Štatkić, S., Jeftenić, I. B., Bebić, M. Z., Milkić, Ž., & Jović, S. (2019). Reliability assessment of the single motor drive of the belt conveyor on Drmno open-pit mine. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 113, 393-402.
- [9] Murphy, K. (1998): A Brief Introduction to Graphical Models and Bayesian Networks.
- [10] Darwiche, A. (2009). Modeling and reasoning with Bayesian networks. *Cambridge university press*.