

# Benchmark d'un Système Automatisé de Production de type SED

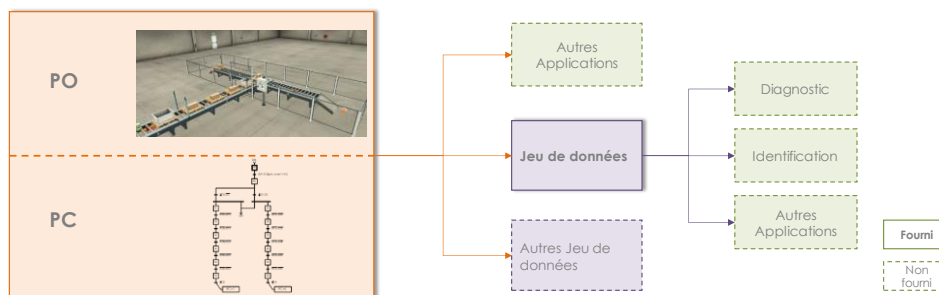
Dimitri Renard<sup>1,2</sup>, Dylan Baptiste<sup>1</sup>, Ramla Saddem<sup>1</sup>, David Annebicque<sup>1</sup>  
et Bernard Riera<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CReSTIC UFR Sciences Exactes et Naturelles Reims, France

<sup>2</sup>PROSYST, Valenciennes, France

dimitri.renard@etudiants.univ-reims.fr

De nombreuses recherches sont faites sur les systèmes de production afin de trouver de nouvelles méthodes et pratiques optimisant les différentes facettes de la production. Il existe dans notre communauté des systèmes à évènements discrets (SED) des benchmarks sous la forme de réseau de Petri [1], [2]. Cependant, nous constatons qu'il n'existe pas de benchmark de simulation de partie opérative (PO) visuellement proche de la réalité afin de comparer et valoriser les approches. Nous proposons dans ce papier un benchmark composé (**Figure 1**) de : (1) un modèle simulé de système automatisé de production (SAP), créé avec Factory IO<sup>1</sup> [3] ; (2) le programme de la commande de ce système et (3) un jeu de données. Nous estimons que ce système, assez simple, permettrait de tester une part importante des outils et méthodologies proposés par la communauté. Le benchmark est téléchargeable sur le site du [CReSTIC](#)<sup>2</sup>.



**Figure 1** : Architecture du benchmark.

L'objectif du système de tri de boîtes est de les transporter du convoyeur d'entrée vers les convoyeurs de sortie en les triant selon leur hauteur : les petites boîtes doivent être acheminées vers le convoyeur de gauche et les grandes vers le convoyeur de droite. Les modes de marche ont été volontairement réduits. L'ensemble de la spécification de la commande (mode de marche, fonctionnement normal) a été réalisé en GRAFCET (IEC 60848) [4]. Le code API en ST est fourni avec le benchmark. Les fonctions de front (montant et descendant) sont reprogrammées pour

<sup>1</sup> L'utilisateur dispose d'une licence provisoire de trente jours pour manipuler ce système.

<sup>2</sup> <https://crestic.univ-reims.fr/ressources/msr/ramla-saddem/benchmark.zip>

utiliser exclusivement des opérateurs logiques ET, OU et NON et des tests IF. Ainsi, en fonction de l'API choisi, le code généré peut plus facilement être implémenté.

Afin de montrer une première application de ce benchmark, nous avons créé un jeu de données pour le diagnostic de fautes [5]. Il est représenté sous forme de fichiers CSV (Comma Separated Values). Chaque fichier correspond à un enregistrement des valeurs des capteurs et actionneurs du système ainsi que des étapes de GRAFCETs et contient 95 colonnes. Les colonnes A0, A1, ..., A6 correspondent aux 7 actionneurs tandis que les colonnes C0, C1, ..., C14 correspondent aux 15 capteurs. Les colonnes F1\_X et F0\_X, où X est le nom d'un composant, sont des variables booléennes indiquant une défaillance sur le composant X. Lorsque F1\_X = 1 (F0\_X = 1), cela indique que le composant X est défectueux et qu'il est collé à la valeur 1 (0). Si F1\_X = 0 et F0\_X = 0, alors le composant X n'est pas défectueux. Enfin, la colonne « Temps » représente le temps écoulé depuis le début de l'enregistrement, avec une précision de l'ordre de la milliseconde. Nous avons simulé des défaillances de collage de composants à 1 ou à 0. Nous considérons qu'une seule défaillance peut se produire à la fois (mono-faute) et que la défaillance est permanente (non intermittente). Un fichier au format JSON (JavaScript Object Notation) est également mis à disposition fournissant pour chaque fichier CSV, les détails sur la séquence d'enregistrement. Il est important de noter qu'en raison de la technique d'enregistrement en ligne de ces données, certains changements de valeur qui semblent se produire simultanément ne le sont techniquement pas au niveau de l'API. Cependant, nous garantissons qu'aucun événement capteurs et actionneurs n'est manquant dans les enregistrements. En revanche, certains événements liés aux états des GRAFCETs sont absents en raison de passages d'états plus rapides que la fréquence de collecte. Ainsi, ce jeu de données créé à partir de notre benchmark est une application possible de celui-ci.

Nous pouvons envisager plusieurs autres applications de ce benchmark. Par exemple l'utiliser comme un modèle de simulation de jumeau numérique utilisable par des services, de l'identification [6]... Mais aussi, à un niveau plus haut pour générer d'autres jeux de données ou bien même de n'utiliser que la partie opérative et la commande. C'est en somme, un espace commun d'expérimentations avec un système physique et une commande unique disponible à tous. L'ergonomie d'utilisation et visuel de la simulation est un atout pour la diffusion et la valorisation des recherches dans le domaine des SED. De plus, l'utilisation d'un même système facilite la reproductibilité de la recherche de chacun pouvant disposer du système. Mais cela offre aussi, la possibilité de création de synergies entre les outils et méthodologies développés par la communauté.

Ce travail de recherche et développement est en partie conduit dans le cadre d'une collaboration industrielle-académique (convention CIFRE) entre PROSYST et le CRESTIC (laboratoire de l'Université de Reims Champagne Ardennes), financé par PROSYST et l'Association Nationale de la Recherche et de la Technologie.

- [1] A. Boussif et M. Ghazel, « Diagnosticabilité des Systèmes à Événements Discrets: Une Nouvelle Variante de l'Approche Diagnostiqueur ».
- [2] M. Ghazel et B. Liu, « A customizable railway benchmark to deal with fault diagnosis issues in DES », in *2016 13th International Workshop on Discrete Event Systems (WODES)*, Xi'an, China: IEEE, mai 2016, p. 177-182. doi: 10.1109/WODES.2016.7497845.
- [3] B. Riera *et al.*, « HOME I/O et FACTORY I/O : 2 logiciels innovants de simulation de PO pour la formation à l'automatique », présenté à Colloque consacré à l'Enseignement des Technologies et des Sciences de l'Information et des Systèmes (CETSIS), Le Mans, 2017. [En ligne]. Disponible sur: <https://hal.science/hal-01882591>
- [4] ISO, Éd., *GRAFCET specification language for sequential function charts = Langage de spécification GRAFCET pour diagrammes fonctionnels en séquence*, Ed. 3.0. Geneva: International Electrotechnical Commission, 2013.
- [5] R. Saddem et D. Baptiste, « Benefits of Using Digital Twin for Online Fault Diagnosis of a Manufacturing System », in *Artificial Intelligence for Smart Manufacturing: Methods, Applications, and Challenges*, K. P. Tran, Éd., in Springer Series in Reliability Engineering. , Cham: Springer International Publishing, 2023, p. 255-269. doi: 10.1007/978-3-031-30510-8\_12.
- [6] A. Parant, D. Baptiste, R. Saddem et A. Philippot, "Data-driven PLC identification for IEC 61499 implementation", 13th International Workshop on Service-Oriented, Holonic and Multi-Agent Manufacturing Systems for Industry of the Future (SOHOMA2023), 28-29 September 2023, Annecy (France).