



# Démarche de modélisation et d'évaluation de procédures d'exploitation d'une ligne de métro

Delphine Paquereau, Laurent Pietrac, Eric Niel, Laurent Bouresche

## ► To cite this version:

Delphine Paquereau, Laurent Pietrac, Eric Niel, Laurent Bouresche. Démarche de modélisation et d'évaluation de procédures d'exploitation d'une ligne de métro. MSR 2013 - Modélisation des Systèmes Réactifs, 2013, Rennes, France. hal-00876650

**HAL Id: hal-00876650**

**<https://hal.inria.fr/hal-00876650>**

Submitted on 25 Oct 2013

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

---

# Démarche de modélisation et d'évaluation de procédures d'exploitation d'une ligne de métro

**Delphine PAQUEREAU<sup>1,2</sup>, Laurent PIETRAC<sup>1</sup>, Eric NIEL<sup>1</sup>, Laurent BOURESCHE<sup>2</sup>**

1. *Laboratoire AMPERE UMR 5005 - INSA Lyon Bâtiment Saint Exupéry  
25 avenue Jean Capelle, 69621 Villeurbanne, France.*

*{prénom.nom}@insa-lyon.fr*

2. *Thales Communications & Security  
20 Rue Grange Dame Rose, 78140 Vélizy, France.*

*{prénom.nom}@thalesgroup.com*

---

*RÉSUMÉ. Le système ATS de contrôle automatique des trains supervise la gestion de lignes de métro mais de nombreux incidents perturbent leur bon fonctionnement. L'objectif de l'étude est d'acquérir des connaissances sur les procédures de gestion des incidents et de les modéliser afin d'évaluer les niveaux de dangerosité atteints. Des améliorations pourraient ainsi être réalisées dans l'application de supervision.*

*ABSTRACT. The automatic train supervision system ATS supervises metro lines management but many incidents disrupt their proper operation. The aim of the study is to gain knowledge on the procedures for incident management and to model them to assess dangerous levels achieved. Improvements could be made in the supervision application.*

*MOTS-CLÉS : Supervision, système de transport, réseaux de Petri, sûreté de fonctionnement.*

*KEYWORDS: Supervision, transport system, Petri Nets, dependability*

---

## 1. Introduction

Depuis quelques années, le nombre de passagers sur les lignes de métro est en croissance régulière. Afin d'assurer le meilleur service possible, les sociétés d'exploitant de transports intensifient leur offre afin de répondre à cette demande. Cependant, plus la fréquence des trains est importante et plus les risques d'incidents sont élevés. Pour garantir la sécurité de leurs voyageurs et la disponibilité du service, des procédures de gestion d'incidents sont mises en place.

La supervision de ces systèmes complexes est réalisée par des systèmes informatisés de contrôle et de commande permettant une gestion automatisée d'une partie des opérations en mode nominal (Belmonte *et al.*, 2006). Cependant, lors d'un incident, l'opérateur humain en charge de la gestion d'une ligne de métro reste le seul décisionnaire des mesures à entreprendre.

## 2. Problèmes & Objectifs

La société Thales développe un système de supervision temps réel pour les lignes de métro afin d'assurer l'exécution de l'offre de transport et la gestion du trafic. Pour gérer un incident et apporter au plus vite des solutions pour reprendre le trafic des trains, chaque société de transport, cliente de l'application développée par Thales, conçoit ses propres procédures. Pour améliorer le service rendu, la société Thales aurait besoin de connaître avec plus de précisions les besoins métier de ses clients concernant la gestion d'incidents. Aujourd'hui, l'application ne peut pas proposer à l'opérateur de supervision une aide à la décision adéquate aux situations encourues (Pasquier, 2002). Les procédures sont mémorisées par les opérateurs et appliquées en fonction de leur expérience. Ils doivent réagir au plus vite à la situation dans un environnement stressant. De plus, chaque procédure est définie pour réagir à un seul incident et ne prend pas en considération la possibilité d'occurrence de plusieurs incidents successifs dans une même zone. Les procédures ne sont donc pas coordonnées les unes avec les autres.

Dans ce contexte industriel, la société Thales souhaiterait avoir des propositions d'amélioration et d'enrichissement de son application de supervision. Les objectifs de travail, réalisés en thèse CIFRE, sont tout d'abord d'acquérir les savoir-faire métier des exploitants d'une ligne de métro, d'analyser leurs procédures d'exploitation, de modéliser l'évolution conjointe des procédures afin d'identifier d'éventuelles situations dangereuses, ainsi que d'évaluer hors-ligne et en ligne le danger encouru par les passagers. La démarche de travail est organisée en quatre étapes.

## 3. Démarche de travail

Tout d'abord, il est nécessaire d'acquérir et d'analyser les connaissances et savoir-faire des opérateurs sur les procédures de gestion d'un incident. Il faut ensuite les classer pour mettre en évidence des structures et des caractéristiques communes.

L'étape suivante consiste à obtenir une représentation graphique de ces procédures facilement compréhensible et accessible par les équipes métier. Le langage BPMN (Business Process Model and Notation) (Object Manag. Group, 2011) a été choisi puisqu'il décrit des processus métier tout en modélisant ses caractéristiques. Cette technique de modélisation offre un intermédiaire entre une description littérale des procédures et leur représentation dynamique. A partir des connaissances acquises auprès des exploitants, onze procédures de gestion d'incidents ont ainsi été modélisées.

Afin d'appréhender des situations dangereuses consécutives à l'engagement conjointe de certaines procédures, il est nécessaire d'en avoir une représentation dynamique et de prendre en compte leurs interactions éventuelles. Au cours de la troisième étape de la démarche, l'identification des ressources mises en jeu lors de l'exploitation d'une ligne de métro révèle les liens et contraintes entre ces procédures. La définition des états des ressources du système permet d'obtenir une évolution plus réaliste et de faire apparaître d'éventuelles situations de danger. Les procédures modélisées avec le langage BPMN sont ensuite traduites en réseaux de Petri afin d'étudier leur évolution et de tenir compte des ressources utilisées (Seidner, 2009). Les modèles réseaux de Petri des ressources et des procédures ainsi que leurs interactions forment le système à étudier.

Lors de la dernière étape, l'espace d'état de ce système est déterminé afin d'établir l'ensemble des états accessibles correspondant aux évolutions des procédures et des ressources. Afin d'évaluer le niveau de dangerosité d'une situation (Moncelet, 1998), une combinaison des états des ressources ne garantissant pas la sécurité des personnes est identifiée. A ce stade, différents niveaux de dangerosité doivent être définis en fonction du danger encouru par les voyageurs (Beugin, 2006).

#### 4. Perspectives & Conclusion

Au travers d'une aide à la décision, le suivi de la dangerosité des états du système informerait les opérateurs de supervision et les interpellerait sur les conséquences possibles de la situation atteinte. Cette information sur la graduation du danger pourrait être complétée par la proposition d'une trajectoire sûre et efficace permettant de s'en éloigner (Rezg, 1996). Ainsi en appareillant l'application de supervision, une aide à la décision donnerait des conseils pour une meilleure gestion des incidents.

Cette démarche est validée sur un exemple concret, l'occurrence de deux incidents sur la même zone d'une ligne : un dégagement de fumée ainsi que la présence d'une personne sur les voies de circulation. Cet exemple sera développé dans le poster afin d'illustrer la démarche de recherche.

#### Bibliographie

Belmonte F., Berkani K., Boulanger J., Schon W. (2006). Safety enhancement of railway traffic by modern supervision systems. In *Seventh world congress on railway research, Montreal (Canada)*, p. 4–8.

4 Acte Posters MSR'13

- Beugin J. (2006). *Contribution à l'évaluation de la sécurité des systèmes complexes de transport guidé*. Thèse de doctorat, Université de Valenciennes.
- Moncelet G. (1998). *Application des réseaux de Petri à l'évaluation de la sûreté de fonctionnement des systèmes mécatroniques du monde automobile*. Thèse de doctorat, Université de Toulouse.
- Object Manag. Group. (2011). *Business process model and notation (BPMN) version 2.0*. Rapport technique. <http://www.bpmn.org/>.
- Pasquier L. (2002). *Modélisation de raisonnements tenus en contexte: application à la gestion d'incidents sur une ligne de métro*. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie - Paris 8.
- Rezg N. (1996). *Contribution à la sécurité opérationnelle des systèmes : Mise en oeuvre d'une structure de surveillance basée sur les réseaux de Petri Objets Contrôlés*. Thèse de doctorat, Laboratoire Automatique Industrielle de l'INSA Lyon.
- Seidner C. (2009). *Vérification des EFFBDs: Model-checking en ingénierie système*. Thèse de doctorat, Université de Nantes.