IFSTTAR SITE DES THESES

Non connecté(e)

Fiche détaillée :

Sujet de thèse n° 3894, créé le 14/12/2023 et modifié par COLLART-DUTILLEUL Simon

Titre:
Outils méthodologique pour la validation virtuelle de systèmes ferroviaires.

Année	2024
Laboratoire principal Référent principal	COSYS - ESTAS - COLLART-DUTILLEUL Simon
Spécialité de la thèse	Informatique et statistiques expérimentales
Affichable	oui
Axe	1 - COP2017 - Transporter efficacement et se déplacer en sécurité
Objectif	1 - Améliorer la fiabilité des transports de personnes et de marchandises, dans leurs différents modes et usages, à coûts et externalités maîtrisés
Site principal	Lille-Villeneuve d'Ascq
Laboratoire extérieur et temps passé	Univ-eiffel/ CFR / MAST - Département Matériaux et Structures/EMGCU/ - 3 mois
Etablissement d'inscription	UNIVERSITE GUSTAVE EIFFEL
Ecole doctorale	MADIS
Directeur prévu	COLLART-DUTILLEUL Simon - Université Gustave Eiffel - COSYS - ESTAS
Co-directeur prévu	SCHMIDT Franziska - Université Gustave Eiffel - MAST - EMGCU
Type de financement prévu	Contrat doctoral
Employeur prévu	Université Gustave Eiffel
Origine du financement prévu	Université Gustave Eiffel
Contrat support prévu	Un soutien intégral par l'Université Gustave Eiffel est demandé.

Résumé :

1/ Contexte ferroviaire industriel
'ERTMS (European Railway Traffic Management System) constitue l'une des avancées technologiques majeures du siècle en cours dans le domaine ferroviaire. Il facilite les opérations transfrontalières combinant radio et système de signalisation.
Les spécifications du système de contrôle des trains correspondant, le système européen de contrôle des trains (ETCS), sont documentées dans le sous-ensemble 26,[1] complété par des STI (Spécifications techniques d'interopérabilité).
La mise en œuvre fonctionnelle correcte de ce sous-ensemble est vérifiée en appliquant un ensemble de tests fonctionnels spécifiés dans le sous-ensemble 76 [2].

Les performances globales de nombreux dispositifs techniques ferroviaires étant liées aux conditions environnementales, les tests d'interopérabilité doivent être mis en œuvre par des tests sur site mesurant les performances effectives. Pour des motivations d'efficacité, il existe une motivation industrielle et politique pour remplacer les tests sur site par des tests en laboratoire basés sur des outils de simulation. C'était l'objectif principal du « zéro test sur site » TD2.6 de l'ensemble de projets shift2rail [3]

À titre d'exemple, le programme GNSS Automated Virtualized Test Environment for Rail (GATE4Rail) [4] a été lancé en 2018 à la suite d'un appel à propositions ouvert de la coentreprise Shift2Rail (S2R) de l'Union européenne.
Ses principaux objectifs sont : i) une caractérisation réaliste de l'environnement en termes d'infrastructures ferroviaires et GNSS pour l'évaluation des performances et des propriétés de certains composants de positionnement de train à sécurité intégrée, ii) une définition d'un cadre commun de processus de test pour zéro sur site essai.

La communication radio a été étudiée suivant les mêmes motivations [5], [6]. Mais une fois le protocole et le banc d'essai définis, la dernière étape consiste à convaincre la NSA (National Safety Authority).

Le principe de prouver la conssitance comportementale entre un comportement réel et un comportement simulé a été accepté par la NSA française (à savoir l'Établissement Public de Sécurité Ferroviaire, EPSF). Mais c'était pour un seul paramètre, et la loi de Student a été jugée efficace.
Pour un ensemble de données multiparamétriques et non homogènes, les statistiques industrielles de base avec cette loi peuvent ne pas parvenir à démontrer une équivalence comportementale.

Les travaux de thèse visent à définir un cadre méthodologique, basé sur des approches mathématiques, pour démontrer l'équivalence potentielle des résultats simulés et des données mesurées sur le terrain, afin de développer un jumeau numérique industriellement crédible.

2/ Cadre méthodologique

Une première étape sera de tester si les données simulées donnent les mêmes informations que les données de terrain (tests), il faut en effet diviser les zones de tests (paramètres de tests donnant des situations homogènes), afin d'obtenir des sous-espaces homogènes.
Par la suite, on ne sait pas si les résultats obtenus par les tests sont de même nature que les résultats numériques : si c'est le cas, des tests statistiques permettent de vérifier qu'il s'agit de phénomènes sous-jacents identiques. Dans le cas contraire, il faudra définir des indicateurs à calculer/obtenir de chaque côté (test/numérique) pour comparer ces deux méthodes, et/ou des méthodologies pour adapter les données physiques ou numériques pour une meilleure comparaison.

Ensuite, une méthodologie sera proposée pour sélectionner les sorties numériques, et donc collecter des données de haute qualité à partir des lectures des capteurs dans un jumeau numérique basé sur des capteurs au cours de son cycle de vie. Les données collectées contribuent au processus de mise à jour périodique des modèles composant le cadre numérique.

De plus, les techniques de science des données seront appliquées pour détecter les pannes de plusieurs capteurs en même temps et pourront être facilement intégrées au flux de travail.

3/ Programmation du doctorat

M0-M12 : Etat de l'art, bibliographie, notamment en lien avec le domaine et rédaction d'un travail de synthèse. Première proposition d'analyse et de collecte de données

M12-M24 : Collecte de données, analyse de données avec diverses techniques statistiques et Machine Learning (Réseaux de Neurones)

M24-M36 : Rédaction d'articles (objectif : 2 articles dans des revues), rapport de thèse

4/ Bibliographie

[1] Subset 26: "system requirements specification". Std, UNISIG, 2016.
Https://www.era.europa.eu/content/set-specifications-3-etcs-b3-r2-gsm-r-b1 en.

[2] Subset-076-6-3: Test sequences, version 3.0.0. Std, European Railway Agency, 2015.

[3] Shit2rail TD2.6 ,"Zero on-site testing", url=https://projects.shift2rail.org/s2r_ip_TD_r.aspx?ip=2&td=983bce09-d662-47ac-904c-a543f5b73fcc

[|4] gate4rail GNSS Automated Virtualized Test Environment for Rail, URL=https://gate4rail.eu/

[5] M. Berbineau et al., "Zero on site testing of railway wireless systems: the Emulradio4Rail platforms," 2021 IEEE 93rd Vehicular Technology Conference (VTC2021-Spring), Helsinki, Finland, 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/VTC2021-Spring51267.2021.9448903.

[6] J. M. Garcia-Loygorri, R. Behaegel and M. Berbineau, "Characterization of the railway environment: channel models & general characteristics", GA 826152, 2020, [online] Available: www.emulradio4rail.eu.

Mots-clefs :	simulation à des fin de validation, ERTMS, ingénierie mathématique, sécurité ferroviaire
Title :	Methodological framework for the Virtual validation of railway systems
Abstract :	1/ Industrial railway context ERTMS (European Railway Traffic Management System) is one of the major technological steps forward of the current century in the railway domain. It facilitates cross-border operation combining radio and signaling system. The specification of the corresponding train control system, European Train Control System (ETCS) are documented in the subset 26,[1] complemented by TSIs (Technical Specification for interoperability). The functional correct implementation of this subset is checked applying a set of functional tests specified in the subset 76 [2]. As global performances of many railway technical devices are linked to environmental conditions, the interoperability tests have to be implemented by on-site tests

measuring the effective performances. For efficiency motivations, there exist an industrial and political motivation to replace on-site tests by test in laboratories based on simulation tools. It was the main goal of the “zero on-site testing” TD2.6 of the shift2rail set of projects [3]

As an example, the GNSS Automated Virtualized Test Environment for Rail (GATE4Rail) [4] program was launched in 2018 following an open call for proposals from the European Union’s Shift2Rail (S2R) joint venture.
Its main goals are: i) a realistic characterization of the environment in terms of railway and GNSS infrastructures for evaluation of performances and properties of some fail-safe train positioning components, ii) a definition of a common test process framework for zero on-site testing.

The radio communication was investigated following the same motivations [5], [6]. However when the test protocol and test bench is defined, the last step consists in convincing NSA (National safety authorities).

The principle of proving the output similarities between real behavior and simulated behavior were accepted by the French NSA (namely “Etablissement Public de Sécurité Ferroviaire”, EPSF). But it was for a single parameter, and the Student law was deemed efficient.
For a multi-parameteric, non-homogeneous set of data, basic industrial statistics with this law may fail to demonstrate a behavioral equivalence.

The PHD work aims at defining a methodological framework, based on mathematical approaches, to demonstrate the potential equivalence of simulated results and on-fields measured data, so to develop a digital twin.

2/ Methodological framework

The initial step will be to test if the simulated data gives the same information as the field data (tests), it is indeed necessary to divide the test zones (test parameters giving homogeneous situations), in order to obtain homogeneous subspaces.
Subsequently, it is not known if the results obtained by the tests are of the same nature as the numerical results: if it is the case, statistical tests make it possible to verify that they are identical underlying phenomena. If not, it will be necessary to define indicators to calculate/obtain on each side (test/numerical) to compare these two methods, and/or methodologies to adapt the physical or numerical data for better comparison.

Afterwards, a methodology will be proposed to select the numerical outputs, and therefore collect high-quality data from sensor readings in a sensor-based digital twin during its life cycle. The data collected helps in the periodic updating process of the models composing the numerical framework.

Furthermore, data science techniques will be applied to detect failures in multiple sensors at the same time and can be easily integrated into the workflow.

3/ PHD scheduling

M0-M12: State of the art, bibliography, especially in link with the domain , with a review work. First data analysis and data collection proposal

M12-M24: Data collection, data analysis with various statistical and Machine Learning techniques (Neural Networks)

M24-M36:paper writing (objective: 2 journal papers), PhD report

4/ References

[1] Subset 26: ”system requirements specification”. Std, UNISIG, 2016.
Https://www.era.europa.eu/content/set-specifications-3-etcs-b3-r2-gsm-r-b1 en.

[2] Subset-076-6-3: Test sequences, version 3.0.0. Std, European Railway Agency, 2015.

[3] Shit2rail TD2.6 ,"Zero on-site testing", url=https://projects.shift2rail.org/s2r_ip_TD_r.aspx?ip=2&td=983bce09-d662-47ac-904c-a543f5b73fcc

[|4] gate4rail GNSS Automated Virtualized Test Environment for Rail, URL=https://gate4rail.eu/

[5] M. Berbineau et al., "Zero on site testing of railway wireless systems: the Emulradio4Rail platforms," 2021 IEEE 93rd Vehicular Technology Conference (VTC2021-Spring), Helsinki, Finland, 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/VTC2021-Spring51267.2021.9448903.

[6] J. M. Garcia-Loygorri, R. Behaegel and M. Berbineau, "Characterization of the railway environment: channel models & general characteristics", GA 826152, 2020, [online] Available: www.emulradio4rail.eu.

Keywords :	Simulation for validation, ERTMS, industrial statistics, railway safety
Commentaires	Cette action vise à développer les connaissances fondamentales nécessaires pour l'exploitation de la plateforme ERTMS du laboratoire ESTAS en valorisant les expérimentaux du laoratoire EMGCU.
Session(s)	1
Etat	retenu

Retour au menu