

# Réutiliser les connaissances d'expert pour assister l'analyse de l'activité sur simulateur pleine échelle de conduite de centrale nucléaire - Approche à base de M-Trace

Olivier Champalle\*, Karim Sehaba\*\*

Université de Lyon, CNRS

\*Université de Lyon 1, LIRIS, UMR5205, F-69622, France

\*\*Université de Lyon 2, LIRIS, UMR5205, F-69676, France

olivier.champalle, karim.sehaba@liris.fr

**Résumé.** Notre travail porte sur l'aide à l'observation de l'activité dans les simulateurs pleine échelle de centrale nucléaire pour assister les formateurs pendant les simulations. Notre approche consiste à représenter l'activité sous la forme de trace modélisée et à les transformer afin d'extraire et de visualiser des informations de haut niveau permettant aux formateurs de mieux retracer et analyser les simulations. Afin de valider notre approche, nous avons conçu le prototype D3KODE que nous avons évalué avec des experts formateurs d'EDF.

## 1 Introduction

Le contexte de nos recherches est celui de l'aide à l'observation de l'activité sur simulateurs pleine échelle du groupe EDF utilisés pour la formation et le perfectionnement des agents de conduite de centrale nucléaire (Pastré, 2005), (Champalle et al., 2011).

Ce projet de recherche est mené avec l'Unité de Formation Production Ingénierie (UFPI) d'EDF. L'UFPI forme les personnels d'EDF dans les métiers de la production d'électricité. Parmi ses formations, l'UFPI forme des opérateurs de conduite de centrales nucléaires. Pour cela, les formateurs organisent des séances de simulation sur simulateurs pleine échelle, réplique intégrale à l'échelle 1 des salles de commande des centrales. Durant les simulations, les formateurs pilotent le simulateur et observent les réalisations des opérateurs. Ces derniers doivent réaliser un *transitoire*. Il s'agit de faire passer le simulateur d'un état initial  $e0$  à un instant  $t0$  à un état final  $n$  à  $tn$ . Pour cela, les opérateurs conduisent l'installation selon des actions attendues organisées en familles d'objectifs pédagogiques elles mêmes déclinées en objectifs pédagogiques de plus bas niveaux. Ces actions sont réparties dans des grilles d'observation complétées par les formateurs (Agency, 2004).

L'observation et l'analyse des interactions individuelles et collectives des opérateurs est une activité critique et particulièrement dense (Samurçay et Rogalski, 1998). Afin de limiter la surcharge cognitive inhérente à ces tâches, les simulateurs disposent d'outils permettant d'enregistrer l'activité des opérateurs tels que les journaux de bord, la vidéo, la téléphonie, etc. Les données collectées permettent aux formateurs de revenir sur les difficultés rencontrées par les opérateurs afin de leur apporter des solutions pour améliorer leurs pratiques. Ces données sont

cependant difficilement exploitables dû à leur grande quantité et à leur très bas niveau nécessitant une expertise forte que ne possède pas les jeunes formateurs. Notre objectif est donc de proposer des modèles et des outils afin d'apporter aux formateurs une aide à l'observation à l'analyse et au débriefing des activités des opérateurs. Pour cela, notre approche est basée sur la modélisation, la représentation et la transformation des traces d'activités des simulations. Cet article est organisé comme suit : la section 2 présente un état de l'art et un positionnement par rapport aux systèmes d'observation et d'analyse des activités de opérateurs dans des environnements de formation. La section 3 présente le principe de notre approche d'observation et d'analyse des activités des opérateurs. La section 4 détaille les modèles de trace et de transformation que nous proposons. La dernière section présente nos conclusions et perspectives.

## 2 Travaux relatifs

Exploiter les traces numériques de l'activité de opérateurs est une pratique répandue dans les environnements informatisés dédiés à la formation. Dans cette partie nous étudions différentes approches exploitant les traces numériques d'activité suivant deux angles :

- l'assistance aux formateurs dans l'observation, l'analyse et la conduite du débriefing ;
- permettre de saisir et de partager les connaissances d'observation et d'analyse.

Dans le cadre des Environnements Virtuels Immersifs de Formation (EVAH), le système HERA (Helpful agent for safEty leaRning in virtuAl environment) (Amokrane et al., 2008) est un ITS permettant de tracer les actions des stagiaires et de fournir de l'aide pendant et après la séance en identifiant les différents types d'erreurs. Les stagiaires bénéficient en temps réel d'un "feedback" et les formateurs peuvent suivre et débriefier plus facilement les stagiaires.

Concernant les simulateurs pleine échelle de conduite de centrale nucléaire, le système SEPIA (Système d'Enseignement par Intelligence Artificielle), (Dunand et al., 1989), assiste le formateur dans le débriefing des évaluations des agents de conduite d'EDF. Basé sur un système expert, SEPIA enregistre les paramètres du simulateur et les actions des opérateurs afin de fournir, lors du débriefing, une correction du scénario.

Le projet PPTS (Pedagogical Platoon Training System) (Joab et al., 2002) assiste des formateurs dans le suivi et l'analyse des manœuvres des équipages de simulateurs de char LECLERC. PPTS utilise un ITS afin d'exploiter les traces numériques de la simulation et faire émerger les niveaux de compétences attendus : technique, tactique et stratégique. A la fin de la simulation, PPTS génère une synthèse et des remarques sur les compétences des équipages.

Les outils présentés ci-dessus utilisent les traces numériques de l'activité des stagiaires afin de diagnostiquer et analyser leurs comportements. Ils sont cependant basés sur des systèmes fermés dont la mise en œuvre est généralement lourde, et nécessitent une longue et étroite collaboration avec les experts. Leurs connaissances sont de plus "statiques" et il n'est pas possible pour le formateur de créer et partager ses propres connaissances d'observation et d'analyse ni de définir les niveaux d'abstractions des compétences attendues. Pour répondre à ce besoin spécifique nous avons donc étudié d'autres approches.

L'outil Tatiana (Trace Analysis Tool for Interaction Analysts) Dyke (2009) implémente le concept de *rejouable* pour assister l'analyse de données hétérogènes (vidéos, logs,...). Un *rejouable* modélise et capitalise une méthodologie d'analyse construite à partir des traces d'utilisateur. Il peut être visualisé, rejoué, enrichi et transformé pour créer de nouveaux *rejouables*. Le système ABSTRACT (Analysis of Behavior and Situation for menTal Representation As-

assessment and Cognitive acTivity modeling) (Georgeon, 2008) permet d'analyser visuellement une activité humaine à partir des transformations successives d'une trace de bas niveau. Chaque transformation, et la règle SPARQL qui l'a compose, peut ensuite être réutilisée pour valider les analyses sur d'autres données de même natures.

Le SBT-IM (Système à Base de Trace - Indicateurs Moodle) (Djouad, 2011) permet la création d'indicateurs d'activités éducatives individuelles et collectives. L'outil a été testé sur la plateforme d'apprentissage Moodle. SBT-IM assiste l'utilisateur dans l'élaboration des indicateurs en masquant les niveaux d'abstraction successifs nécessaires à leur construction. Ces indicateurs sont capitalisables dans un but de réutilisation ou pour créer d'autres indicateurs.

Ces travaux, proches de nos objectifs, ont pour avantage l'utilisation de la notion de trace modélisée et le principe de la réutilisation de transformation pour abstraire une trace de bas niveau afin de faire émerger des connaissances de plus haut niveaux. Ils existent cependant des divergences. Pour Tatiana, la création des transformations n'est pas assistée, SBT-IM ne permet pas de visualiser l'activité sur différents niveaux d'abstraction et ABSTRACT n'autorise pas de transformations avec plusieurs règles et leurs processus de création et de capitalisation pourrait être amélioré. Si ces approches ne correspondent pas tout fait à nos besoins, l'approche à base de trace modélisée et de transformation à base de règle, utilisée dans ABSTRACT et SBT-IM, semble être la plus flexible, favorisant l'analyse et le partage des connaissances.

### 3 Principe de notre approche à base de M-Trace

Notre problématique s'inscrit dans les travaux sur les traces d'activités de l'équipe SILEX<sup>1</sup> (Settouti, 2011). Par définition, une trace est un ensemble d'observés temporellement situés. On appelle observé toute information structurée issue d'une observation. Dans notre cadre de recherche, les observés sont générés à partir du processus simulé et des interactions entre les acteurs et le simulateur. Un observé possède un type, un label et un time stamp. Il peut être en relation avec d'autres observés de la même trace. En fonction de son type un observé possède des attributs qui le caractérisent. Le modèle de trace définit les types d'observés et les types de relations qui composent la trace. On appelle trace modélisée, notée m-trace, toute trace issue d'un processus de collecte, composé d'observés, et conforme à un modèle de trace.

Dans notre contexte de recherche nous distinguons trois niveaux de m-trace, à savoir :

- M-trace première : les observés sont issus des données collectées par les sources de traçage du simulateur tels que les journaux de bord et les annotations vidéo ;
- M-trace des objectifs pédagogiques : les observés représentent les attendus que les opérateurs doivent valider tels que "acquitter l'alarme" ou "ajuster la pressions" ;
- M-trace famille d'objectifs pédagogiques : les observés correspondent aux objectifs généraux de la formation tels que "conduire l'installation" ou "travailler en équipe".

Ces niveaux de m-trace sont obtenus via des transformations à base de règles. Comme le montre la figure 1, chaque observé d'une trace de niveau  $n$  est en relation avec ses observés d'origines de la trace de niveau  $n - 1$ . Les observés de la M-trace première, sont quant à eux en relations avec les données collectées par le simulateur.

---

1. <http://liris.cnrs.fr/silex>.

Trace modélisée pour transmettre l'expertise d'analyse sur simulateur

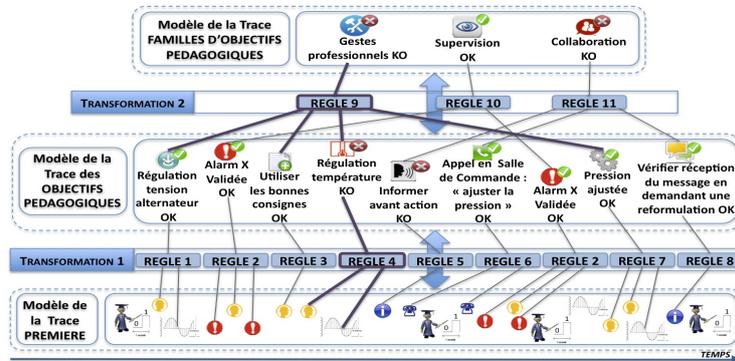


FIG. 1 – Principe d'analyse par transformation et visualisation de traces

Une telle organisation permet aux formateurs d'explorer, d'analyser et de mieux comprendre les raisons, collectives ou individuelles, des réussites et des échecs des opérateurs pour préparer et conduire les sessions de débriefing. Par exemple, si le formateur veut comprendre les raisons pour lesquelles l'observé "Gestes professionnels" de la trace "famille d'objectifs pédagogiques" est KO<sup>2</sup> (voir la figure 1), il peut naviguer dans ses différents observés origines, à savoir "Régulation tension alternateur", "Utiliser les bonnes consignes", "Régulation température" et "Pression ajustée". Selon la règle 9, pour que l'observé "Gestes professionnels" soit OK, il faut que tous ses observés origines soient OK. Dans la mesure où un de ces observés est KO, l'observé "Gestes professionnels" est KO lui aussi.

#### 4 Modèle de trace et de transformation.

Quel que soit le niveau de la trace, son modèle et le simulateur, nous considérons qu'une m-trace doit embarquer son identité afin d'être localisable et exploitable dans le temps pour des traitements statistiques ou des analyses à grande échelle. Ainsi, toute m-trace possède un identifiant unique, une date de début et de fin, un niveau, un type de simulateur, un type de formation (initiale ou maintien de compétences), une catégorie de formation (sommatrice ou formative) ainsi qu'un scénario de simulation (ilotage, perte d'alimentation, etc.) (figure 2(1)). Chaque type d'observé recensé est caractérisé par un identifiant, une date de début et de fin, un label, l'identifiant du sujet générateur, sa nature (évalué ou non), son rôle (opérateur, superviseur, etc.) et un attribut de réalisation (OK ou KO). Ce modèle peut être spécialisé pour ajouter des attributs liés à l'action tracée.

Afin de permettre l'exploration des niveaux de traces, chaque observé possède un lien vers sa règle et ses observés origines, ou vers les données collectées par les sources de traçage s'il s'agit de la trace première.

Une transformation génère une trace cible de niveau  $n$  à partir d'une trace source de niveau  $n - 1$ . Comme le montre la figure 2(2), les transformations sont basées sur un ensemble de

2. Ce qui veut dire que l'opérateur n'a pas validé cet objectif

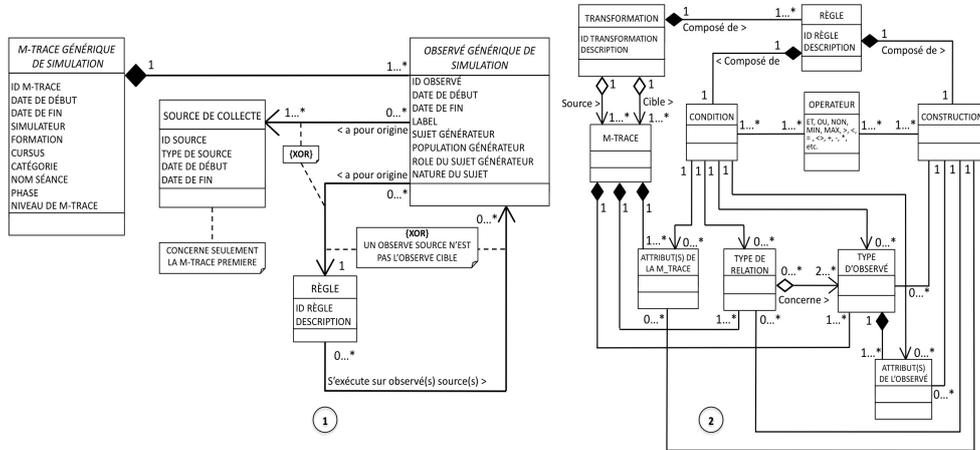


FIG. 2 – Modèles de trace et de transformation

règles de la forme si condition alors construction. La partie condition exprime des contraintes sur les éléments de la m-trace d'origine. La partie construction définit les observés et les relations de la m-trace cible de plus haut niveau si toutes les contraintes de la partie condition sont satisfaites. Une règle peut faire appel à des opérateurs arithmétiques, booléens et/ou de comparaison afin d'exprimer des contraintes sur les valeurs des attributs des observés sources (condition) ou d'initialiser les valeurs des attributs des observés cibles (construction).

## 5 Conclusion et perspectives

Cet article traite de la problématique de l'observation et de l'analyse de l'activité sur simulateur pleine échelle. Ce travail de recherche, mené en partenariat avec l'UFPI d'EDF, est appliqué dans le cadre des formations et du maintien de compétences des opérateurs de conduite de centrale nucléaire. L'objectif est de proposer des modèles et des outils pour assister les formateurs dans les phases de préparation et de conduite des débriefings. L'approche que nous avons proposée consiste à transformer les traces premières, issues des données collectées par le simulateur, afin d'extraire des informations de haut niveau sur l'activité des opérateurs. Nous avons pour cela proposé des modèles de trace et de transformation adaptés aux spécificités de nos propositions telles l'exploration de M-Traces et la saisie et le partage des connaissances d'observations des formateurs. Sur la base de nos modèles, nous avons également conçu un prototype, appelé D3KODE (Define, Discover, and Disseminate Knowledge from Observation to Develop Expertise), pour stocker, transformer et visualiser les traces. Ce prototype a été évalué sur la base d'un protocole comparatif mené avec une équipe de 8 formateurs de l'UFPI. Le dépouillement et l'analyse des résultats est en cours de réalisation. Nos travaux futurs visent à traiter le deuxième objectif du projet qui concerne l'exploitation des traces pour le retour d'expérience afin d'affiner les besoins et optimiser les programmes de formation des années à venir.

## Références

- Agency, I. A. E. (2004). Use of control room simulators for training of nuclear power plant personnel. Report 36017984, International Atomic Energy Agency, Vienna (Austria).
- Amokrane, K., D. Lourdeaux, et J.-M. Burkhardt (2008). Hera: Learner tracking in a virtual environment. *The International Journal of Virtual Reality* 7(3), 23–30.
- Champalle, O., K. Sehaba, A. Mille, et Y. Prié (2011). A framework for observation and analysis of learners' behavior in a full-scope simulator of a nuclear power plant - approach based on modelled traces. In *ICALT 2011 - The 11th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, pp. 30–31. Communication affichée.
- Djouad, T. (2011). *Ingénierie des indicateurs d'activités à partir de traces modélisées pour un Environnement Informatique d'Apprentissage Humain*. Ph. D. thesis, Université Claude Bernard Lyon 1 - LIRIS UMR 5205, Université de Constantine.
- Dunand, R., F. Dravers, et J. Guillermand (1989). Sepia : un système d'enseignement par intelligence artificielle pour les opérateurs d'edf. *Revue générale nucléaire* 3, 254 – 257.
- Dyke, G. (2009). *Un modèle pour la gestion et la capitalisation d'analyses de traces d'activités en interaction collaborative*. Ph. D. thesis, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, St Etienne.
- Georgeon, O. (2008). *Analyse de traces d'activité pour la modélisation cognitive : application à la conduite automobile*. Psychologie - dimensions cognitives et modélisation, Université Lumière Lyon 2 Institut de Psychologie.
- Joab, M., O. Auzende, M. Fattersack, B. Bonnet, et P. L. Leydour (2002). Computer aided evaluation of trainee skills on a simulator network. *ITS 2002 : Proceedings of the 6th International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, 521–530.
- Pastré, P. (2005). Analyse d'un apprentissage sur simulateur : des jeunes ingénieurs aux prises avec la conduite de centrales nucléaires. In P. Pastré (Ed.), *Apprendre par la simulation : de l'analyse du travail aux apprentissages professionnels* (Octares ed.), Formation, Chapter 11, pp. 241–265. Toulouse.
- Samurçay, R. et J. Rogalski (1998). Exploitation didactique des situations de simulation. *Le Travail humain* 61(4), 333–359.
- Settouti, L. S. (2011). *Systemes à Base de Traces Modélisées : Modèles et Langages pour l'exploitation des traces d'Interactions*. Ph. D. thesis, Université de Lyon.

## Summary

Our work focuses on supporting the observation of activity in the Nuclear Power Plant Full-Scale Simulators to assist trainers during the simulations. For that purpose, our approach consists in representing the activity in the form of modelled trace. These modelled traces are then transformed in order to extract higher information level allowing the trainers to better analyze the simulations. To validate our approach, we developed the prototype D3KODE which was evaluated with expert trainers of EDF.