

# Modèles de raisonnement pour le diagnostic et le feedback dans l'apprentissage de la gestion des compétences non techniques en situation critique

Yannick Bourrier, Francis Jambon, Catherine Garbay et Vanda Luengo

UPMC - LIP6, Paris, France  
{yannick.bourrier, vanda.luengo}@lip6.fr  
UGA - LIG, Grenoble, France  
{catherine.garbay, francis.jambon}@imag.fr

**Abstract.** Le projet ANR MacCoy (ANR-14-CE24-0021) s'intéresse aux verrous scientifiques posés par l'apprentissage de compétences non techniques en situation techniques à l'intérieur de mondes virtuels, dans les domaines de la médecine et de la conduite. Au sein du projet, nos contributions se focalisent sur le diagnostic des connaissances de l'apprenant à partir des traces générées par son activité à l'intérieur du simulateur, et à la prise de décision pour la génération d'un feedback pouvant être immédiat (réponse en temps réel à une action de l'apprenant), ou différé (sous la forme d'une consigne pour la génération d'une nouvelle situation critique).

## 1 Présentation des travaux

Le terme « compétence non technique » renvoie à un nombre de connaissances qui viennent s'adjoindre et influencer les compétences techniques pour la réalisation efficace et sûre d'une activité [1]. Ces compétences sont mobilisées tout particulièrement durant une situation critique, c'est-à-dire une situation unique à gravité variable, donc naturellement difficile à anticiper. Ainsi les compétences non techniques peuvent correspondre à des compétences cognitives (comme la prise de décision, ou la conscience de la situation), sociales (comme la communication où le leadership), mais aussi personnelles, comme la capacité d'un individu à gérer son stress ou sa fatigue.

Dans [2], nous nous sommes intéressés à la description des problèmes de recherche posés par la problématique de l'apprentissage des CNT à l'intérieur d'un environnement virtuel en la considérant sous l'œil d'un *domaine mal défini*, c'est à dire possédant une ou plusieurs caractéristiques complexes à gérer du point de vue de l'apprentissage.

Une première difficulté vient de la nature des compétences non techniques : ces compétences sont les plus actives en réponse à une situation critique, c'est-à-dire pour pallier à une situation sans solution procédurale définie a priori. Il s'agit de compétences empiriques, or, le diagnostic de compétences empiriques est un problème complexe, déjà été étudié par [3] dans le cadre de la chirurgie orthopédique, mais également par

[4] pour la formation d'astronaute à la manipulation d'un bras robotique dans un univers en 3 dimensions.

Une seconde difficulté trait à l'établissement du modèle de l'apprenant par le diagnostic épistémique des connaissances employées par ce dernier lors de la résolution d'une situation critique donnée. Ce diagnostic devra non seulement prendre en compte la nature empirique des compétences non techniques, mais également les influences mutuelles entre compétences non techniques et compétences techniques, ainsi que l'influence du niveau de criticité de la situation.

Finalement, une troisième difficulté trait au feedback, et plus particulièrement à la génération d'une consigne scénaristique ayant pour objectif de maximiser l'efficacité d'une session d'apprentissage, en modifiant son déroulé. Pour ce faire, le feedback généré devra prendre en compte les aspects didactiques, liés aux compétences à cibler en priorité étant donné le contenu du modèle de l'apprenant, mais respecter également les contraintes pédagogiques de l'apprentissage (durée d'une simulation, etc). En d'autres termes, le système de feedback devra être le résultat d'un compromis constant entre précision didactique et efficacité pédagogique.

## **2 Pistes de recherche**

### **2.1 Pistes pour le diagnostic des compétences non techniques**

Confronté à un problème de complexité comparable, [4] propose de décomposer la problématique d'apprentissage en différents sous-problèmes à la complexité différente. Pour les aspects les plus complexes du domaine, les auteurs ont recours à des techniques de fouille de données pour extraire les séquences d'actions valides à partir de l'analyse de l'activité de manipulation du bras robotique par des experts. Similairement, [3] décompose le problème de l'apprentissage de la chirurgie orthopédique sous la forme d'une série de sous-problèmes faisant chacun appel à des compétences pouvant être déclaratives, procédurales ou empiriques. Un réseau bayésien est utilisé pour l'analyse de la connaissance empirique. Dans les deux cas, les approches utilisées sont hybrides, fruits de modèles cognitifs et *constraint-based* pour traiter les aspects définis d'une part, et de modèles plus élaborés pour les aspects mal-définis d'autre part.

Dans le cas de [3], le réseau bayésien est utilisé pour déterminer de manière probabiliste à quelle compétence empirique est liée une activité perceptivo-gestuelle. L'utilisation d'un réseau bayésien est appropriée car le domaine assure une bonne connaissance des compétences mises en jeu par un geste. Cependant dans notre cas, les liens entre compétences techniques et non techniques peuvent varier d'une situation critique à l'autre. On s'oriente donc vers la mise en place d'un réseau de neurones (RN) pour le diagnostic des compétences non techniques de l'apprenant. La première piste souhaitée pour l'atelier trait aux choix pour la calibration du RN pour le diagnostic de compétences non techniques, en d'autres termes, comment utiliser certains aspects « bien définis » de notre problème pour améliorer la convergence du réseau ? Une autre piste de recherche est la suivante : si un RN partiellement supervisé peut s'avérer efficace pour

le diagnostic, un réseau de neurones récurrent (RNN) peut-il être un modèle adapté pour la gestion de l'évolution temporelle du niveau de compétences de l'apprenant à l'intérieur de la simulation ?

Nos contributions sur le sujet seront nos connaissances quant à la mise en place / l'entraînement de réseaux de neurones (Perceptrons multi-couches, Réseaux Récurrents simples associés à des problèmes de classification ou de régression), ainsi que nos connaissances sur la conception d'environnements d'apprentissage intelligents mal définis.

## 2.2 Pistes pour la génération d'une nouvelle situation d'apprentissage

Précédemment, nous traitons de la nécessité de prendre en compte les aspects didactiques et pédagogiques de l'apprentissage pour générer un feedback adapté. Il est ici question de choisir la meilleure solution parmi un espace de contraintes liées à l'apprentissage des compétences non techniques, ayant *a minima* les dimensions didactiques suivantes :

- Quelle compétence cibler ?
- Dans quel objectif d'apprentissage ?

L'une des pistes étudiée est liée à la recherche d'approches capables de prendre en compte les divergences entre intention didactique et réalité pédagogique. Par exemple, l'une des réalités pédagogiques à prendre en compte est liée à la temporalité : quel chemin emprunter pour maximiser l'apprentissage des compétences non-techniques en un temps limité ? Ai-je suffisamment d'informations sur l'apprenant pour déterminer ce chemin ? Si non, quelle nouvelle situation critique pourrait me donner le maximum d'informations sur l'apprenant ? Cet objectif de maximisation d'objectifs multiples et potentiellement contradictoires peut s'apparenter à un problème d'exploration/exploitation. [5] s'intéresse à l'utilisation d'algorithmes de ce type, notamment Multi-Armed-Bandit (MAB) pour optimiser l'apprentissage humain à l'intérieur d'un système tuteur intelligent. Nous nous intéressons à la conception d'un modèle de feedback basé sur notre diagnostic et utilisant MAB, pour orienter vers un champ ou un autre la consigne scénaristique générée.

Nos contributions sur le sujet permettront de s'appuyer sur un historique de conception d'ITS proposant des feedbacks multiples et basés sur un diagnostic épistémique poussé, ainsi que sur nos connaissances théoriques d'optimisation de problèmes d'exploration/exploitation via des techniques MAB.

## 3 Références

1. Flin, R., Martin, L., Goeters, K. M., Hormann, H. J., Amalberti, R., Valot, C., & Nijhuis, H.: Development of the NOTECHS (non-technical skills) system for assessing pilots' CRM skills. *Human Factors and Aerospace Safety* 3, 97-120 (2003)

2. Bourrier, Y., Jambon, F., Garbay, C., & Luengo, V. (2016, September). An Approach to the TEL Teaching of Non-technical Skills from the Perspective of an Ill-Defined Problem. In European Conference on Technology Enhanced Learning (pp. 555-558). Springer International Publishing.
3. V. Luengo. Take into account knowledge constraints for TEL environments design in medical education. In ICALT 2008: The 8th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, Santander, Cantabria, Spain, 839--841 (2008)
4. Fournier-Viger, P., Nkambou, R., & Nguifo, E. M. (2008, October). A knowledge discovery framework for learning task models from user interactions in intelligent tutoring systems. In Mexican International Conference on Artificial Intelligence (pp. 765-778). Springer Berlin Heidelberg.
5. Lopes, M., Clement, B., Roy, D., & Oudeyer, P. Y. (2014). Developmental Learning for Intelligent Tutoring Systems. In IEEE ICDL-Epirob-The Fourth Joint IEEE International Conference on Development and Learning and on Epigenetic Robotics.