



HAL
open science

Agents pédagogiques interactifs pour l'apprentissage d'une tâche procédurale

Mukesh Barange, Alexandre Pauchet, Julien Saunier

► **To cite this version:**

Mukesh Barange, Alexandre Pauchet, Julien Saunier. Agents pédagogiques interactifs pour l'apprentissage d'une tâche procédurale. Workshop Affects, Compagnons Artificiels et Interaction, 2016, Brest, France. 10.1145/1235 . hal-02123279

HAL Id: hal-02123279

<https://normandie-univ.hal.science/hal-02123279>

Submitted on 7 May 2019

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.

Agents pédagogiques interactifs pour l'apprentissage d'une tâche procédurale

Mukesh Barange
INSA de Rouen, France
mukesh.barange@insa-rouen.fr

Alexandre Pauchet
INSA de Rouen, France
alexandre.pauchet@insa-rouen.fr

Julien Saunier
INSA de Rouen, France
julien.saunier@insa-rouen.fr

ABSTRACT

Dans de nombreux environnements virtuels pour l'apprentissage humain, les apprenants doivent collaborer avec un ou plusieurs agents autonomes pour mener à bien leurs tâches. Cette coordination nécessite que les membres de l'équipe, humains et agents, raisonnent et dialoguent sur les ressources, plans et actions partagés. Cet article propose une nouvelle architecture d'agent, PC²BDI, qui permet d'adapter le comportement de l'agent en fonction de trois agendas : les tâches à mener, les dialogues et le scénario pédagogique. Elle est fondée sur une représentation sémantique de l'environnement et des procédures métier pour modéliser le partage d'informations et de plans entre humains et agents. Cette architecture permet la mise en place de stratégies de dialogues à la fois réactives aux besoins de l'apprenant et aux dialogues en cours, et proactive pour la coordination entre membres et la mise en œuvre des primitives pédagogiques.

Keywords

Pedagogical Agent ; Collaboration ; Human Agent Interaction ; Natural Language Interaction

1. INTRODUCTION

Dans le contexte des environnements virtuels (EV) pour la formation, la coordination nécessite que les membres de l'équipe, humains et agents, raisonnent et dialoguent sur leurs ressources, plans et actions partagés [1]. Néanmoins, la collaboration dans le contexte d'équipes mixtes pose de nombreux défis. Premièrement, une caractéristique importante du travail d'équipe entre humains est que ses membres fournissent de façon proactive les informations nécessaires en anticipant les besoins d'information des autres. Ainsi, dans une équipe mixte humains-agents, les agents doivent également fournir cette aide aux autres membres. Les agents peuvent en outre offrir des assistances pédagogiques afin que les apprenants atteignent leurs objectifs d'apprentissage. Ces agents pédagogiques permettent proactivité, interaction et engagement des apprenants dans un EV d'apprentissage.

Deuxièmement, la communication en langage naturel exige non seulement de prendre en compte le dialogue en cours, mais également la tâche commune et les croyances des autres membres de l'équipe. Elle nécessite aussi de définir des protocoles appropriés pour les communications multiparties au sein d'une équipe mixte. L'avantage des dialogues multiparties est qu'ils encouragent l'interaction de groupe et la collaboration entre les utilisateurs humains. Cet avantage peut être exploité pour favoriser des activités typiquement humaines comme (a) l'apprentissage des élèves dans des contextes plus sociaux et (b) la construction et le maintien de relations sociales entre les membres d'une équipe.

Au cours de la dernière décennie, plusieurs projets de recherche se sont concentrés sur la conception d'agents dans des EVs augmentés, leur utilisation, leur efficacité et leurs limites [2, 12, 11]. Certains agents sont développés et intégrés à des EVs uniquement pour rendre ceux-ci plus vivants. D'autres possèdent une rationalité limitée mais suffisante avec pour but d'augmenter l'implication des apprenants dans l'EV. Cependant, ces agents ne possèdent jamais de comportement collaboratif et pédagogique afin de proposer une assistance efficace aux apprenants dans le contexte d'une équipe mixte humaine agent orienté tâche.

Notre objectif est de générer le comportement pédagogique d'un agent à l'aide de dialogues multiparties entre un utilisateur et plusieurs agents afin d'augmenter l'engagement dans l'interaction de l'utilisateur et de lui fournir de manière pro-active les informations dont il a besoin.

Dans ce contexte, nous proposons une architecture d'agent pédagogique (PC²BDI), qui étend l'architecture C²BDI [1]. D'une part, elle permet la composition entre le comportement délibératif et conversationnel pour la réalisation d'activités collectives et pour le partage d'informations. D'autre part, elle offre un comportement pédagogique afin de fournir une assistance appropriée à l'apprenant.

Dans la section 2, nous présentons l'état de l'art concernant l'architecture d'agent pédagogique. La section 3 décrit les différents composants de notre architecture et les comportements d'agent sont présentés dans la section 4. La section 5 présente l'évaluation et la section suivante décrit la discussion. Enfin, la section 7 résume notre contribution.

2. ÉTAT DE L'ART

Les EVs de collaboration pour la formation ont été largement utilisés dans différentes applications, telles que la formation aux procédures pour la maintenance [11], la prise de décision dans des situations critiques [16] ou encore la formation en gestion des risques [2]. Toutes ces applica-

tions partagent des aspects communs en terme d'*awareness* (conscience, attention) envers les membres de l'équipe humaine et agent autonomes, la capacité à partager l'information et la coordination efficace de l'équipe.

Un agent autonome ayant généralement une partie ou la totalité des capacités cognitives classiques telles que la prise de décision, la mémoire, la planification, le raisonnement, etc. est appelé un agent virtuel intelligent. Des exemples de ces architectures comprennent STEVE [12] développé sur l'architecture SOAR, Greta [6] basé sur une architecture SAIBA, ou encore C²BDI [1] une architecture d'agent à base de BDI. Le comportement conversationnel intégré à C²BDI est basé sur Information State (IS) et supporte également les interactions multipartie entre un utilisateur et plusieurs agents virtuels. Toutefois, ces architectures ne permettent pas d'intégrer facilement un comportement pédagogique à l'agent, et ne peuvent donc pas être directement utilisés comme agents pédagogiques dans le cadre d'une activité orientée tâches partagées.

Les agents pédagogiques sont des agents conversationnels animés qui agissent en tant que tuteurs ou vecteurs de motivation. Ils peuvent être liés à diverses théories cognitives [9], peuvent avoir une capacité d'interaction naturelle [5] et peuvent améliorer l'engagement social [6]. Dans [18], les auteurs ont présenté un état de l'art sur les agents pédagogiques et ont examiné divers arguments fondés sur des évaluations empiriques : (a) les agents pédagogiques sont adaptatifs [3]; (b) ils fournissent des simulations réalistes [12], (c) ils adressent des besoins socioculturels de l'apprenant, (d) ils encouragent l'engagement, la motivation et les responsabilités [8] et (e) ils améliorent l'apprentissage et la performance [14]. Cependant, ces arguments ne sont pas toujours valides. Par exemple, bien que diverses études aient noté que les agents pédagogiques sont adaptatifs [7], ils ont également remarqué que dans la plupart des cas ces agents omettent parfois de fournir certaines informations à la suite de questions de l'apprenant, ou bien les fournisse de manière inappropriée. De plus [4] a montré que le simple ajout d'agents pédagogiques dans un EV ne conduit pas forcément à de meilleurs résultats. En réalité, gain observé dans l'apprentissage est généralement attribué à la pédagogie utilisée par l'agent plutôt qu'à l'agent lui-même.

L'évaluation et la comparaison des différents aspects des agents pédagogiques restent difficiles en raison de leurs rôles, de la complexité des interactions, des différentes modalités de l'agent, et de la façon dont les expérimentations sont conçues pour l'évaluation. Ainsi, l'utilisation d'agents pédagogiques dans les situations d'apprentissage virtuel nécessite une évaluation minutieuse des capacités des agents et de l'opinion de l'utilisateur.

3. ARCHITECTURE D'AGENT PÉDAGOGIQUE

PC²BDI est une architecture cognitive en quatre couches pour l'interaction, l'accomplissement des tâches partagées et objectifs de communication, la gestion des connaissances et les comportements pédagogiques (fig. 1).

La couche d'interaction (*Interaction Layer*) est en charge de l'interface avec l'EV. Elle permet à l'agent d'interpréter les comportements des autres membres, afin de mettre en œuvre ses propres comportements, en fonction de son processus de décision et du gestionnaire de dialogue.

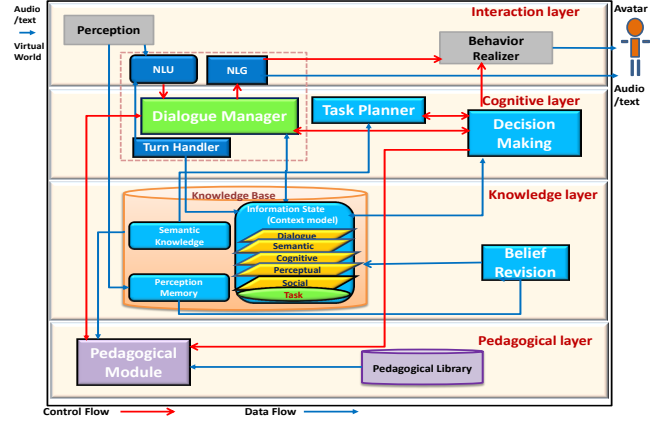


Figure 1: Architecture PC²BDI

La couche cognitive (*Cognitive Layer*) détermine la façon dont l'agent maintient sa collaboration avec les autres membres de l'équipe. Le planificateur de tâches détermine les actions appropriées pour l'agent en référençant les activités communes et les rôles de chaque membre. Le processus de décision est motivé par les connaissances sur les buts, les plans, l'IS et la connaissance sémantique de l'EV et de la tâche. Le gestionnaire de dialogues (DM) multiparties [1] est fondé sur une approche par modèles pour l'interprétation et la génération d'énoncés en fonction de l'IS. Le DM classe les intentions des énoncés reçus et les intentions proactives déterminées par la prise de décision, lesquelles peuvent ensuite être associées à des primitives pédagogiques. Il passe ensuite le contrôle au module pédagogique. Le gestionnaire de tour de parole multipartie est dérivé des fonctionnalités multimodèles de l'architecture Ymir [17], en utilisant l'angle et la distance entre l'agent et les autres membres de l'équipe et sa propre intention de parler.

La couche de connaissance (*Knowledge Layer*) gère la base de connaissances qui inclut la connaissance sémantique, la connaissance perceptive, et l'IS. Chaque agent partage la même connaissance sémantique à propos de l'EV et des activités communes, de façon à simplifier le processus de planification. L'IS contient les informations contextuelles sur les dialogues en cours. La modélisation sémantique de l'EV repose sur une méthode de conception d'EV adaptatif pour la formation [13], qui fournit des rôles distincts aux acteurs de la conception tels que les pédagogues (bibliothèque de primitives pédagogiques), les experts métiers (modèle de tâche), les concepteurs (EV) et les formateurs (scénario pédagogique).

La couche pédagogique (*Pedagogical Layer*) apporte la capacité de fournir des assistances aux apprenants soit en fonction de leurs demandes, soit en déterminant proactivement ces besoins. Elle utilise les actions pédagogiques décrites par le pédagogue pour guider ou corriger l'apprenant dans l'EV. Il passe ensuite le contrôle au DM pour générer le contenu ou lorsqu'une rétroaction est nécessaire.

Cette architecture a été intégrée dans un environnement d'apprentissage pour la maintenance éolienne. Un agent PC²BDI est associé à chaque humain virtuel. La figure 2 montre une capture d'écran du scénario de maintenance, où deux techniciens (un avatar de l'apprenant et un agent virtuel jouant également le rôle de tuteur) collaborent pour effectuer une activité collaborative.

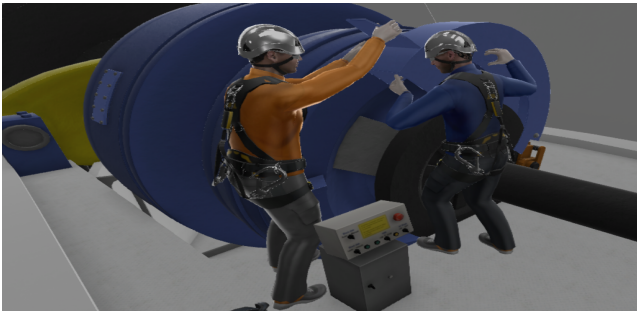


Figure 2: Scénario collaboratif de maintenance

4. COMPORTEMENTS DE L'AGENT VIRTUEL

Cette section décrit le comportement pédagogique et la gestion des tours de parole. Descriptions sur les autres comportements peuvent trouver dans [1].

Comportement Pédagogique de l'agent

L'agent peut jouer des rôles différents au cours de l'activité collective. Chaque agent peut participer en tant que membre "équivalent" de l'équipe, et chaque agent peut également fournir l'assistance nécessaire à l'utilisateur en fonction du contexte courant de la tâche.

L'agent assisté à l'utilisateur dans l'une des conditions suivantes : lorsque l'action pédagogique est explicitement spécifiée dans le scénario de formation par l'enseignant, l'agent peut alors interpréter cette action dans l'action primitive pédagogique appropriée et passe le contrôle au gestionnaire de dialogue ; l'agent peut fournir une assistance pédagogique à l'utilisateur en déterminant le besoin d'information de l'utilisateur, ou lorsque l'utilisateur demande explicitement une information. Par exemple, si l'utilisateur demande à l'agent que ce qu'est l'endoscope, l'agent peut mettre en évidence l'objet "endoscope" et peut fournir la description de cet objet (fig. 3.[A]).



Figure 3: Exemple d'une action pédagogique

L'agent peut répondre différemment à une même requête en fonction du niveau de l'apprenant (débutant, intermédiaire ou expert). Par exemple, si l'étudiant pose plusieurs fois la même question à propos de l'endoscope, l'agent peut

décrire son fonctionnement, ses différents éléments lors de quelles actions il peut être utilisé, etc.. Toutefois, si le contexte courant de la tâche ou le dialogue ont été changés, la réponse à cette requête ne sera pas la même.

L'agent détermine la nécessité d'une information pédagogique pour l'apprenant en fonction du dialogue en cours avec l'apprenant, ou via l'action effectuée par l'utilisateur. Si l'utilisateur est un débutant, l'agent peut donner des indications sur la prochaine action à effectuer et la ressource à utiliser pour cette action. Si l'utilisateur n'exécute pas les actions appropriées, l'agent peut l'informer de l'action qu'il est censé accomplir (fig. 3[B]). De plus, les agents identifient la nécessité d'une assistance selon le comportement des apprenants (par ex. s'il fait des actions erronées). L'agent classe les événements générés par l'apprenant en différentes catégories (action erronée, mauvaise ressource, etc.) en fonction du contexte courant de l'activité. L'agent associe alors une primitive pédagogique appropriée au type d'évènement. Cette information est ensuite transmise au gestionnaire de dialogue. Le gestionnaire de dialogue traite ces informations et génère un dialogue correspondant à l'action pédagogique. La bibliothèque d'actions pédagogiques développée jusqu'à maintenant contient cinq catégories : les actions pédagogiques

- sur l'EV (e.g., *mettre en évidence ou en transparence un objet...*)
- sur les interactions de l'utilisateur (e.g., *changer de point de vue, bloquer sa position*)
- sur la structure du système (e.g., *décrire la structure, afficher la documentation d'une entité*)
- sur la dynamique du système (e.g., *expliquer les objectifs d'une procédure ou d'une action*) et
- sur le scénario lui-même (e.g., *afficher une ressource pédagogique, expliciter les objectifs de réalisation*).

Gestion des Tours de Parole

Le gestionnaire de tours de parole multipartie est dérivé des fonctionnalités multi-modèles de l'architecture Ymir [17], en utilisant l'angle et la distance entre l'agent et les autres membres de l'équipe et sa propre intention de parler.

Identification du locuteur et de l'interlocuteur.

Quand un agent ou un utilisateur parle, l'agent doit déterminer le locuteur afin d'interpréter l'énoncé. Dans un dialogue, l'identification du locuteur et de l'interlocuteur est simple. Celui qui parle est le locuteur et l'autre est un interlocuteur. Cependant, dans les interactions multiparties, cette identification est difficile, car un agent peut jouer le rôle d'un locuteur, d'un interlocuteur ou d'un *overhearer*.

Pour déterminer la probabilité qu'un agent ou que l'apprenant ait engagé la conversation avec un autre, nous utilisons la formule suivante :

$$isLookingAtMe = (1.0f - (0.5f/thetaMax) * angle)$$

$$isTalkingToMe = isLookingAtMe * ([0.5 - (0.5/thetaMax) * angle] + (0.5 - (0.5/distMax) * dist))$$

où

- $angle = Angle(speaker, selfAsAddressee)$
- $dist = Distance(source, destObj)$;
- $speaker$: agent/utilisateur émetteur ayant commencé à parler
- $dest$: interlocuteur avec qui l'émetteur est supposé

être en interaction

- *thetaMax* : angle de vue maximum lorsque la distance est courte
- *distMax* : distance maximale après laquelle on ne peut plus considérer que l'émetteur interagit

De cette manière, l'agent peut déterminer son rôle lors de l'interaction par *isTalkingToMe* ainsi que le traitement des "cue words" dans les énoncés reçus. Lorsque l'agent a l'intention de parler, s'il vérifie si il a le tour et si personne ne parle, sinon, il attend jusqu'à ce qu'il obtienne le prochain tour de parole. Il peut réviser ses croyances et ses intentions, et peut supprimer l'intention courante de parler si le besoin d'information du destinataire a été satisfait (en raison de certaines actions ou énoncés des autres membres de l'équipe). L'avantage de ce approche est qu'un seul agent à la fois répond à l'apprenant s'il a posé une question destiné à tout le monde. Par exemple, si l'apprenant pose une question et les deux agent Sébastien et Pierre ont reçu l'énoncé ; si Pierre donne la réponse (Figure 3) :

Apprenant : Où est l'endoscope

Sébastien : C'est là-bas.

Apprenant : Qu'est-ce qu'on fait maintenant ?

Pierre : On doit choisir les outils.

(Sébastien supprime son intention de parler car Pierre a donné la réponse.)

5. ÉVALUATION EXPÉRIMENTALE

Pour évaluer les effets de l'ajouter des comportements pédagogiques et multiparties de l'agent, nous avons prévu trois systèmes avec les différentes conditions expérimentales (voir table 1). Ces conditions sont fondées sur la nature du comportement réactif, proactif et pédagogique de l'agent.

Table 1: Conditions expérimentales fondées sur le profil de l'agent

Conditions	Réactif	Proactif	Pédagogique
1	oui	non	non
2	oui	oui	non
3	oui	oui	oui

Dans toutes ces conditions, les agents peuvent travailler en tant que membre de l'équipe dans l'activité collective avec l'utilisateur. Dans la première condition, l'agent n'a qu'un comportement réactif aux interactions initiées par l'utilisateur. Dans la condition 2 l'agent présente un comportement proactif, il peut donc fournir une coordination efficace de manière proactive pendant la tâche. Dans la troisième condition, l'agent peut fournir l'assistance pédagogique au cours de l'activité procédurale et collective ainsi que le comportement réactif et proactif.

Nous considérons trois aspects de l'évaluation qui comprennent (1) l'engagement et la satisfaction des utilisateurs (2) les avis des utilisateurs sur les profils de l'agent, et (3) l'interaction multipartie avec un utilisateur et deux agents virtuels. Par ailleurs, nous considérons l'interaction multipartie comme une mesure objective de l'évaluation de l'engagement dans un travail d'équipe humain-agent mixte.

5.1 Procédure

Le processus d'évaluation comprend trois étapes. Dans la première étape avant l'expérience, les participants sont in-

formés sur le vocabulaire pour interagir avec les agents virtuels qui sont les membres de l'équipe et le déroulement général de l'interaction, mais aucune description de la procédure n'a été remise aux participants. La figure 4 montre une capture d'écran du scénario d'évaluation, où trois techniciens (un avatar de l'apprenant et deux agents virtuels jouant également le rôle de tuteur) collaborent pour effectuer une activité collaborative.



Figure 4: Scénario collaboratif expérimentale

La raison d'informer sur le vocabulaire est que les agents ne supportent que les interactions dialogiques orienté tâche. Comme chaque membre de l'équipe partage le même modèle sémantique de l'EV, ils peuvent comprendre et générer un dialogue en langage naturel en utilisant le vocabulaire défini dans la description du modèle de tâche et du modèle sémantique de l'EV.

Dans la seconde étape, les participants sont invités à réaliser l'expérience. Après l'exécution du scénario procédural, il est demandé aux participants de remplir un questionnaire sur leur expérience. Nous leur demandons d'évaluer les questions sur une échelle de Likert à 5 modalités (1 Fortement d'accord, 2 d'accord, 3 Neutre, 4 désaccord, 5 Fortement en désaccord)[10].

Le questionnaire se compose en deux parties. La première partie est basée sur la présence du comportement pédagogique de l'agent (Table 2), adapté de [15]. La deuxième partie du questionnaire porte sur le comportement en interaction multipartie des agents virtuels (Table 3) jouant le rôle des membres de l'équipe, et aussi sur l'assistance pédagogique dans certaines conditions expérimentales.

5.2 Évaluation Subjective

5.2.1 Engagement de l'apprenant

Nous voulons évaluer l'engagement de l'utilisateur à partir de trois points de vue. La première question *Q1* représente la volonté de l'apprenant dans l'activité collective, la *Q2* est préoccupée par la mise au point de l'apprenant sur la tâche, et le troisième question *Q3* est relative à l'encouragement des apprenants à participer à la tâche commune. Nous voulons vérifier la première hypothèse :

H1 : En fournissant des informations pédagogiques appropriées au cours de l'activité procédurale, l'agent améliore l'expérience d'apprentissage de l'utilisateur.

Nous nous attendons à ce que cette hypothèse soit vraie dans la troisième condition de l'expérience. L'agent peut fournir d'abord les informations requises par l'utilisateur

Table 2: Questionnaires sur les comportement pédagogiques d'agent

Questionnaire	
1	Le scénario d'apprentissage aide à accroître l'attention de l'apprenant à l'activité d'apprentissage dans l'EV.
2	Dans le scénario d'apprentissage, l'agent améliore l'attention de l'apprenant sur les tâche d'apprentissage.
3	J'ai senti que l'agent m'encourage à interagir plus avec lui.
4	J'ai senti que l'agent pédagogue encourage l'apprenant à interagir avec l'EV.
5	Dans l'ensemble, l'agent pédagogue contribue positivement à soutenir l'activité d'apprentissage dans un monde virtuel
6	Je pense que le scénario d'apprentissage par pédagogie contribue positivement à l'expérience d'apprentissage.
7	Grâce aux informations fournies par l'agent, celui-ci contribue à améliorer la motivation des apprenants.
8	Je pense que l'interaction en langage naturel appuie l'activité d'apprentissage.
9	La capacité vocale de l'agent est importante.
10	J'ai appris quelque chose de nouveau sur les agents pédagogiques.
11	L'agent pédagogue est un élément essentiel d'apprentissage dans un environnement d'apprentissage immersif.
12	L'EV peut devenir plus intéressant pour l'apprenant en étant plus accompagné par des agents pédagogiques et collaboratifs.

de façon proactive pour avancer vers le but, et, deuxièmement, les agents peuvent fournir une assistance pédagogique en fonction du niveau de l'apprenant. Ces caractéristiques peuvent motiver l'apprenant à participer activement à l'activité commune. Les questions 4 et 5 évaluent la contribution du comportement pédagogique de l'agent de l'interaction de l'apprenant avec l'environnement d'apprentissage (interagir avec les objets et effectuer des actions). En outre, les questions 6 et 7 servent à évaluer la motivation de l'apprenant pour terminer l'activité collective. Ainsi, nous voulons vérifier les hypothèses 2 et 3 :

H2 : L'agent pédagogique fournit des motivations positives et des effets aux apprenants grâce à des aides et des informations pour atteindre l'objectif pédagogique.

H3 : L'agent contribue positivement à la motivation des apprenants par l'aide et l'assistance pédagogique pour compléter le tâche.

Ces hypothèses ne peuvent pas être vraies pour la première condition d'évaluation comme agent réactif. Les agents ne prennent pas l'initiative de partager l'information. Si l'apprenant le demande, les agents peuvent fournir les informations. Leur comportement ne peut pas motiver et encourager l'apprenant à poursuivre l'activité partagée. Cependant, l'hypothèse 2 peut être valable pour la deuxième condition d'évaluation parce que les agents peuvent engager de manière proactive l'établissement et le maintien de la coordination de l'équipe. En outre, les informations fournies par les agents proactifs encouragent également l'apprenant à participer activement à la tâche partagée. Cependant les agents proactifs ne peuvent pas fournir l'assistance

pédagogique à l'apprenant dans les cas d'erreurs ou de difficulté à comprendre les procédures. En conséquence l'hypothèse 3 n'est pas valable pour la condition 2. Par contre cette hypothèse reste valable pour la troisième condition de l'évaluation. Cette hypothèse est valable pour la troisième condition de l'évaluation parce que les agents pédagogiques fournissent l'aide pour atteindre l'objectif d'apprentissage ainsi que l'établissement et le maintien de la coordination de l'équipe.

5.2.2 Avis d'utilisateurs sur les profils de l'agent

Les questions 8 à 12 s'intéressent à la vision personnelle de l'apprenant et à évaluer l'importance du comportement pédagogique pour l'apprentissage. Donc, nous voulons vérifier l'hypothèse suivante :

H4 : L'agent fournit un mécanisme approprié pour augmenter la participation de l'apprenant dans l'EV.

Cette hypothèse est valable pour toutes les conditions d'évaluation. Comme dans chaque condition d'évaluation, les agents ont des capacités de communication, l'apprenant peut interagir avec des agents de différentes manières en fonction du profil de l'agent. Par exemple, dans la condition 1, l'apprenant peut acquérir les connaissances en posant des questions concernant l'état des objets et les actions de la procédure. En outre, le comportement proactif peut répondre aux besoins d'information par introspection du modèle de tâche, et les agents pédagogiques peuvent fournir des ajouts aidant à mieux comprendre la tâche et à améliorer les performances en réduisant le nombre d'erreurs.

5.3 Évaluation Objective

Dans cette section, nous voulons évaluer le sentiment de l'utilisateur sur l'attention des membres de l'équipe sur l'activité des autres au cours de la conversation. Le questionnaire sur le sentiment de présence et d'attention est donné dans le tableau 3. Au début du scénario, l'un des agents introduit tous les autres membres de l'équipe, et explicitement demande le nom de l'utilisateur. En outre, les agents veulent faire en sorte que l'apprenant soit prêt à participer à l'activité collective. Ainsi, chaque membre de l'équipe établit l'engagement collectif vers l'objectif du groupe. De cette façon, l'agent et l'utilisateur ont la conscience des autres membres de l'équipe. En outre, chaque agent possède le mécanisme de tours de parole, ce qui leur permet de prêter attention quand ils entendent un énoncé, et de regarder vers le locuteur (émetteur) lorsque c'est possible pour eux.

6. DISCUSSION

À l'heure actuelle, nous n'avons évalué le système qu'avec 2 participants, l'analyse empirique des données des expériences n'est pas encore faite. Nous sommes dans la phase de réalisation de l'expérimentation avec des élèves ingénieurs de première année. Bien que les premiers retours soient très positifs, il y a de nombreuses améliorations possibles dans le système actuel. Par exemple, les capacités pédagogiques de l'agent restent assez limitées. Cela signifie par exemple que l'agent ne peut pas palier les actions négatives des utilisateurs. Autrement dit, les conséquences des actions effectuées par l'utilisateur ne peuvent pas être rétablies par l'agent. En outre, la mise en œuvre actuelle de l'architecture ne supporte pas la replanification du scénario de tâche dynamiquement dans le cas où le scénario ne peut pas être continué en raison du échec de certaines actions.

Table 3: Questionnaires sur les comportement multiparties et collaboratifs des agents

	Questionnaire
1	Je comprenais quand (Sébastien / Pierre) me parlait.
2	Je comprenais quand (Sébastien / Pierre) s'adressait à une autre personne.
3	(Sébastien/Pierre) était au courant de mon existence.
4	(Sébastien / Pierre) était au courant de l'existence de (Pierre/Sébastien).
5	(Sébastien / Pierre) savait quand je lui parlais.
6	(Sébastien / Pierre) savait quand je parlais à (Pierre/Sébastien).
7	(Sébastien / Pierre) me regardait quand je lui parlais.
8	(Sébastien / Pierre) savait quand c'était à son tour de parler.
9	(Sébastien/Pierre) pouvait répondre avec un timing approprié.
10	(Sébastien/Pierre) pouvait comprendre ce que je dis.

Les évaluations des participants sont positives, mais ils est mentionné que le mouvement de la tête lors de la conversion n'a pas été réaliste. La raison est que notre modèle de tour de parole est non continu et dépend donc de la valeur de seuil de réaction de chaque agent. Une autre remarque importante concernait les capacités de langage naturel limitées et le vocabulaire borné pour l'agent. Comme nous l'avons spécifié précédemment, la capacité de traitement du langage naturel de l'agent dépend de la richesse de la description sémantique du modèle. Toutefois, il serait intéressant d'intégrer l'approche de modélisation fondée sur les données à l'approche basée sur un modèle.

7. CONCLUSION

L'architecture comportementale PC²BDI fournit aux agents la possibilité de coordonner leurs activités en utilisant la communication en langage naturel et apporte une assistance à l'apprenant. Des expérimentations sont en cours pour valider les différentes modalités de dialogue des agents virtuels. Une piste d'amélioration de notre modèle est d'envisager des capacités de réparation en cas d'échec du plan en cours.

8. REFERENCES

- [1] M. Barange, A. Kabil, C. De Keukelaere, and P. Chevaillier. Collaborative Behaviour Modelling of Virtual Agents using Communication in a Mixed Human-Agent Teamwork. *Int J. On Advances in Intelligent Systems*, 7(3 & 4) :423–438, 2014.
- [2] C. Barot, D. Lourdeaux, J.-M. Burkhardt, K. Amokrane, and D. Lenne. V3S : A virtual environment for risk-management training based on human-activity models. *Presence*, 22(1) :1–19, 2013.
- [3] C. Buche, C. Bossard, R. Querrec, and P. Chevaillier. Pegase : A generic and adaptable intelligent system for virtual reality learning environments. *Int. J. of Virtual Reality*, 9(2) :73–85, 2010.
- [4] S. Choi and R. E. Clark. Cognitive and affective benefits of an animated pedagogical agent for learning english as a second language. *J. of educational computing research*, 34(4) :441–466, 2006.
- [5] C. Clavel, A. Cafaro, S. Campano, and C. Pelachaud. *Toward Robotic Socially Believable Behaving Systems - Volume II : Modeling Social Signals*, chapter Fostering User Engagement in Face-to-Face Human-Agent Interactions : A Survey, pages 93–120. Springer International Publishing, 2016.
- [6] E. de Sevin, R. Niewiadomski, E. Bevacqua, A.-M. Pez, M. Mancini, and C. Pelachaud. Greta, une plateforme d'agent conversationnel expressif et interactif. *Revue des sciences et technologies de l'information, RSTI-TSI*, 29(7) :751–776, 2010.
- [7] A. Doering, G. Veletsianos, and T. Yerasimou. Conversational agents and their longitudinal affordances on communication and interaction. *J. of Interactive Learning Research*, 19(2) :251–270, 2008.
- [8] A. Gulz, M. Haake, A. Silvervarg, B. Sjöden, and G. Veletsianos. Building a social conversational pedagogical agent : Design challenges and methodological approaches. *Conversational Agents and Natural Language Interaction : Techniques and Effective Practices : Techniques and Effective Practices*, page 128, 2011.
- [9] Y. Kim and A. L. Baylor. Pedagogical agents as learning companions : The role of agent competency and type of interaction. *Educational Technology Research and Development*, 54(3) :223–243.
- [10] R. Likert. A technique for the measurement of attitudes. *archives of psychology*. 22(140) :1–55, 1932.
- [11] T. Lopez, P. Chevaillier, V. Gouranton, P. Evrard, F. Nouviale, M. Barange, R. Bouville Berthelot, and B. Arnaldi. Collaborative Virtual Training with Physical and Communicative Autonomous Agents. *Computer Animation and Virtual Worlds*, pages 1–9, 2014.
- [12] J. Rickel and W. L. Johnson. Animated agents for procedural training in virtual reality : perception, cognition and motor control. *Applied Artificial Intelligence*, 13 :343–382, 1999.
- [13] J. Saunier, M. Barange, R. Querrec, and B. Blandin. Designing adaptable virtual reality learning environments. In *VRIC16*, Laval, France, 2016.
- [14] M. Scheutz and V. Andronache. Ade - an architecture development environment for virtual and robotic agents. In *4th Int. Symposium "From Agent Theory to Agent Implementation"*, 2004.
- [15] M. Soliman and C. Guetl. Evaluation study and results of intelligent pedagogical agent-led learning scenarios in a virtual world. In *Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, 2014 37th Int. Convention on, pages 914–918. IEEE, 2014.
- [16] W. Swartout, J. Gratch, R. W. Hill, E. Hovy, S. Marsella, J. Rickel, and D. Traum. Toward virtual humans. *AI Mag.*, 27(2) :96–108, July 2006.
- [17] K. R. Thórisson. A mind model for multimodal communicative creatures & humanoids. *Int. J. of Applied Artificial Intelligence*, pages 519–538, 1999.
- [18] G. Veletsianos and G. S. Russell. *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*, chapter Pedagogical Agents, pages 759–769. Springer New York, New York, NY, 2014.