



**HAL**  
open science

## **Conception des Interactions avec un Patient Virtuel Alzheimer pour la Formation du Personnel Soignant**

Amine Benamara, Elise Prigent, Jean-Claude Martin, Jean Zagdoun, Laurence Chaby, Mohamed Chetouani, Sebastien Dacunha, Helene Vanderstichel, Brian Ravenet

### ► **To cite this version:**

Amine Benamara, Elise Prigent, Jean-Claude Martin, Jean Zagdoun, Laurence Chaby, et al.. Conception des Interactions avec un Patient Virtuel Alzheimer pour la Formation du Personnel Soignant. IHM'20.21 - 32e Conférence Francophone pour l'Interaction Homme-Machine, Apr 2021, Virtual Event, France. pp.17:1-12, <10.1145/3450522.3451337>. <hal-03567064>

**HAL Id: hal-03567064**

**<https://hal.science/hal-03567064v1>**

Submitted on 11 Feb 2022

**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.



HAL Authorization

# Conception des Interactions avec un Patient Virtuel Alzheimer pour la Formation du Personnel Soignant

Designing Interactions with an Alzheimer Virtual Patient for Caregiver Training

Amine Benamara  
LIMSI-CNRS, Orsay, France

Elise Prigent  
LIMSI-CNRS, Orsay, France

Jean-Claude Martin  
LIMSI-CNRS, Orsay, France

Jean Zagdoun  
Sorbonne université, Institut des  
systèmes intelligents et de robotique,  
Paris, France

Laurence Chaby  
Université de Paris, Institut de  
psychologie, Boulogne-Billancourt,  
FranceSorbonne université, Institut  
des systèmes intelligents et de  
robotique, Paris, France

Mohamed Chetouani  
Sorbonne université, Institut des  
systèmes intelligents et de robotique,  
Paris, France

Sebastien Dacunha  
Broca Living Lab, Hôpital Broca,  
Assistance Publique - Hôpitaux de  
Paris, Paris, France

Helene Vanderstichel  
CIREL - EA 4354, Université de Lille,  
Lille, France

Brian Ravenet  
LIMSI - CNRS, Orsay, France

## ABSTRACT

Alzheimer's patients display emotional disorders and non-verbal behaviors that caregivers must learn to manage. Human actors playing the role of so-called standardized patients are often used for training but are expensive and not always available. Virtual patients are interactive animated characters who play the role of patients with whom staff can train and whose behavior can be finely controlled. We explain in this article the specific design problems of Human-Computer Interactions that they raise in terms of simulation of cognitive and communication pathologies such as Alzheimer's disease. We detail the approach we have implemented to design a virtual Alzheimer's patient and describe the results of an experiment in which 31 caregivers interacted with a partially simulated version of our system. We conclude by explaining how we plan to use the quantitative and qualitative data collected to design an automated version of the interactive virtual patient.

## CCS CONCEPTS

• **Human-centered computing**; • **Interaction design**; • **Interaction design process and methods**;

## KEYWORDS

Virtual agent, Virtual patient, Human-Computer Interaction, Non-verbal behavior, Alzheimer, Training, Pathology, Wizard of Oz

## RÉSUMÉ

Les patients Alzheimer présentent des troubles des émotions et des comportements non-verbaux que le personnel soignant doit apprendre à gérer. Des acteurs humains jouant le rôle de patients dits standardisés sont souvent utilisés pour la formation mais sont chers et peu disponibles. Les patients virtuels sont des personnages animés interactifs jouant le rôle de patients avec lesquels le personnel peut s'entraîner et dont on peut contrôler finement leur comportement. Nous expliquons dans cet article les problèmes spécifiques de conception des interactions humain-machine qu'ils soulèvent en termes de simulation de pathologies comme Alzheimer. Nous détaillons l'approche que nous avons mise en place pour concevoir un patient virtuel Alzheimer et décrivons les résultats d'une expérimentation durant laquelle 31 professionnels soignants ont interagi avec une version partiellement simulée de notre système. Nous concluons en expliquant comment nous envisageons d'exploiter les données quantitatives et qualitatives collectées afin de concevoir une version automatique du patient virtuel interactif.

## MOTS-CLÉS

Agent virtuel, Patient virtuel, Interaction Homme-Machine, Comportement non-verbal, Alzheimer, Formation, Pathologie, Magicien d'Oz

## 1 INTRODUCTION

### 1.1 Contexte et objectifs

Les patients atteints de la maladie d'Alzheimer montrent des réactions émotionnelles et des comportements non-verbaux associés à des troubles du comportement spécifiques que le personnel soignant doit savoir gérer (apathie, irritabilité, agressivité, anxiété, comportements émotionnels inappropriés) [29]. Ces troubles du comportement associés à la maladie sont une des sources principales de stress chez les soignants professionnels. Ils seraient les plus difficiles à gérer [3], avec environ un patient sur deux présentant des comportements difficiles [16]. Une étude sur des soignants en gériatrie souligne le rôle protecteur de la formation, à propos de la maladie et ses spécificités, contre les burnouts [42]. Il est aussi recommandé face à ce type de patients de prendre conscience de l'importance de la communication non-verbale et de développer des compétences permettant de l'utiliser de manière appropriée afin de mieux communiquer, rassurer et gérer les patients difficiles [26, 41]. Il existe donc un besoin de proposer un outil qui permette d'entraîner le personnel médical aux spécificités de ces patients.

Dans le domaine de la formation des personnels de santé, la Haute Autorité de Santé recommande de ne pas s'entraîner sur un vrai patient la première fois [18]. Le personnel médical s'entraîne alors traditionnellement avec des acteurs humains qui jouent le rôle de patients dits "standardisés" [40]. Cette approche est particulièrement coûteuse et limite donc les occasions d'apprendre à interagir avec des patients. Alors que de nombreuses avancées ont été permises grâce à l'utilisation des nouvelles technologies dans les activités pédagogiques, à travers notamment l'utilisation de supports de formation basés sur des outils multimédias (vidéos, cours en ligne...), ceux-ci n'offrent que peu voire aucune interactivité. C'est d'autant plus dommage que ces entraînements visent parfois justement à apprendre à communiquer avec des patients et à savoir interpréter leurs comportements non-verbaux durant les interactions, par exemple pour des raisons de diagnostic ou de traitement.

Une autre solution apportée par les nouvelles technologies est l'utilisation d'un agent virtuel simulant les symptômes de la maladie afin de permettre au personnel soignant ou aux futurs médecins de s'entraîner à communiquer avec les patients dans des conditions proches de la vie réelle. Cette solution, moins chère que des acteurs humains standardisés et plus accessible, permet de cibler des situations pédagogiquement pertinentes tout en confrontant les utilisateurs à des comportements verbaux et non-verbaux interactifs qui sont censés être proches de ceux des patients. L'utilisation d'un tel agent virtuel permet, entre autres, de piloter et contrôler les scénarios d'entraînement plus finement qu'en faisant intervenir des patients standardisés humains, tout en réalisant la formation dans un environnement maîtrisé et sécurisé.

Nous nous intéressons ici plus particulièrement à la conception d'un agent virtuel qui servira d'outil pédagogique pour former, entraîner et sensibiliser le personnel soignant à l'importance de l'utilisation appropriée de comportements non-verbaux lors d'interactions avec des patients atteints de la maladie d'Alzheimer. Une patiente est ainsi représentée sous la forme d'un personnage animé interactif affiché sur un écran devant un personnel soignant qui sera donc l'utilisateur. L'agent virtuel doit être capable de simuler de manière autonome, dans un contexte défini comme pertinent

pédagogiquement et en prenant en compte les comportements non-verbaux de l'utilisateur, des comportements similaires à ceux d'un patient atteint d'Alzheimer. Il faut noter qu'il n'existe pas dans la littérature de description détaillée fine des comportements de patients Alzheimer durant les interactions avec le personnel soignant et qu'aucun corpus de ce type n'est disponible, étant donné qu'il est généralement interdit de filmer les patients.

Notre objectif global dans ce projet est donc de proposer un modèle informatique capable de générer, dans des situations pédagogiques déterminées, des comportements interactifs non-verbaux correspondants à ceux d'un patient atteint d'Alzheimer afin de former le personnel soignant à interagir avec ces patients. Ce modèle sera bien sûr simplifié au vu des connaissances actuelles sur la maladie, et privilégiera les objectifs pédagogiques identifiés comme pertinents pour le personnel soignant ciblé.

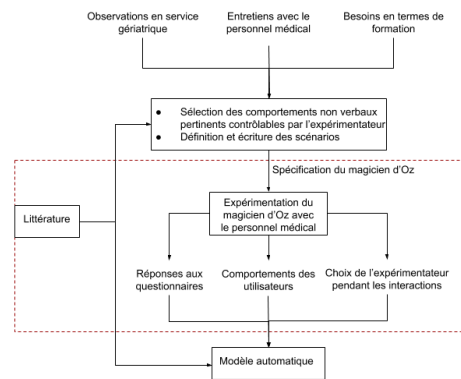
Cet objectif soulève plusieurs questions de recherche : quelle méthode mettre en place pour concevoir et évaluer un patient virtuel Alzheimer interactif sachant qu'on dispose de différentes sources de connaissances incomplètes sur leurs comportements lors d'interactions avec le personnel soignant ? Est-il nécessaire de modéliser des éléments de la pathologie d'un patient (ou est-ce qu'il suffit d'afficher les comportements correspondants) ? Si oui, à quel niveau cognitif du patient doit-on simuler des pathologies impactant les interactions avec le personnel soignant (par exemple perception, raisonnement, émotions) ? Comment choisir les comportements non-verbaux du patient pour qu'ils soient à la fois pertinents pédagogiquement et crédible d'un point de vue de la maladie d'Alzheimer ?

Dans cet article, nous aborderons plus spécifiquement la méthode de conception utilisée pour concevoir un tel patient virtuel, capable de simuler les comportements d'un patient Alzheimer.

### 1.2 Observations et analyse des besoins

La spécification et la conception du patient virtuel Alzheimer doit passer par plusieurs étapes et se base sur plusieurs sources de connaissances incomplètes ce qui complexifie le processus de conception des interactions entre l'utilisateur-soignant et le patient virtuel Alzheimer. On peut voir sur la figure 1 la démarche du projet global que nous avons proposée. Dans cette partie, nous allons décrire la première phase de cette démarche, qui justifie nos choix de conception ainsi que la méthode employée pour spécifier notre première version de patiente virtuelle partiellement simulée.

Afin de définir les objectifs pédagogiques et les scénarios d'interaction avec le patient virtuel, une étude terrain a d'abord été réalisée [32]. Elle a consisté à se rendre dans le service gériatrique de l'hôpital partenaire du projet afin d'observer le personnel soignant interagir avec des patients atteints d'Alzheimer dans un contexte hospitalier. À l'aide de grilles d'observation, les réactions et comportements des patients atteints d'Alzheimer ont été annotés afin de pouvoir sélectionner ceux qui étaient les plus pertinents pédagogiquement pour l'élaboration des scénarios. Pour des raisons éthiques, il était difficile de filmer des patients Alzheimer et il existe peu de données vidéo libres d'accès sur les comportements de ces patients. Ces observations ont été complétées par des entretiens avec le personnel soignant afin de recueillir des informations plus détaillées de leur point de vue et construire un scénario pédagogique cohérent avec leur expérience sur le terrain. La conception



**Figure 1 : Démarche suivie pour le projet avec intégration de plusieurs sources de connaissances pour la conception du patient virtuel Alzheimer. Le cadre en pointillés indique la partie sur laquelle se focalise l'article.**

du scénario pédagogique est un élément déterminant, car il doit intégrer des éléments pertinents et réalistes d'une interaction avec les patients Alzheimer tout en conservant l'apport pédagogique nécessaire à la formation du personnel soignant. Ces observations en service gériatrique nous ont permis de découvrir les particularités des interactions entre soignants et patients Alzheimer, en discutant directement avec les professionnels de santé dans l'environnement réel des patients (aide-soignant.e.s, infirmier.es, médecins).

A la faible quantité de données d'interaction entre patient Alzheimer et soignant, s'ajoute une faible connaissance a priori du modèle adapté pédagogiquement pour un patient simulant une pathologie complexe. C'est un problème commun à la conception des patients virtuels en général. C'est pourquoi nous nous sommes orientés vers une première version du patient virtuel simulé par la technique du "Magicien d'Oz" [17]. Ce protocole utilisé en IHM permet de récolter des interactions avec des utilisateurs cibles avant la réalisation du système complètement autonome. Il permet aussi, à la suite de ces interactions, de récolter des données qualitatives via des questionnaires remplis par les utilisateurs après une session d'interaction avec un système en partie simulé et contrôlé par un expérimentateur caché.

Le reste de l'article est organisé comme suit. La section 2 résume les travaux de recherche pertinents pour notre étude. La section 3 décrit la méthode que nous avons utilisée pour concevoir une version partiellement simulée de notre patiente virtuelle. La section 4 décrit les résultats des premières analyses que nous avons effectuées sur les données que nous avons récoltées avec 31 utilisateurs. Plusieurs pistes sont proposées comme perspectives dans la section 5.

## 2 ÉTUDE DE L'EXISTANT

### 2.1 Agents Virtuels et Patients Virtuels Interactifs

Un agent virtuel est un logiciel interactif conçu pour accomplir une tâche et qui peut être représenté visuellement par un personnage animé (humanoïde ou pas) [14]. Un agent virtuel est dit conversationnel lorsqu'il est doté de capacités de communication, qui permettent

de simuler des compétences communicationnelles humaines (par exemple la gestion des tours de parole) et des interactions en générant des comportements verbaux et/ou des comportements non-verbaux, tels que des expressions faciales, des gestes, des postures et pouvant intégrer des caractéristiques telles que la personnalité ou l'humeur [9]. Certains agents virtuels sont aussi capables d'interpréter leur environnement et les comportements d'un utilisateur humain afin de générer une réponse interactive adaptée à la situation. Selon l'application et les besoins, les agents virtuels peuvent être plus ou moins expressifs et plus ou moins interactifs. On les retrouve dans de nombreux domaines d'application et en particulier dans la formation et la santé [8, 20, 34].

Dans le contexte de la santé, des agents virtuels sont utilisés notamment pour jouer le rôle de patients virtuels. Dans la formation médicale, un patient virtuel désigne tout logiciel permettant une formation sur la base d'une étude de cas [24]. L'avantage de tels patients virtuels est qu'ils permettent de répondre aux problématiques de disponibilité et de coût des patients standardisés (acteurs humains), car ils peuvent être consultés à plusieurs endroits à la fois et autant de fois qu'on le souhaite, tout en reproduisant de manière contrôlée, dans un contexte spécifique, des situations pédagogiquement identifiées comme pertinentes.

Dans le Sick Call Project, un patient virtuel simule ainsi un patient militaire atteint de Trouble de Stress Post-traumatique [34]. Cela permet aux experts concernés de s'entraîner au diagnostic face à un patient virtuel reproduisant les comportements pathologiques de ce type de patient. Ce patient virtuel est capable de suivre une conversation en langage naturel avec l'utilisateur et d'y répondre verbalement, tout en produisant des comportements non-verbaux correspondant aux comportements pathologiques de ce type de patient. Ces comportements sont déterminés selon un script conçu à partir d'un nombre limité d'actes verbaux possibles lors d'un entretien avec un patient. Cependant, les réactions du patient virtuel ne prennent pas en compte les comportements non-verbaux de l'utilisateur. Dans [15] les auteurs proposent d'utiliser un patient virtuel simulant des troubles dépressifs majeurs afin d'entraîner le personnel médical au diagnostic. Les utilisateurs interagissent

**Table 1 : Synthèse des études citées concernant des patients virtuels : la colonne “Pathologies” indique la pathologie simulée par le patient virtuel, la colonne “Modalités” décrit les modalités de communication du patient virtuel et la colonne “Génération des comportements” indique si les comportements du patient virtuel sont générés de manière automatique ou manuelle.**

Référence	Pathologie	Modalités	Génération des comportements
Sick Call Project [34]	Trouble de Stress Post-Traumatique	Compréhension du langage naturel	Automatique : selon script qui se base sur le verbal
Dupuy et al., 2020 [15]	Troubles dépressifs majeurs	Sélection du verbal sur interface	Automatique : selon script qui se base sur le verbal
ACORFORMed [31]	Opération chirurgicale à annoncer au patient	Compréhension du langage naturel et détection du comportement non-verbal de l'utilisateur	Automatique : selon script qui se base sur le verbal
JIM [35]	Maladie d'Alzheimer	Langage naturel et comportement non-verbal	Magicien d'Oz : sélection des réponses selon des combinaisons (verbal et non verbal) prédéfinies

avec le système à travers une interface graphique leur permettant de choisir des questions à poser au patient virtuel parmi un nombre limité de propositions. Le patient virtuel répond ensuite verbalement, en exprimant des comportements non-verbaux correspondant à ceux d'une personne atteinte de troubles dépressifs majeurs, en fonction de la réponse de l'utilisateur. Les comportements non-verbaux de l'utilisateur ne sont pas non plus pris en compte pour sélectionner la réponse du patient virtuel, qui se base uniquement sur un scénario établi à l'avance, regroupant tous les choix possibles de l'utilisateur et la réponse du patient virtuel associée. Dans le projet ACORFORMed, un patient virtuel permet d'entraîner les médecins à annoncer des mauvaises nouvelles [31]. Le patient virtuel doit alors être capable de détecter les signaux sociaux exprimés par l'utilisateur-médecin, les interpréter et adapter son comportement afin d'entraîner les médecins à utiliser leurs comportements verbaux et non-verbaux de manière appropriée durant ces interactions. Malgré la prise en compte des comportements non-verbaux de l'utilisateur, les réponses et réactions sont également produites en suivant un ensemble de situations déterminées à l'avance.

En ce qui concerne les patients virtuels Alzheimer, à notre connaissance, il n'existe à l'heure actuelle qu'un seul système permettant à un agent virtuel de simuler les comportements associés à cette pathologie, cependant ceux-ci ne sont pas automatiquement générés et sont encore contrôlés en partie par un expérimentateur humain [35]. Ce système a pour but de former des apprenants soignants à l'utilisation et à l'interprétation du comportement non-verbal face à ce type de patient. Le patient virtuel est contrôlé par un humain, qui dispose d'une interface proposant un ensemble de phrases possibles, chacune accompagnée par des comportements non-verbaux associés. Le système reste donc dépendant d'un expérimentateur et n'intègre pas de modèle informatique autonome permettant de contrôler les émotions et l'expressivité du patient.

Actuellement, les patients virtuels n'intègrent que rarement un modèle des pathologies qu'ils sont censés simuler et qui ont pourtant un impact sur la communication avec ces patients (Tableau 1). Ces systèmes reposent essentiellement sur une écriture manuelle de scripts qui sont peu facilement évolutifs et qui limitent les situations d'entraînement [2, 4]. Il semble donc nécessaire de proposer un

niveau de représentation approprié permettant de faire le lien entre d'une part les comportements de l'utilisateur et l'état d'avancement du scénario pédagogique, et d'autre part, les réactions potentiellement pathologiques du patient virtuel.

## 2.2 Modèles informatiques des émotions

Afin de développer des modèles automatisés de génération de comportements pour agents virtuels interactifs, les chercheurs se sont notamment tournés vers des domaines tels que la psychologie cognitive où les agents virtuels ont d'ailleurs pu y être utilisés comme cadre expérimental afin de tester et valider certains aspects des modèles théoriques comme ceux décrivant les processus émotionnels (particulièrement pertinentes dans le cas de patients Alzheimer). Les modèles informatiques des émotions ont ainsi pour but de formaliser un ou plusieurs concepts et mécanismes sous-jacents : la relation de l'agent aux événements apparaissant dans son environnement y compris en termes d'interactions sociales (perception, interprétation et action), la représentation interne des émotions de l'agent, ainsi que l'expression des émotions par l'agent. Nous allons nous pencher sur l'approche théorique la plus pertinente pour notre étude, avant de détailler l'architecture et le fonctionnement des modèles informatiques basés sur cette approche.

En informatique, les modèles cognitifs émotionnels sont décrits comme un assemblage de composantes interagissant entre elles et décrivant chacun un aspect du processus émotionnel. Dans [28], les auteurs proposent, à partir des modèles informatiques existants, une architecture généralisée des modèles informatiques s'inspirant des théories cognitives des émotions. Cette architecture permet de décrire les mécanismes génériques qui déclenchent des états émotionnels et comportementaux chez un individu lorsqu'il est confronté à un événement spécifique. On distingue trois composantes principales. La première composante, *agent-environment relationship*, peut-être assimilée à la phase de perception d'un événement par l'agent et permet de décrire la relation entre l'agent et son environnement. La seconde composante, *appraisal variables*, correspond au jeu de variables d'appraisal sélectionné et permet d'évaluer la situation en fonction de la représentation que l'agent a de l'environnement. Elle correspond à la phase d'interprétation de l'environnement en fonction des connaissances, des capacités

cognitives, de la personnalité et de l'humeur de l'agent. La troisième composante *emotion/affect*, est une représentation de l'état émotionnel de l'agent induit par l'évaluation faite de la situation et correspond à la réaction de l'agent.

La modélisation des émotions par l'approche cognitive permet ainsi de générer une réaction émotionnelle pour un agent dans une situation définie, en prenant en compte des éléments comme son histoire, sa personnalité, son humeur et ses capacités cognitives. Les approches cognitives proposent donc un lien entre les caractéristiques individuelles d'un individu (entre autres ses capacités cognitives) et ses réactions émotionnelles.

Cela est particulièrement pertinent pour la modélisation pathologique des émotions et des comportements expressifs pour un patient Alzheimer. Une pathologie émotionnelle se caractérise par l'apparition d'émotions inappropriées et/ou mal adaptées au contexte [1]. Cela peut se manifester, par exemple, par une fréquence ou une intensité anormale de certaines émotions. Les émotions et leurs expressions sont particulièrement pertinentes dans ce cadre puisque les patients Alzheimer présentent, en plus des troubles cognitifs importants (mémoire, attention, raisonnement) qui évoluent avec la maladie, des troubles émotionnels et expressifs : troubles de reconnaissance des expressions faciales et de la prosodie [10, 39], troubles d'expression des émotions [7], troubles de la régulation des émotions [27], troubles de l'humeur et de la personnalité [33] et comportements agressifs [11].

Pour conclure, les agents virtuels sont donc de plus en plus utilisés en tant que patients virtuels pour simuler des situations d'interaction entre patient et personnel soignant et médical. Toutefois, les réactions pathologiques de ces patients virtuels sont pour la plupart déclenchées en suivant des scripts prédéfinis et se basent plutôt sur les occurrences verbales de l'utilisateur. Nous proposons pour le projet un modèle informatique des émotions basé sur l'approche cognitive des émotions, afin de générer de manière automatique et dynamique des réactions pathologiques correspondant à un patient Alzheimer en prenant en compte les comportements non-verbaux de l'utilisateur. Dans la suite de cet article, nous nous intéressons plus particulièrement à la mise en place d'une expérimentation de type magicien d'Oz qui a permis de récolter des données d'interaction permettant d'informer la définition de ce modèle automatique.

### 3 MÉTHODE

#### 3.1 Version simulée de la patiente virtuelle

Notre système de type Magicien d'OZ permet de simuler une situation interactive entre un utilisateur-soignant (qu'on appellera utilisateur par la suite) et une patiente virtuelle atteinte d'Alzheimer. Les réactions de la patiente virtuelle sont en fait contrôlées par un neuropsychologue spécialiste dans les neuropathologies, appelé "Wizard", "magicien" ou "expérimentateur". Nous l'appellerons "expérimentateur" dans la suite de l'article. Le but de ce système est de recueillir des interactions entre les utilisateurs et la patiente virtuelle très tôt dans le processus de conception. Ces interactions vont permettre d'observer les comportements des utilisateurs, d'analyser les choix de l'expérimentateur (les comportements qu'il sélectionne pour la patiente), et d'établir grâce à cela les fondations du modèle qui devra à terme générer automatiquement les

comportements verbaux et non-verbaux de la patiente virtuelle en fonction de la situation et des comportements détectés chez l'utilisateur.

Ces données d'interaction viendront compléter les observations faites sur le terrain par les partenaires et les descriptions standards des comportements de ce type de patient [1, 13] ainsi que les observations et théories sur l'expression et la reconnaissance des comportements non-verbaux des patients atteints d'Alzheimer [19, 21, 36] (Figure 1).

Le système conçu pour le Magicien d'Oz fait intervenir trois modules (Figure 2) :

- **Module Utilisateur (soignant) :** Il est composé d'une interface graphique permettant à l'utilisateur d'interagir avec l'environnement virtuel qui inclut un personnage animé, ainsi que de capteurs (caméra) pour enregistrer et analyser les comportements non-verbaux de l'utilisateur. À chaque étape de l'interaction, l'utilisateur peut choisir : une action parmi une liste affichée sur une interface graphique affichée à l'écran (Figure 3) (par exemple : entrer dans la pièce, donner les médicaments), et/ou une phrase (appelée dialogue sur l'interface) parmi une liste de choix ; lorsque l'utilisateur fait un choix, il doit ensuite l'interpréter verbalement, avec les comportements non-verbaux qu'il pense être adaptés (expressions faciales, posture, prosodie, gestes). L'utilisateur clique sur les menus à l'aide d'une télécommande, ce qui lui permet de rester à distance du personnage virtuel affiché sur grand écran, simulant ainsi une situation d'interaction avec un patient humain.
- **Module Wizard :** Il reçoit en entrée les données d'interaction de l'utilisateur recueillies par le module Utilisateur (choix des actions et des phrases sélectionnées par l'utilisateur et vidéos des comportements verbaux et non-verbaux de l'utilisateur), qui seront analysées par l'expérimentateur. Ce dernier sélectionne ensuite les comportements de la patiente virtuelle qu'il pense être adaptés et fidèles à ceux d'un patient Alzheimer. Il le fait à travers une interface graphique conçue pour permettre une réponse rapide (Figure 4). La description interne des comportements est codée dans un langage très utilisé en contrôle d'agents virtuels, le Behavior Markup Language [25] puis convertie en flux JSON pour compatibilité avec la plateforme industrielle.
- **Module Animation :** Il reçoit le flux JSON contenant la description des comportements de la patiente virtuelle, puis le transforme en paramètres d'animation afin d'exécuter ces comportements sur le modèle 3D du personnage virtuel. Le personnage 3D de la patiente a été créé pour le projet par le partenaire industriel en le rendant animable avec des paramètres d'animation standards (Action Units pour les expressions faciales).

L'analyse des besoins de formation décrite en partie 1.2, qui a intégré une analyse de l'activité des soignants a permis d'identifier des situations d'interaction verbale et non-verbale considérées critiques. La situation dans laquelle la soignante fait face à une patiente refusant les soins a été retenue pour concevoir le scénario pilote, en raison de sa fréquence d'apparition élevée. Le scénario a été formalisé avec des propositions illustratives de réactions verbales

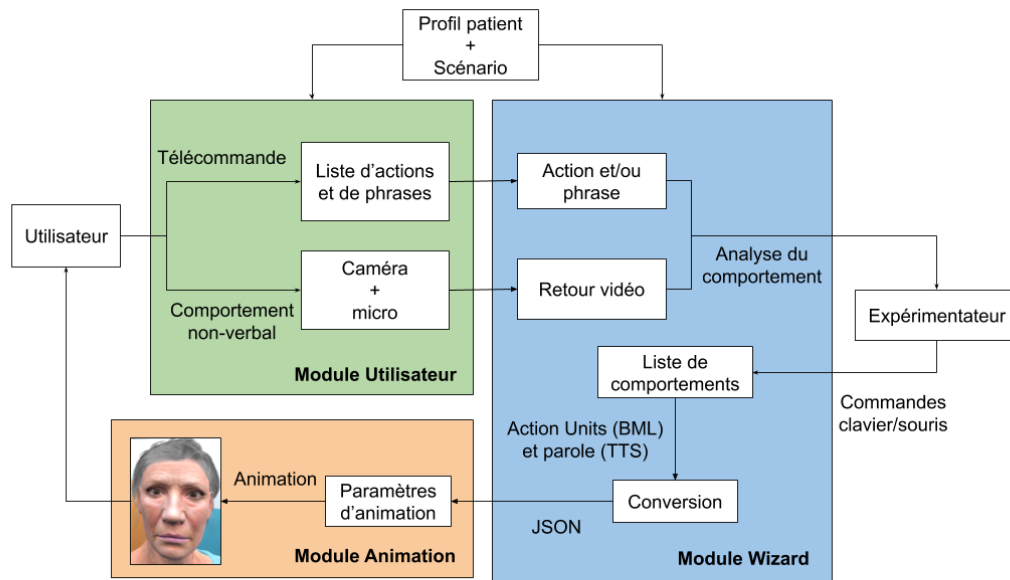


Figure 2: Architecture de la plateforme Magicien d'Oz simulant les réactions d'une patiente virtuelle Alzheimer.

et non-verbales. Pour ce 1er prototype, il a été décidé de se focaliser sur les expressions faciales.

### 3.2 Protocole expérimental

La tâche est donc de faire prendre ses médicaments à la patiente. Avant le début de l'interaction, l'expérimentateur installe les utilisateurs face à l'écran en leur décrivant le système comme étant autonome. Il leur explique ensuite qu'il restera dans la pièce d'à côté pour intervenir en cas de problème technique. Pendant l'expérimentation, l'utilisateur est donc seul dans une salle face à un écran de 43 pouces (109,22 cm) orienté en mode portrait. Il tient une télécommande pour sélectionner ses actions et phrases dans les menus proposés. L'expérimentateur caché se trouve dans une salle mitoyenne avec retransmission vidéo et son de l'utilisateur. (Figure 5)

Le but des expérimentations était 1) de vérifier si la patiente virtuelle montrait des réactions crédibles pour une patiente Alzheimer, et 2) de récolter des données d'interactions entre des utilisateurs et une patiente virtuelle Alzheimer, dans la perspective de modéliser et simuler ensuite automatiquement les réactions de la patiente, sans l'aide d'un expérimentateur caché.

Le protocole expérimental que nous avons défini se déroule comme suit :

- Un entretien préliminaire, durant lequel le contexte de l'expérimentation est présenté à l'utilisateur, qui remplit un questionnaire préalable (consentement, informations générales, niveau d'expérience, formations sur la maladie

d'Alzheimer) et suit un court tutoriel afin de se familiariser avec l'interface.

- Une session d'interactions entre l'utilisateur et la patiente virtuelle (contrôlée par l'expérimentateur caché) d'une durée moyenne de 5 min.
- Un entretien post-interaction durant lequel l'expérimentateur effectue avec l'utilisateur une analyse, en terme pédagogique, des interactions. L'expérimentateur a été formé par un laboratoire partenaire du projet, expert en formation pédagogique pour effectuer cet entretien.
- Un questionnaire d'évaluation rempli par l'utilisateur.

Le questionnaire d'évaluation est composé :

- d'une adaptation du System Usability Scale [6] (dans laquelle les items "le système" ont été remplacés par "le système "VirtuAlz"), afin que l'utilisateur évalue l'utilisabilité ressentie de l'outil,
- de l'Acceptability E-scale [38], afin d'évaluer l'acceptabilité de l'outil,
- de l'échelle de KirkPatrick [23] pour évaluer l'appréciation de l'outil,
- d'une adaptation du questionnaire GodSpeed [5] pour évaluer le réalisme de la patiente virtuelle.

Ce protocole a reçu un avis favorable du Comité d'Éthique de la Recherche de l'Université de Paris(N° IRB : 2019-67).



Figure 3: Interface graphique présentée à l'utilisateur

### 3.3 Participants et sessions expérimentales

Une première session de pré-testa permis de tester le fonctionnement de la patiente virtuelle simulée en collaboration avec les partenaires du projet. Elle comptait 10 participants (nous les appelons par la suite les "utilisateurs"), dont 6 de sexe féminin, sans critère d'inclusion ou d'exclusion. Ces tests préliminaires nous ont permis de nous assurer que le dispositif fonctionne correctement, que les données récoltées sont bien conservées et que le protocole expérimental est en accord avec les limites de temps imposées par les participants ciblés.

Les sessions d'expérimentation se sont déroulées par la suite et comprenaient 31 utilisateurs, dont 26 de sexe féminin. Les participants faisaient partie du personnel médical (6 psychologues et 11 médecins) ou du personnel soignant (6 aides-soignant.es et 8 infirmier.es). Les participants sont répartis dans 4 tranches d'âge, avec 8 participants dans la tranche 25-34 ans, 9 dans la tranche 35-44 ans, 9 dans la tranche 45-54 ans et 5 dans la tranche 55-65 ans. Les passations se sont déroulées de juin à août 2020.

## 4 RÉSULTATS

### 4.1 Évaluation du système par les utilisateurs

La session d'interaction avec le système a été suivie par une évaluation du système par les utilisateurs. Elle a consisté en un ensemble

Table 2: Synthèse des résultats aux questionnaires

Questionnaire	moyenne	ecart-type
System Usability Scale (SUS) [6]	79,4/100	12,1
Appréciation de l'outil [23]	3,9/5	0,91
Échelle d'acceptabilité [38]	24,9/30	2,9
Godspeed [5]		
Anthropomorphisme	3,7/5	0,97
Animation	3,5/5	1,0
Sympathie	3,3/5	0,82
Intelligence perçue	2,9/5	0,58
Sécurité perçue	3,2/5	0,93

de questionnaires portant sur la perception de l'outil et de l'agent virtuel. Ces questionnaires permettent d'évaluer la pertinence du scénario par des professionnels de santé, mais aussi le réalisme et la pertinence des réactions de la patiente virtuelle ainsi que de l'aspect pédagogique de notre système. Nous allons maintenant décrire les résultats obtenus à ces questionnaires.

**SUS [6].** La System Usability Scale est une échelle permettant de mesurer le degré d'utilisabilité d'un dispositif en donnant un score de 0 à 100. Cette échelle comporte 10 items et se base sur une échelle de type Likert en cinq points, de «Pas du tout d'accord» à «Tout à fait d'accord». En moyenne, les 30 participants ayant testé le dispositif ont attribué des scores correspondant à un niveau d'utilisabilité jugé «bon» car supérieur à 70/100 ( $m=79.4$ ;  $ET=12.6$ ).

**Appréciation de l'outil [23].** Afin de mesurer le degré d'appréciation de l'outil, une échelle composée de quatre items a été proposée aux participants et ces derniers devaient se positionner sur une échelle de type Likert en cinq points, de «Pas du tout d'accord» à «Tout à fait d'accord». Les participants ont rapporté des scores témoignant d'une appréciation pouvant être qualifiée de bonne. Les scores s'échelonnent au-dessus de 3/5 ( $m=3.91$ ;  $ET=0.91$ ).

**Échelle d'acceptabilité [38].** Le niveau d'acceptabilité du dispositif a été évalué par l'intermédiaire de l'échelle d'acceptabilité Acceptability E-scale. Cette échelle comporte six items se basant sur une échelle de type Likert en cinq points pour les modalités de réponse (donc une note de 0 à 30). Malgré des scores corrects rapportés par les participants ( $m=24.94$ ;  $ET=2.92$ ), le seuil proposé par [30] n'est pas atteint ( $m=25.81$ ;  $ET=3.48$ ).

**Godspeed [5].** Afin d'évaluer la perception qu'ont les participants du dispositif, l'échelle Godspeed leur a été soumise. Cette échelle comporte cinq dimensions (anthropomorphisme, animation, sympathie, intelligence perçue, sécurité perçue) pour lesquelles les participants doivent se situer sur un continuum de 1 à 5 entre deux adjectifs de sens contraire. Globalement, l'ensemble des participants a rapporté des scores tendant davantage vers les adjectifs à valence positive que négative pour l'ensemble des dimensions composant l'échelle (Anthropomorphisme :  $m=3.72$ ;  $ET=0.97$ ;  $\alpha=0.83$ ; Animation :  $m=3.57$ ;  $ET=1.03$ ;  $\alpha=0.89$ ; Sympathie :  $m=3.39$ ;  $ET=0.82$ ;  $\alpha=0.8$ ; Intelligence perçue :  $m=2.98$ ;  $ET=0.58$ ;  $\alpha=0.66$ ; Sécurité perçue :  $m=3.2$ ;  $ET=0.93$ ;  $\alpha=0.69$ ).

**Analyse des suggestions en texte libre des utilisateurs.** Il était également demandé aux participants d'évaluer en texte libre la crédibilité de la patiente virtuelle et du scénario proposé.

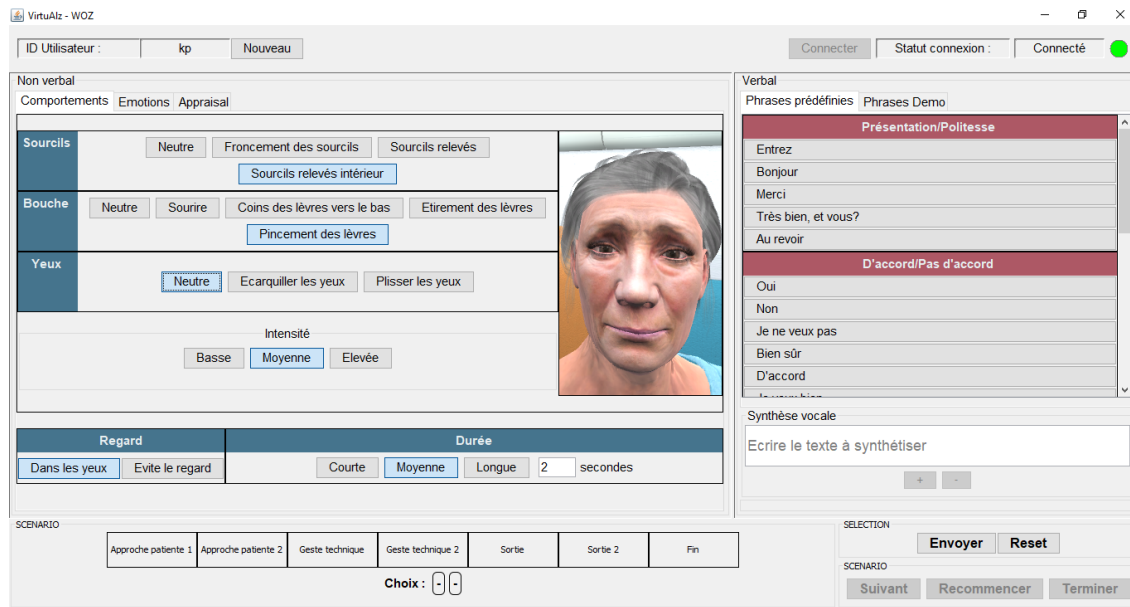


Figure 4: Interface graphique de l'expérimentateur utilisée pour contrôler les réactions de la patiente virtuelle.

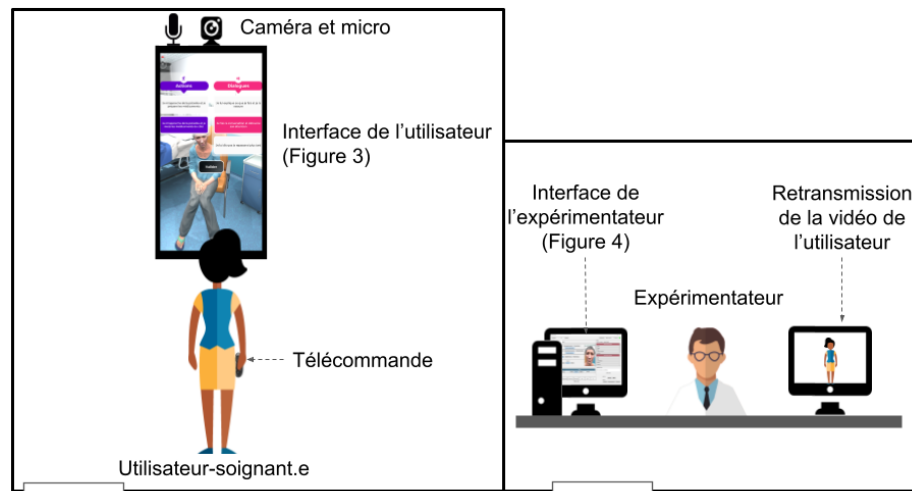


Figure 5: Schéma représentant la configuration de la pièce où se trouve l'utilisateur et la pièce mitoyenne où se trouve l'expérimentateur durant les expérimentations.

Concernant la patiente virtuelle, l'analyse des réponses révèle que les améliorations devraient concerner : les mouvements du corps et/ou la fluidité des animations (8 occurrences), le réalisme des expressions faciales (8 occurrences), le réalisme de l'environnement (i.e., chambre d'hôpital ; 2 occurrences), la rapidité des réponses du patient (2 occurrences), ou aucune amélioration à apporter (11 occurrences). Concernant le scénario lui-même, l'analyse des réponses révèle que les améliorations devraient concerner : la contextualisation avant l'interaction (1 réponse), la richesse des comportements

du patient et des réponses possibles de l'apprenant (9 occurrences), les temps de latence (1 réponse), ou aucune amélioration à apporter (17 occurrences).

En conclusion, les réponses aux questionnaires suggèrent que les utilisateurs ont évalué positivement la patiente (Tableau 2). Ceci valide le processus de conception que nous avons mis en place pour notre patiente virtuelle et suggère que les données d'interaction collectées peuvent être utiles pour informer la conception de la version automatique de la patiente virtuelle. Les résultats concernant

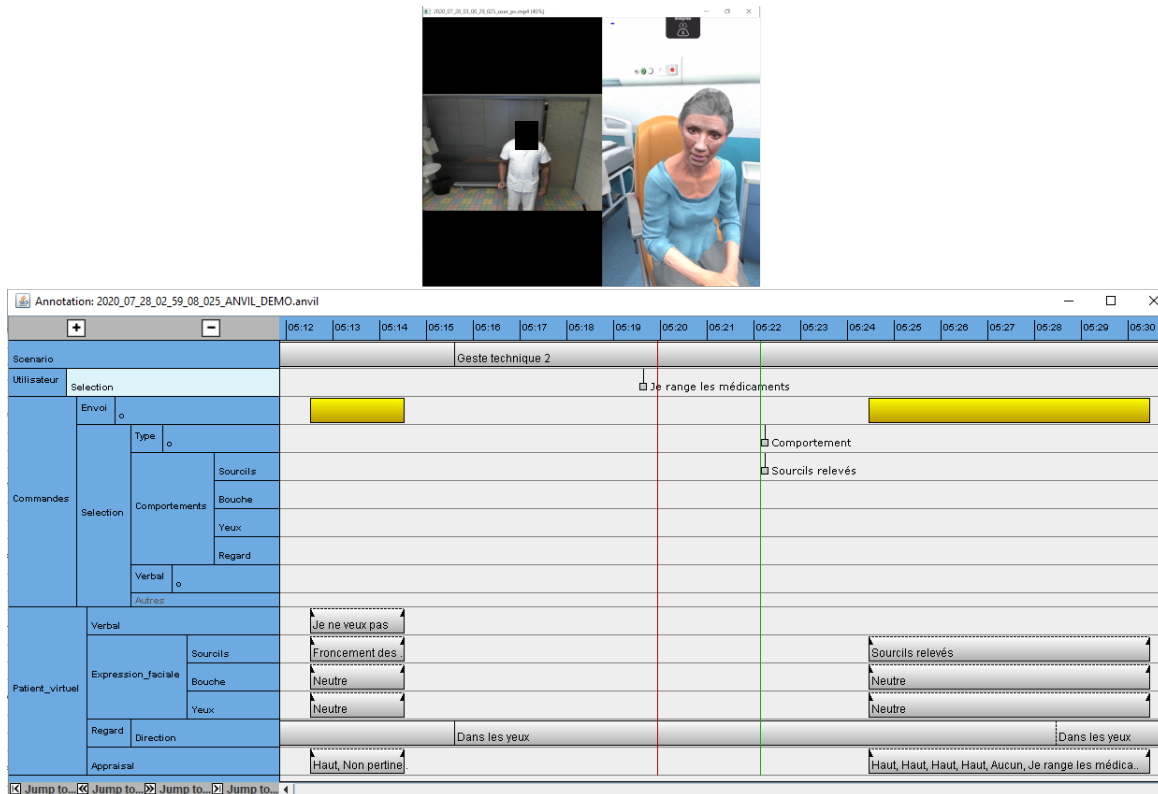


Figure 6: Visualisation et annotation avec le logiciel Anvil [22] d’une vidéo d’interaction entre un utilisateur (personnel soignant) et la patiente virtuelle (en haut). Plusieurs pistes (en bas) servent à visualiser le déroulé temporel des fichiers de logs (traces d’interactions enregistrées automatiquement) et d’autres annotations manuelles.

l’acceptabilité et l’utilisabilité de l’outil vont également dans le sens d’un des objectifs du projet, qui est de proposer un outil qui soit utilisable et apprécié par le personnel soignant.

#### 4.2 Données d’interaction collectées : visualisation, annotations et analyse

Nous avons utilisé le logiciel Anvil [22] pour visualiser les vidéos des interactions, intégrer les fichiers de logs des interactions et ajouter des annotations manuelles. Ce logiciel permet aussi d’effectuer des analyses statistiques (histogrammes, diagrammes transitions, calcul de cooccurrence).

Les sessions d’expérimentation nous ont permis de récupérer un ensemble de données qui comprennent :

- 31 couples de vidéos des interactions : la vidéo de l’utilisateur et la vidéo correspondante de la patiente virtuelle, synchronisées entre elles. Elles permettent de visionner les interactions.
- Données d’interaction loguées : pendant chaque session d’interaction, toutes les actions effectuées sur les interfaces graphiques de l’utilisateur (menu “Action” et menu “Dialogue”) et de l’expérimentateur (comportements verbaux et non-verbaux que doit exprimer la patiente virtuelle) ont

été enregistrées puis converties dans un format compatible avec Anvil. Ce format permet de représenter une suite d’événements sur une ou plusieurs pistes temporelles. Ces pistes sont ensuite synchronisées aux vidéos associées, et permettent de suivre et visualiser le déroulé temporel des actions effectuées pendant l’interaction (Figure 6).

Considérer les données d’interactions collectées pour informer la conception d’un patient virtuel automatique est pertinent à double titre : 1) cela nous sert de données comportementales perçues comme crédibles (alors que filmer des patients Alzheimer ne nous était pas autorisé), et 2) ces interactions se déroulent dans un cadre pédagogique proche de la situation pédagogique finale dans laquelle le personnel soignant est un utilisateur interagissant avec un personnage animé.

Le modèle automatique du patient virtuel doit faire le lien entre deux niveaux : 1) les actions de l’utilisateur (actions et dialogues sélectionnés sur les menus graphiques), les verbalisations et comportements non-verbaux du personnel soignant, l’état actuel de la simulation (phase du scénario), et 2) les comportements verbaux et non-verbaux exprimés par la patiente virtuelle. Il convenait donc de trouver un formalisme permettant de faire l’intermédiaire entre ces deux niveaux. En nous inspirant du modèle CPM [37], nous avons donc travaillé à la définition d’un schéma de codage afin de faire réaliser des annotations manuelles des évaluations cognitives

successives réalisées par la patiente virtuelle au vu de ses réactions comportementales (telles que perçues par des annotateurs experts).

Nous avons défini les dimensions suivantes dans le schéma de codage :

- Événement : Il s'agit du sujet de l'évaluation et correspond à la combinaison du ou des choix faits par l'utilisateur-soignant sur son interface graphique pendant chaque phase du scénario et ses comportements verbaux et non-verbaux associés à chaque moment précédent une réaction de la patiente. Une réaction de la patiente virtuelle correspond à une commande de comportements envoyée par l'expérimentateur.
- Soudaineté : la patiente évalue l'événement comme soudain ou non, c'est-à-dire qu'elle s'y attendait ou non.
- Familiarité : la patiente évalue l'événement comme familier (si cela arrive souvent) ou rare.
- Plaisir intrinsèque : la patiente évalue l'événement comme agréable ou désagréable.
- Pertinence aux buts : la patiente virtuelle évalue que l'événement concerne un ou plusieurs de ses buts.
- Rapport aux buts : la patiente virtuelle évalue l'événement comme en accord ou désaccord avec un ou plusieurs de ses buts.

Afin d'annoter de manière cohérente et homogène, un guide d'annotation a été conçu. Il inclut notamment les éléments d'instructions suivants :

- Chaque réaction de la patiente correspond à l'évaluation d'un unique événement (voir première dimension dans le schéma de codage ci-dessus).
- On considère un unique but pour la patiente, qui a été défini pour le scénario pédagogique comme : rester seule/tranquille dans sa chambre.
- Pour la dimension "Événement", les valeurs possibles correspondent aux choix disponibles sur l'interface graphique de l'utilisateur. Pour les autres dimensions des appraisals (par exemple «Agréabilité»), trois valeurs sont possibles : bas, haut et non pertinent.
- L'évaluation se fait au vu des réactions (comportements verbaux et non-verbaux) de la patiente.

L'élaboration du schéma de codage et du guide d'annotation a mené 4 experts à annoter dans un premier temps un sous-ensemble de 3 vidéos parmi les 31 : la première contient le plus grand nombre de comportements déclenchés par la patiente virtuelle (intéressant car plus d'événements à annoter), la deuxième est l'interaction ayant la durée la plus courte (utilisateur n'ayant pas atteint l'objectif de donner les médicaments) et la troisième a été choisie au hasard. Nous avons décidé de nous concentrer d'abord sur ces trois vidéos afin de concevoir le schéma de codage et définir le guide d'annotations. En effet, chaque expert a d'abord traité une de ces vidéos sans schéma de codage et en se basant sur le modèle CPM afin d'identifier les critères pertinents à conserver. Puis, une fois le schéma de codage mis en place, les experts ont annoté une nouvelle fois la vidéo afin de respecter ce schéma de codage et permettre la comparaison de ces annotations. Sachant que chacune des trois vidéos a été vue par 2 experts, nous avons donc calculé les accords inter-juges en utilisant la formule du Kappa de Cohen corrigé

[12] afin de comparer les annotations deux à deux et valider ainsi le schéma de codage. Les valeurs maximales du Kappa obtenues, qui correspondent à l'accord maximal entre les différents experts comparés deux à deux, varient selon les dimensions entre 0,48 et 0,94 : soudaineté (min -0,19 ; max 0,72), familiarité (-0,11 ; 0,93), plaisir intrinsèque (0,67 ; 0,94), pertinence aux buts (0,41 ; 0,53), rapport aux buts (0,56 ; 0,62) et potentiel de maîtrise (0,17 et 0,48).

Nous profitons de ces premières annotations obtenues pour observer si des tendances se dégagent des données. Nous décrivons ici uniquement nos observations sur les dimensions ayant des valeurs de coefficients de Kappa jugées au moins comme un accord modéré (>0,40), dans notre cas, les dimensions de plaisir intrinsèque / agréabilité (0,67 ; 0,94), de pertinence (0,41 ; 0,53) et de rapport aux buts (0,56 ; 0,62).

Sur les trois vidéos annotées, nous avons pu déjà observer certaines associations entre les dimensions retenues et les événements, ainsi que ces dimensions et les comportements non-verbaux choisis par l'expérimentateur. Sur ces vidéos, 127 comportements ont été déclenchés par l'expérimentateur pour qu'ils soient exprimés verbalement ou non verbalement par la patiente virtuelle. Par exemple, l'action "Je range les médicaments" (4 apparitions) est toujours associée à une évaluation agréable, pertinente et en accord avec le but de la patiente qui est de rester tranquille et seule dans sa chambre. Les actions impliquant l'entrée de l'utilisateur dans la chambre de la patiente (4 apparitions) sont systématiquement évaluées comme désagréables, pertinentes et contre les buts de la patiente, et associées à des froncements de sourcils. Certaines associations sont moins évidentes. Par exemple, l'action "Je donne les médicaments à la patiente" (14 apparitions) est évaluée comme désagréable, et plutôt contre le but de la patiente, associée à des pincements de lèvres, tandis que le choix de dialogue "Je redonne les médicaments à la patiente" (5 apparitions), est associé à une évaluation agréable et non reliée au but de la patiente, ainsi qu'à des sourires. Cela peut s'expliquer par le fait que, d'une part, ce choix n'est pas disponible en début de scénario (contrairement aux choix "Je donne les médicaments à la patiente"), et que les utilisateurs ont ainsi choisi de redonner les médicaments à la patiente uniquement lorsqu'ils ont estimé que la patiente était plus coopérative que lors de leur première tentative au début de la session. On retrouve aussi une association entre les choix de dialogues où l'utilisateur explique ce qu'il fait et/ou insiste sur l'importance des médicaments (29 apparitions) et une évaluation désagréable, pertinente et contre le but de la patiente, associée à une expression de coins des lèvres vers le bas. Cette association peut être interprétée de différentes manières. Lorsque l'utilisateur explique ce qu'il va faire (lui donner ses médicaments), la patiente se focalise sur la prise de médicaments, qui est évaluée comme désagréable. De même, la présence de l'utilisateur dans la chambre de la patiente va contre le but de la patiente, qui est de rester seule et/ou tranquille. Certains choix d'action et de dialogue ne sont pas forcément associés à des comportements non-verbaux spécifiques, comme ceux où l'utilisateur fait la conversation et/ou détourne l'attention de la patiente (31 apparitions). En effet, lors de ces dialogues, l'utilisateur peut aborder des sujets variés et de plusieurs manières différentes, ce qui explique la diversité des comportements utilisés alors en réponse.

## 5 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Concevoir les interactions entre un patient virtuel et des utilisateurs – personnels soignant est complexe car elle nécessite de faire appel à plusieurs sources de connaissances et de les intégrer dans un modèle informatique. Nous avons expliqué dans cet article la méthode que nous avons mise en œuvre pour concevoir un patiente virtuelle Alzheimer. Cette méthode inclut le recueil de connaissances à partir de la littérature, des entretiens avec des experts, des observations en centre spécialisé ainsi qu’une expérimentation en Magicien d’Oz. Nous avons décrit l’expérimentation en Magicien d’Oz, réalisée avec 31 soignants qui ont pu interagir avec une première version de notre patiente virtuelle partiellement simulée. Leurs réponses aux questionnaires suggèrent que la patiente virtuelle est crédible et que le système est bien accepté par le personnel soignant. Nous avons enfin présenté le schéma de codage et le guide d’annotation pour l’exploration des données d’interaction collectées. Les données annotées pendant la conception du schéma ont révélé des premières tendances dans les liens entre les comportements des utilisateurs et les réactions pathologiques de la patiente virtuelle, nous encourageant à poursuivre nos annotations et nos analyses. Ces données d’interaction, en complément de la littérature, vont constituer les fondations de notre modèle automatique. Notre but étant de faire le lien entre les actions de l’utilisateur-soignant (comportement non-verbal et choix sur l’interface) et l’évaluation de la situation par la patiente virtuelle en prenant en compte sa pathologie. Le choix conceptuel d’un magicien d’Oz pose une première limite de notre étude. En effet, les réactions de la patiente virtuelle sont déclenchées par un expérimentateur unique, limitant ainsi les possibilités de réactions à sa propre expérience et interprétation de la maladie. Il est également difficile, même pour un expert entraîné à utiliser l’interface proposée, de prendre en compte en temps réel l’ensemble des signaux verbaux et non-verbaux de l’utilisateur et être capable en un temps limité de produire la réponse la plus fidèle à celle d’un patient Alzheimer. De plus, la question de l’évaluation de la réussite de l’utilisateur reste un point à discuter : ne pas convaincre la patiente de prendre ses médicaments durant cette première interaction n’est pas nécessairement un échec (10 utilisateurs sur les 31 ont accompli la tâche) : il faut réussir à comprendre la situation et identifier des stratégies pouvant être mobilisées pour s’y adapter. En effet, le but de la formation est de sensibiliser des novices à l’importance de la communication non verbale et aux spécificités de ces patients pour l’anticipation de situations délicates.

Il s’agit donc de prévenir les situations critiques relatives à la dégradation des interactions en situation de soins. Le soignant aura pu ainsi tenter différentes approches afin de réagir au mieux à un type de comportement. Cette approche est complémentaire à un entraînement en situation réelle où la part de variabilité est plus importante que lors d’une simulation par patient virtuel car les variabilités interindividuelles en termes de troubles cognitifs et psycho-comportementaux sont difficiles à modéliser.

En perspective, nous prévoyons d’annoter et d’analyser l’ensemble des vidéos collectées pour informer un modèle que nous allons proposer pour la version automatisée de la patiente virtuelle. Ce modèle permettra de simuler finement des réactions pathologiques par exemple en inhibant ou augmentant les évaluations selon un ou plusieurs critères. Une expérimentation avec la

patiente virtuelle automatique et d’autres personnels soignants est prévue pour valider le système final.

## REMERCIEMENTS

Le travail décrit dans cet article a été en partie financé par le projet ANR VIRTUALZ (ANR-17-CE19-0028) <https://www.virtualz-anr.fr/> (“Outil de formation par simulation Patient Virtuel pour des professionnels des secteurs sanitaire et medico-social travaillant auprès de personnes atteintes de la maladie d’Alzheimer ou maladies apparentées”).

## RÉFÉRENCES

- [1] American Psychiatric Association. (2013). DSM-5 Diagnostic Classification. In *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*. <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596.x00diagnosticclassification>
- [2] André, E., & Rist, T. (2001). Controlling the behavior of animated presentation agents in the interface scripting versus instructing. *AI Magazine*, 22 (4), 53–66.
- [3] Ballard, C., Lowery, K., Powell, I., O’Brien, J., & James, I. (2000). Impact of behavioral and psychological symptoms of dementia on caregivers. *International Psychogeriatrics*, 12 (SUPPL. 1), 93–105. <https://doi.org/10.1017/s1041610200006840>
- [4] Barot, C., Lourdeaux, D., & Lenne, D. (2013). Using planning to predict and influence autonomous agents behaviour in a virtual environment for training. *Proceedings of the 12th IEEE International Conference on Cognitive Informatics and Cognitive Computing, ICCI\*CC 2013*, 274–281. <https://doi.org/10.1109/ICCI-CC.2013.6622255>
- [5] Bartneck, C., Kulic, D., & Croft, E. A. (2008). Measuring the anthropomorphism, animacy, likeability, perceived intelligence and perceived safety of robots. *Metrics for Human-Robot Interaction, ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, 37–44.
- [6] Brooke, J. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability Evaluation in Industry*, 189 (194), 4–7.
- [7] Burton, K., & Kaszniak, A. (2006). Emotional experience and facial expression in Alzheimer’s disease. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 13 (3–4), 636–651. <https://doi.org/10.1080/13825580600735085>
- [8] Callejas, Z., Ravenet, B., Ochs, M., & Pelachaud, C. (2014). A computational model of social attitudes for a virtual recruiter. *13th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems, AAMAS 2014*, 1, 93–100.
- [9] Cassell, J., Sullivan, J., & Prevost, S. (2000). *Embodied Conversational Agents*. MIT press.
- [10] Chaby, L., & Narme, P. (2009). La reconnaissance des visages et de leurs expressions faciales au cours du vieillissement normal et dans les pathologies neurodégénératives. In *Psychologie et NeuroPsychiatrie du Vieillessement* (Vol. 7, Issue 1, pp. 31–42). <https://doi.org/10.1684/pnv.2008.0154>
- [11] Cipriani, G., Borin, G., Vedovello, M., Di Fiorino, A., & Nuti, A. (2013). Sociopathic behavior and dementia. In *Acta Neurologica Belgica* (Vol. 113, Issue 2, pp. 111–115). <https://doi.org/10.1007/s13760-012-0161-7>
- [12] Cohen, J. (1960). A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20 (1), 37–46. <https://doi.org/10.1177/001316446002000104>
- [13] Cummings, J. L., Mega, M., Gray, K., Rosenberg-Thompson, S., Carusi, D. A., & Gornbein, J. (1994). The neuropsychiatric inventory: Comprehensive assessment of psychopathology in dementia. *Neurology*, 44 (12), 2308–2314. <https://doi.org/10.1212/wnl.44.12.2308>
- [14] Diesbach, P. L., & Midgley, D. F. (2007). Embodied agents on a website: Modelling an attitudinal route of influence. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-77006-0\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-540-77006-0_28)
- [15] Dupuy, L., de Sevin, E., Cassouduesalle, H., Ballot, O., Dehail, P., Aouizerate, B., Cuny, E., Micoulaud-Franchi, J. A., & Philip, P. (2020). Guidelines for the design of a virtual patient for psychiatric interview training. *Journal on Multimodal User Interfaces*. <https://doi.org/10.1007/s12193-020-00338-8>
- [16] Everitt, D. E., Fields, D. R., Soumerai, S. S., & Avorn, J. (1991). Resident Behavior and Staff Distress in the Nursing Home. *Journal of the American Geriatrics Society*, 39 (8), 792–798. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1991.tb02702.x>
- [17] Fraser, N. M., & Gilbert, G. N. (1991). Simulating speech systems. *Computer Speech and Language*, 5 (1), 81–99. [https://doi.org/10.1016/0885-2308\(91\)90019-M](https://doi.org/10.1016/0885-2308(91)90019-M)
- [18] Granry, J.-C., & Moll, M.-C. (2012). État de l’art (national et international) en matière de pratiques de simulation dans le domaine de la santé. In *Haute Autorité de Santé*.
- [19] Henry, J. D., Rendell, P. G., Scicluna, A., Jackson, M., & Phillips, L. H. (2009). Emotion Experience, Expression, and Regulation in Alzheimer’s Disease. *Psychology and Aging*, 24 (1), 252–257. <https://doi.org/10.1037/a0014001>

- [20] Hoque, M. E., & Picard, R. W. (2014). Rich nonverbal sensing technology for automated social skills training. *Computer*, 47 (4), 28–35. <https://doi.org/10.1109/MC.2014.98>
- [21] Hubbard, G., Cook, A., Tester, S., & Downs, M. (2002). Beyond Words: Older people with dementia using and interpreting nonverbal behaviour. *Journal of Aging Studies*, 16 (2), 155–167.
- [22] Kipp, M. (2001). ANVIL A generic annotation tool for multimodal dialogue. *EUROSPEECH 2001 - SCANDINAVIA - 7th European Conference on Speech Communication and Technology*, 1367–1370.
- [23] Kirkpatrick, D. (1959). Techniques for evaluating training programs. A four-part series beginning in the November issue. *Training and Development Journal (Then Titled Journal for the American Society of Training Directors)*
- [24] Kononowicz, A. A., Zary, N., Edelbring, S., Corral, J., & Hege, I. (2015). Virtual patients - What are we talking about? A framework to classify the meanings of the term in healthcare education. *BMC Medical Education*, 15 (1), 11. <https://doi.org/10.1186/s12909-015-0296-3>
- [25] Kopp, S., Krenn, B., Marsella, S., Marshall, A. N., Pelachaud, C., Pirker, H., Thórisson, K. R., & Vilhjálmsón, H. (2006). Towards a common framework for multimodal generation: The behavior markup language. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 4133 LNAI, 205–217. [https://doi.org/10.1007/11821830\\_17](https://doi.org/10.1007/11821830_17)
- [26] Magai, C., Cohen, C. I., & Gomberg, D. (2002). Impact of Training Dementia Caregivers in Sensitivity to Nonverbal Emotion Signals. 14 (1), 25–38.
- [27] Mammarella, N., & Fairfield, B. (2014). Emotional working memory and Alzheimer's disease. *International Journal of Alzheimer's Disease*, 2014, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2014/207698>
- [28] Marsella, S., Gratch, J., Petta, P., & others. (2010). Computational models of emotion. *A Blueprint for Affective Computing-A Sourcebook and Manual*, 11 (1), 21–46.
- [29] McKenzie, G. L., Teri, L., Salazar, M. K., Farran, C. J., Beck, C., & Paun, O. (2011). Relationship between system-level characteristics of assisted living facilities and the health and safety of unlicensed staff. *AAOHN Journal*, 59 (4), 173–180. <https://doi.org/10.3928/08910162-20110328-01>
- [30] Micoulaud-Franchi, J. A., Sauteraud, A., Olive, J., Sagaspe, P., Bioulac, S., & Philip, P. (2016). Validation of the French version of the Acceptability E-scale (AES) for mental E-health systems. *Psychiatry Research*, 237, 196–200. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2016.01.043>
- [31] Ochs, M., Montcheuil, G., Pergandi, J., Saubesty, J., Donval, D., Pelachaud, C., Mestre, D., & Blache, P. (2017). An architecture of virtual patient simulation platform to train doctors to break bad news. *Conference on Computer Animation and Social Agents (CASA)*.
- [32] Ortega, R. B., Lucie, P., & Vanderstichel, H. (2019). Élaboration d'un outil de simulation pour la formation de soignant. es en gériatrie. Expérimenter pour apprendre ou questionner ses pratiques.
- [33] Pocnet, C., Rossier, J., Antonietti, J. P., & Von Gunten, A. (2011). Personality changes in patients with beginning alzheimer disease. *Canadian Journal of Psychiatry*, 56 (7), 408–417. <https://doi.org/10.1177/070674371105600704>
- [34] Rizzo, A., Shilling, R., Forbell, E., Scherer, S., Gratch, J., & Morency, L. P. (2016). Autonomous Virtual Human Agents for Healthcare Information Support and Clinical Interviewing. In *Artificial Intelligence in Behavioral and Mental Health Care* (pp. 53–79). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-420248-1.00003-9>
- [35] Robinson, K. E., Allen, P. J., Quail, M., & Beilby, J. (2018). Virtual patient clinical placements improve student communication competence. *Interactive Learning Environments*, 28 (6), 795–805.
- [36] Rousseaux, M., Sève, A., Vallet, M., Pasquier, F., & Mackowiak-Cordoliani, M. A. (2010). An analysis of communication in conversation in patients with dementia. *Neuropsychologia*, 48 (13), 3884–3890. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.09.026>
- [37] Scherer, K. R. (2001). Appraisal Considered as a Process of Multilevel Sequential Checking. In *Appraisal processes in emotion: Theory, Methods, Research*.
- [38] Taenzer, P. A., Sauve, L., Burgess, E. D., Milkavich, L., & Whitmore, B. (1996). The Health Interview: Automated Assessment in a Multidisciplinary Outpatient Hypertension Treatment Program. *M.D. Computing*, 13 (5), 423–426.
- [39] Templier, L., Chetouani, M., Plaza, M., Belot, Z., Bocquet, P., & Chaby, L. (2015). Altered identification with relative preservation of emotional prosody production in patients with Alzheimer's disease. *Geriatric et Psychologie Neuropsychiatrie Du Vieillessement*, 13 (1), 106–115. <https://doi.org/10.1684/pnv.2015.0524>
- [40] Webster, D., & Dibartolo, M. C. (2014). Using a standardized patient learning activity to teach baccalaureate nursing students about dementia care. *Nurse Educator*, 39 (3), 103–104. <https://doi.org/10.1097/NNE.0000000000000027>
- [41] Wilson, R., Rochon, E., Mihailidis, A., & Leonarda, C. (2012). Examining success of communication strategies used by formal caregivers assisting individuals with Alzheimer's disease during an activity of daily living. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 55 (2), 328–341. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2011/10-0206\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2011/10-0206))
- [42] Zawieja, P., & Benattar, L. (2019). Burnout des soignants en gériatrie: prévalence et déterminants dans 185 établissements français. *NPG Neurologie - Psychiatrie - Gériatrie*, 19 (113), 286–293. <https://doi.org/10.1016/j.npg.2019.06.003>