



HAL
open science

Les effets du genre des agents virtuels sur l'apprentissage

Marjorie Armando, Isabelle Regner, Magalie Ochs

► **To cite this version:**

Marjorie Armando, Isabelle Regner, Magalie Ochs. Les effets du genre des agents virtuels sur l'apprentissage. Workshop sur les "Affects, Compagnons Artificiels et Interactions" (WACAI), Oct 2021, Île d'Oléron, France. <hal-03366193v2>

HAL Id: hal-03366193

<https://hal.science/hal-03366193v2>

Submitted on 18 Jan 2024

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

Les effets du genre des agents virtuels sur l'apprentissage.

Marjorie Armando
Aix Marseille Univ, Université de
Toulon, CNRS, LIS, Marseille, France
& Aix Marseille Univ, CNRS, LPC,
Marseille, France
marjorie.armando@univ-amu.fr

Isabelle Régner
Aix Marseille Univ, CNRS, LPC,
Marseille, France
isabelle.regner@univ-amu.fr

Magalie Ochs
Aix Marseille Univ, Université de
Toulon, CNRS, LIS, Marseille, France
magalie.ochs@lis-lab.fr

RÉSUMÉ

Les environnements d'apprentissage virtuels utilisent souvent des personnages virtuels pour faciliter et améliorer l'apprentissage. Connus sous le nom d'agents virtuels pédagogiques, ils peuvent incarner différents rôles, tels que tuteur ou compagnon. Des recherches ont mis en évidence l'importance de diverses caractéristiques des agents virtuels, comme la voix ou le comportement non verbal. Cependant, peu d'attention a été accordée au genre des agents pédagogiques virtuels. Cela est assez surprenant compte tenu de l'importance des questions de genre dans l'éducation et plus particulièrement de l'influence des stéréotypes de genre. Dans cet article, nous passons en revue les recherches montrant comment et pourquoi les étudiants peuvent craindre d'être réduits à un stéréotype de genre négatif dans des conditions ordinaires en classe lors d'un test de performance. Cette peur provoque des pensées négatives, réduisant la capacité de mémoire de travail des individus. Cela peut entraîner une baisse de performance et, si cela se répète, un désintérêt pour l'éducation (phénomène connu sous le nom de Menace de Stéréotype). Nous nous concentrons sur le processus d'apprentissage des étudiantes dans les domaines des Sciences, de la Technologie, de l'Ingénierie et des Mathématiques (STIM), en particulier en mathématiques. Nous examinons comment ces stéréotypes peuvent s'infiltrer dans les environnements d'apprentissage virtuels. Enfin, nous examinons comment le genre d'un agent pédagogique virtuel peut être utilisé pour contrer les effets de la Menace de Stéréotype et améliorer l'apprentissage scolaire.

MOTS CLÉS

Agent Virtuel Pédagogique, Menace de Stéréotype, Stéréotypes de genre.

1 INTRODUCTION

Les agents pédagogiques sont des personnages virtuels dans des environnements numériques utilisés à des fins éducatives pour améliorer l'apprentissage [22] [36]. Ils peuvent incarner différents rôles, tels que celui d'expert, de mentor ou de motivateur [4]. Comme le montre une méta-analyse de 43 études [35], les agents pédagogiques virtuels peuvent avoir des effets positifs sur la rétention des connaissances et le transfert de connaissances sur de nouvelles situations. Cependant, certaines caractéristiques des agents pédagogiques peuvent avoir un impact différent sur le processus d'apprentissage. Par exemple, le degré de réalisme de l'apparence des agents virtuels [3], la façon dont ils communiquent avec les apprenants, verbalement ou non, positivement ou négativement [10] [28], ou la façon dont ils fournissent un commentaire, en utilisant la voix, le

texte, ou les deux [16], peuvent fortement influencer l'apprentissage. Dans cet article, nous nous concentrons particulièrement sur l'effet du genre de l'agent virtuel pédagogique sur l'apprentissage.

Dans le domaine de la cognition sociale, plusieurs études ont montré l'impact du genre sur le processus d'apprentissage dans différents domaines académiques. Le genre de l'apprenant et de l'enseignant peut avoir une influence. En ce qui concerne l'enseignant, par exemple, Sansone [33] a mené une enquête sur la relation entre les croyances des élèves du secondaire sur les capacités des femmes en mathématiques et en sciences et le genre de leur enseignant, et a constaté que les élèves étaient moins susceptibles de croire que les hommes étaient meilleurs que les femmes en mathématiques/sciences lorsqu'ils étaient confiés à des enseignantes. En ce qui concerne le genre de l'apprenant, la Menace de Stéréotype peut avoir un impact sur les performances de l'apprenante, car la crainte de confirmer le stéréotype négatif sur les capacités des femmes en mathématiques peut conduire à des pensées négatives et à des performances inférieures à ce qu'elles peuvent vraiment faire lors d'un test de mathématiques [38].

Dans le domaine des environnements d'apprentissage virtuels, les recherches ont montré le fort impact du genre de l'agent virtuel sur les interactions entre humains et machines [3] [13] [17] [21] [31] [32]. Toutefois, le genre de l'agent pédagogique est rarement considéré comme une caractéristique importante dans la conception de l'environnement d'apprentissage virtuel, alors que la plupart des agents pédagogiques sont de type humanoïde et que le genre de l'agent peut avoir un impact sur les résultats scolaires (voir section 3.2). Dans cet article, nous présentons plusieurs recherches montrant l'impact du genre sur le processus d'apprentissage. Nous considérons à la fois l'impact du genre de l'apprenant et l'influence du genre de l'agent pédagogique virtuel. Nous visons donc à proposer des lignes directrices dans la conception de l'agent pédagogique virtuel mais aussi dans la conception de la tâche d'apprentissage pour améliorer l'apprentissage en environnement virtuel en considérant l'impact du genre.

Cet article est organisé comme suit. Dans la section suivante, nous présentons le contexte théorique des stéréotypes de genre dans l'interaction entre les hommes et les femmes, ce qui conduit au phénomène de Menace de Stéréotype dans la section 2.2. Dans la section 3, nous montrons comment les stéréotypes de genre imprègnent également l'interaction humain-machine. L'impact du genre de l'agent virtuel sur les résultats scolaires des étudiants est présenté dans la section 3.2. Nous examinons ensuite comment utiliser le genre de l'agent pédagogique virtuel pour atténuer les effets de la Menace de Stéréotype en mathématiques sur les apprenantes. Enfin, nous concluons en indiquant ce qui pourrait être fait dans le

cadre de futures recherches sur les environnements d'apprentissage virtuel pour réduire les stéréotypes liés au genre.

2 CONTEXTE THÉORIQUE

Dans cette section, nous introduisons d'abord le concept de stéréotype de genre dans l'interaction interpersonnelle. Dans la section 2.2, nous nous concentrons sur les effets de la Menace de Stéréotype qui peuvent affecter négativement l'apprentissage scolaire. Les méthodes utilisées pour réduire les effets de la Menace de Stéréotype sont mises en évidence.

2.1 Stéréotypes de genre dans les interactions interpersonnelles

Les *stéréotypes sociaux* sont des croyances culturellement partagées mais surgénéralisées sur les traits et les compétences des groupes sociaux, au point où l'on ne prend plus en compte l'individualité.

Plus particulièrement, les *stéréotypes de genre* font référence aux traits et compétences qui sont attribués différemment aux femmes et aux hommes. Les femmes sont généralement caractérisées par des traits dits de *communalité* : gentilles, serviables, chaleureuses, communicatives ; tandis que les hommes sont davantage associés à des traits dits d'*agentisme* : agressifs, forts, compétitifs, indépendants, ambitieux [37]. En outre, des capacités différentes sont attribuées aux hommes et aux femmes. Par exemple, les hommes sont considérés comme meilleurs en mathématiques que les femmes, tandis que les femmes sont considérées comme meilleures que les hommes en lettres. Certains auteurs ont suggéré que l'agentisme et la communalité sont respectivement associées aux hommes et aux femmes en raison de différences biologiques. Les niveaux de testostérone et d'ocytocine les prédisposeraient intrinsèquement à des comportements et activités différents. Cependant, une hormone n'est pas la cause d'un comportement spécifique : la testostérone peut susciter un comportement prosocial, et pas seulement un comportement agressif [43]. D'autres recherches montrent que le comportement des femmes et des hommes est contraint par des "scripts sociaux", appris par la socialisation et la position sociale dans la société, qui conduisent chaque individu à avoir un ensemble d'attentes spécifiques sur le comportement de l'autre personne, dépendant de son genre [30]. Les hommes sont ainsi censés occuper des positions à plus haute responsabilité et être plus compétents que les femmes dans les domaines scientifiques.

Quant aux capacités des hommes et des femmes, la biologie ne peut pas expliquer entièrement l'écart entre eux en mathématiques, car l'ajout d'une simple phrase présentant un test de mathématiques comme équitable pour les deux genres peut améliorer les performances des femmes à ce test. Nous en parlons plus en détail dans la section 2.2.

Les stéréotypes de genre sont depuis longtemps évalués au moyen de questionnaires qui permettent de saisir les opinions des individus. Le Test d'Association Implicite (TAI) entre genre et sciences est une mesure plus subtile qui permet d'évaluer si les individus associent davantage les hommes aux sciences et les femmes aux lettres que l'inverse [11]. Le TAI est une tâche de tri informatique utilisant deux touches du clavier pour classer les mots dans l'une des catégories situées à droite et à gauche de l'écran. Le score est

basé sur la latence des réponses. Des catégorisations plus rapides devraient se produire lorsque des concepts fortement associés en mémoire partagent une touche de réponse, tandis que des catégorisations plus lentes devraient se produire lorsque des concepts moins associés partagent une touche. En général, le TAI genre-sciences indique de fortes associations entre sciences-masculin et lettres-féminin. Il est intéressant de noter que la version enfant du TAI genre-sciences (avec des mots prononcés lorsqu'ils apparaissent à l'écran) a montré que les enfants âgés de 6 à 10 ans ont des associations plus fortes entre mathématiques-garçon qu'entre mathématiques-fille, ce qui indique que les associations stéréotypées entre les genres sont également présentes chez les enfants [7].

2.2 Menace de Stéréotype

Plusieurs recherches dans le domaine de la cognition sociale ont montré que la peur d'être négativement stéréotypé dans un domaine de compétence produit des pensées négatives, qui à leur tour réduisent la capacité de mémoire de travail des individus et nuisent à l'apprentissage et aux performances [34]. Ce phénomène, appelé *Menace de Stéréotype* (MS), s'applique à différents stéréotypes et groupes sociaux, tels que les garçons aux tests de lecture [27], les Afro-Américains aux tests intellectuels [40], et les filles et les femmes en mathématiques [38]. La MS peut contribuer à expliquer les performances inférieures des filles en sciences par rapport aux garçons. En effet, la peur de confirmer le stéréotype négatif sur les capacités des femmes en mathématiques peut impacter la réalisation d'une tâche lorsqu'elles pensent effectuer un test de mathématiques [12]. Cela peut également expliquer pourquoi les femmes sont moins nombreuses que les hommes à poursuivre et à réussir une carrière scientifique [5]. En outre, lorsque la MS devient une situation chronique, elle peut entraîner une démotivation et un désintérêt des femmes pour les domaines des Sciences, des Technologies, de l'Ingénierie et des Mathématiques (STIM) [39]. Par ailleurs, il a été montré par Leslie et al. que les étudiants pensent qu'ils doivent être naturellement doués dans les domaines des STIMs pour y réussir [20]. Cette croyance n'est pas bénéfique pour les femmes, car le stéréotype de genre enraciné dans notre société véhicule l'idée que les femmes sont biologiquement inférieures en mathématiques : il s'agit d'un cercle vicieux qui renforce les effets de la MS.

Comme souligné par Crocker et al., la MS a plus d'impact sur "les personnes qui se soucient ou qui sont investies dans le domaine où s'applique la Menace de Stéréotype" [6]. C'est pourquoi la MS en mathématiques touche particulièrement toutes les filles et les femmes qui s'identifient fortement aux mathématiques. Pour mesurer l'identification à un domaine, les chercheurs peuvent demander aux participants d'indiquer l'importance des mathématiques pour l'image qu'ils ont d'eux-mêmes à l'aide d'un questionnaire à deux questions ("Il est important pour moi d'être bon en maths" et "Je suis bon en maths"), sur des échelles de sept points allant de "pas du tout vrai" à "complètement vrai" [14].

Les effets de la MS peuvent être observés sur divers résultats scolaires, tels que les performances, l'intérêt ou la motivation. Il est particulièrement intéressant de noter que la MS dépend fortement du contexte situationnel. Par conséquent, il est possible de réduire

les effets de la MS en modifiant le contexte situationnel pendant un test. Par exemple, déclarer que le test est équitable pour les deux genre ("les hommes et les femmes ont les mêmes résultats à ce test") [38], ou fournir un modèle de réussite social féminin qui a de bons résultats en mathématiques [1], peuvent conduire à améliorer les performances des filles et des femmes en mathématiques. Plus précisément, Bagès et Martinot ont montré que les performances à un test de mathématiques s'amélioraient lorsque les jeunes apprenants lisaient une histoire d'un modèle de réussite social en mathématiques, juste avant un test [1]. Pour être efficace, le modèle social doit être légèrement plus âgé que l'élève cible et être présenté comme quelqu'un qui travaille pour réussir, plutôt que comme quelqu'un de naturellement doué. Les performances s'améliorent pour les garçons comme pour les filles, en particulier avec le modèle social féminin pour les deux genres. En outre, lorsque le modèle explique comment il/elle a de bons résultats en mathématiques, les performances des apprenants s'améliorent encore plus, indépendamment du genre du modèle et de l'apprenant. Expliquer aux apprenants comment ils peuvent travailler pour avoir de bons résultats en mathématiques est un moyen de contrecarrer la croyance en des capacités mathématiques innées [39], et par conséquent, c'est un moyen de contrecarrer les effets de la MS.

Dans ce qui suit, nous examinons pourquoi et comment des agents pédagogiques virtuels pourraient être utilisés pour réduire les effets de la MS en les utilisant comme modèle de réussite social (section 3.3).

3 STÉRÉOTYPES DE GENRE DANS LES INTERACTIONS HUMAIN-AGENT VIRTUEL

Dans cette section, nous soulignons l'impact du genre de l'agent virtuel sur les résultats scolaires en présentant d'abord des preuves de la persistance des stéréotypes dans l'interaction humain-machine (section 3.1) et ensuite en introduisant des recherches montrant l'effet du genre de l'agent virtuel sur les apprenants (section 3.2). Nous concluons cette section en suggérant des lignes directrices pour la conception du genre d'un agent pédagogique virtuel (section 3.3).

3.1 Preuves de la persistance des stéréotypes de genre dans l'interaction humain-machine

Les recherches montrent que les stéréotypes de genre persistent dans les interactions humain-machine. Le comportement de l'utilisateur n'est pas le même selon l'apparence sexuée des agents virtuels. Les comportements sexistes sont omniprésents lors des interactions avec les agents virtuels féminins [8]. En effet, lors d'une conversation entre un utilisateur et un agent virtuel, l'agent virtuel féminin a reçu de nombreuses propositions sexuelles violentes et même des menaces de viol, contrairement à l'agent virtuel masculin qui n'a reçu que peu de propositions sexuelles. De plus, aucune d'entre elles n'était violente ("presse doucement mes lèvres contre les tiennes pour te faire un petit bisou"), et les autres commentaires sexuels faits lors de l'interaction avec l'agent virtuel masculin visaient sa petite amie.

De plus, les recherches montrent que l'incarnation n'est pas nécessaire. Nass et al. ont montré que les voix synthétiques masculines étaient perçues comme plus compétentes que les voix féminines [25]. En plus de la perception, le genre de l'agent a une influence directe sur le comportement de l'utilisateur. Par exemple, Lee a montré que les utilisateurs suivaient davantage les conseils des personnages virtuels masculins lorsqu'ils étaient liés à des sujets stéréotypés masculins (par exemple, le sport) et davantage les conseils des agents virtuels féminins lorsqu'ils étaient liés à des sujets stéréotypés féminins (par exemple, les cosmétiques) [19].

Certaines recherches tendent à explorer les agents virtuels androgynes pour contrer les stéréotypes de genre. Très récemment, des images d'agents virtuels masculins, féminins et androgynes étaient perçues de la même manière pour l'*agentisme* (traits typiquement associés aux hommes comme le fait d'être ambitieux et compétitif) et la *communalité* (traits typiquement associés aux femmes comme le fait de se soucier des autres et d'être gentille) [24]. Cependant, les participants masculins ont donné aux agents féminins et masculins une note plus élevée que les participants féminins pour les traits de *communalité* (*affectueux, compatissant, sensible*). Ce résultat contredit d'autres recherches antérieures sur la façon dont les êtres humains perçoivent les agents en fonction de leur genre. Cependant, cette étude présente certaines limites : par exemple, les agents ne sont pas animés (seules des images sont présentées aux utilisateurs), les utilisateurs n'ont pas interagi avec les agents, et les agents féminins, masculins et androgynes étaient assez similaires en apparence. Cela dit, les résultats de l'étude tendent à être cohérents avec l'évolution des stéréotypes de genre présentés dans [9] pour la perception des traits d'*agentisme* (*ambitieux, agressif, courageux, décisif*) et de *compétence* (*créatif, intelligent, innovateur, organisé*) dans les interactions interpersonnelles : l'écart en *agentisme* et *compétence* en faveur des hommes s'est réduit. Cependant, les traits de *communalité* sont encore largement attribués aux femmes. On peut se demander si l'évolution de la perception des stéréotypes dans les interactions humain-humain présentée dans [9] peut être observée de la même manière dans les interactions humain-agent virtuel. D'autres travaux de recherche doivent être menés pour analyser les perceptions des utilisateurs en fonction de leur âge et de leur culture.

3.2 Effets des stéréotypes de genre de l'agent virtuel sur les résultats scolaires

Dans les environnements d'apprentissage virtuels, plusieurs recherches ont montré que le genre d'un agent virtuel pédagogique peut avoir un impact sur les performances d'apprentissage de l'utilisateur. Récemment, Makransky et al. ont montré que les jeunes filles obtenaient de meilleurs résultats dans des tâches scientifiques (en termes d'apprentissage et de transfert de connaissance) avec un agent virtuel scientifique féminin qui leur apprenait comment faire la tâche, plutôt qu'avec un agent virtuel ressemblant à un drone (les chercheurs ont pensé que les garçons peuvent s'identifier au drone, et les filles à l'agent féminin). L'inverse se produit chez les garçons [21]. On peut cependant se demander si le type des agents utilisés, humanoïde et robotique, permet réellement de conclure sur le genre de l'agent qui aiderait au mieux les jeunes filles dans l'apprentissage.

Dans une autre étude utilisant un agent pédagogique virtuel ayant des comportements négatifs, tant verbaux que non verbaux tels qu'être sévère et ne jamais sourire, les participants démontrent un plus grand engagement dans la reproduction d'une pièce de théâtre lorsqu'ils interagissent avec un agent pédagogique virtuel du même genre qu'eux [13].

Cependant, d'autres recherches ont démontré l'effet positif de l'agent masculin par rapport à l'agent féminin dans les tâches pédagogiques. Par exemple, dans l'étude de Moreno et al., les participants ont regardé une vidéo d'un agent virtuel présentant un cours sur la pression artérielle, suivi d'un test de questions à choix multiples. Ils ont appris davantage de l'agent masculin que de l'agent féminin. Les chercheurs ont suggéré que cela pourrait être dû au fait que la tutrice ne se conformait pas au stéréotype des professeurs, contrairement aux hommes. Une première étude montrait que les participants trouvaient l'agent féminin très féminine, contrairement à l'agent masculin qui n'était pas vu comme très masculin [23]. Cela peut donc venir d'une différence d'interprétation des participants, qui ont alors jugé l'agent féminin comme étant trop féminine pour convenir au rôle de tutrice.

Nous pouvons également citer les deux expériences de Baylor et Kim, où les participants ont été assistés par un agent virtuel pour la création d'un planning. Le genre de l'agent n'a pas eu d'impact sur l'apprentissage mais a affecté l'auto-efficacité (sentiment d'accomplissement). Il est intéressant de noter que l'auto-efficacité a augmenté dans la première expérience avec l'agent masculin par rapport à l'agent féminin, mais que ce fut le contraire dans la deuxième expérience. Les chercheurs ont suggéré qu'il y avait un biais dans l'expérience 1, car les participants ont jugé l'agent masculin plus intéressant et plus utile que l'agent féminin. Dans l'expérience 2, les participants ont considéré l'agent féminin comme moins experte/ayant moins de connaissance que l'agent masculin, bien que les agents aient donné les mêmes instructions [3]. D'autres recherches ont indiqué que les agents perçus comme moins intelligents peuvent conduire à une plus grande auto-efficacité [4]. Dans une autre étude, les chercheurs ont utilisé des agents pédagogiques virtuels féminins et masculins pour aider les étudiants à concevoir un cours d'apprentissage en ligne, comme par exemple comment concevoir un planning [17]. Les étudiants travaillant avec l'agent masculin l'ont évalué de manière plus positive que les étudiants travaillant avec l'agent féminin sur toutes les sous-mesures des jugements sociaux (facilitant l'apprentissage, engageant, être plus "humain"). Les chercheurs ont conclu que l'agent masculin était perçu plus positivement que l'agent féminin. En particulier, l'agent masculin a eu un impact plus positif que l'agent féminin sur l'intérêt et l'apprentissage de l'apprenant en termes de rappel (capacité à se souvenir de ce que l'agent a dit pendant la tâche).

Les travaux de recherche présentés ci-dessus soulignent l'importance du genre de l'agent pédagogique virtuel sur l'apprentissage. Cependant, ils peuvent apparaître comme contradictoires en montrant d'une part que le genre de l'agent virtuel doit être similaire à celui des apprenants et d'autre part que les agents virtuels masculins sont plus adaptés à l'apprentissage. D'autres études dans ce domaine sont nécessaires pour mieux comprendre l'effet du genre des agents virtuels sur les résultats académiques en fonction du genre des apprenants mais aussi des disciplines.

3.3 Utilisation du genre de l'agent virtuel pour lutter contre les stéréotypes

Les recherches présentées dans la section précédente soulignent l'importance du genre de l'agent virtuel pédagogique pour l'apprentissage. Dans cette section, nous suggérons quelques lignes directrices sur la façon d'utiliser le genre de l'agent virtuel pour améliorer les résultats scolaires de l'apprenant.

3.3.1 Question sur le genre de l'agent virtuel pédagogique. En se basant sur les recherches présentées ci-dessus, on pourrait penser qu'en général, les agents pédagogiques virtuels masculins sont mieux adaptés que les agents féminins pour améliorer les résultats scolaires. Cependant, l'utilisation systématiquement d'un agent pédagogique virtuel masculin est susceptible de renforcer les stéréotypes de genre. Comme souligné par West et al., le parti pris des systèmes interactifs sur le genre non seulement perpétue les stéréotypes, mais les renforce et les étend [44]. Les stéréotypes modélisés par les systèmes interactifs, quel que soit leur type, génèrent des comportements qui dépassent la sphère de l'environnement virtuel, en véhiculant une image néfaste des femmes.

Comme indiqué par Sansone, le manque de modèles féminins peut amener les étudiantes à croire que les hommes sont meilleurs que les femmes dans les domaines des STIMs [33]. Le manque de modèles féminins *virtuels* dans les environnements d'apprentissage virtuels peut avoir le même impact. On peut supposer que l'omniprésence d'experts représentées par des personnages virtuels féminins dans les domaines des STIMs pourrait permettre de faciliter la diminution des stéréotypes de genre.

Même pour les agents virtuels androgynes, les recherches montrent que les individus ont tendance à appliquer un genre (hommes ou femmes) sur eux. Par exemple, dans une étude de Niculescu et al., les participants ont classé les personnages virtuels androgynes comme étant masculins ou féminins, en fonction du sexe des participants et d'autres paramètres tels que les personnages virtuels qu'ils avaient vus auparavant [26]. De même, dans [24], les participants avaient tendance à croire que l'agent virtuel androgyne était un homme dans une expérience préliminaire.

Nous discutons dans le paragraphe suivant de la manière d'utiliser un agent pédagogique virtuel féminin pour améliorer les performances des apprenants et leur intérêt pour les mathématiques.

3.3.2 Agent virtuel vu comme un modèle social dans un environnement d'apprentissage. Dans le domaine des agents virtuels, certains travaux, encore très limités, ont exploré l'utilisation d'agents virtuels ou d'avatars pour réduire les effets de la Menace de Stéréotype (section 2.2) afin d'augmenter les performances des apprenants et leur intérêt pour les mathématiques. Par exemple, Rosenberg-Kima et al. ont montré l'efficacité d'un personnage virtuel féminin et ingénieure pour intéresser les femmes aux domaines des STIMs [31]. L'agent, tout comme les participantes (toutes des femmes), a présenté dans une vidéo des modèles de réussite féminins dans les domaines des STIMs. Cela a entraîné un changement d'attitude des participantes à l'égard de la science, comme le montre un questionnaire sur une échelle de 7 points. Les femmes dans la condition avec le personnage virtuel féminin étaient moins susceptibles d'approuver les stéréotypes de genre traditionnels dans les domaines

des STIMs, que celles dans la condition du personnage virtuel masculin. Elles croyaient également que les femmes pouvaient réussir dans les domaines des STIMs, avec un agent féminin. Toutefois, les stéréotypes liés au genre persistent : les participantes étaient légèrement plus susceptibles de croire à l'utilité des STIMs avec un agent virtuel masculin ingénieur.

Une étude similaire réalisée dans [32] a montré que les agents virtuels noirs avaient plus d'impacts positifs sur l'intérêt pour les STIMs et sur les stéréotypes de genre dans les STIMs pour les femmes noires, alors que les agents virtuels féminins -noirs ou blancs- avaient plus d'impacts positifs sur les femmes blanches sur les mêmes mesures. Cette recherche montre l'importance d'autres facteurs telle que la couleur de la peau des agents virtuels.

Krämer et al. ont examiné l'effet du genre des agents virtuels pédagogiques sur la motivation, les efforts et la performance d'adultes en mathématiques [18]. Les chercheurs ont constaté que la présence d'un agent virtuel féminin dans une situation d'apprentissage n'était pas suffisante pour accroître la motivation et l'apprentissage des femmes. Cependant, lorsque l'agent affichait un comportement non verbal comme un humain en s'alignant sur le comportement non verbal du participant [10], cela améliorait leurs performances et leurs efforts. Ce type de comportement est défini en psychologie sociale comme l'établissement d'une relation socio-émotionnelle positive entre les interactants par une attitude positive (par exemple : acquiescement, sourire), une attention mutuelle (par exemple : regard réciproque) et une coordination des comportements (par exemple : synchronie, mimétisme) [42]. Ces recherches tendent à montrer l'importance du comportement de l'agent virtuel pédagogique combiné à son genre pour un impact positif sur les résultats scolaires des apprenants.

Enfin, plusieurs recherches ont montré que les agents virtuels pédagogiques, en tant que compagnons d'apprentissage, peuvent simuler des interactions sociales [15] et l'impact potentiel du genre de cet agent virtuel sur l'éducation. Cependant, seules quelques recherches ont exploré l'utilisation d'un compagnon pédagogique virtuel contre les effets de la Menace de Stéréotype. Sur la base des travaux précédents présentés ci-dessus, le genre de l'agent pédagogique, bien qu'important, n'est pas suffisant.

Les filles peuvent considérer un agent pédagogique féminin comme un modèle social de réussite qui influence leur motivation à augmenter leurs efforts pour apprendre : les personnages virtuels peuvent être utilisés pour incarner des modèles sociaux et ainsi changer les attitudes et la motivation de l'apprenant. Comme indiqué à la section 2.2, un modèle social féminin qui réussit en mathématiques peut réduire les effets de la Menace de Stéréotype (MS). En combinant les recherches sur la cognition sociale et dans le domaine des agents virtuels, notre hypothèse pour contrer les effets de la MS est d'utiliser un agent virtuel qui représente un modèle social féminin travaillant pour réussir en mathématiques, capable d'établir une relation socio-émotionnelle avec les apprenants, ressemblant aux apprenants (sur la couleur de la peau) et légèrement plus âgé qu'eux. En effet, si le modèle est plus jeune ou du même âge que les apprenants, cela peut les démotiver car ils peuvent penser qu'ils ne sont pas capables de réaliser ce que le modèle a fait ; et si le modèle est trop âgé, ils ne s'identifieront pas à lui. Cet agent virtuel devrait incarner le rôle d'une personne ayant des connaissances et capable de motiver les apprenants, comme l'indiquent

les souhaits des étudiants sur les agents virtuels pédagogiques, et l'impact positif sur l'éducation avec de tels agents [16].

3.3.3 Amélioration de l'apprentissage, ou une meilleure inclusion ?

D'après les sections 3.3.1 et 3.3.2, une tension éthique entre deux objectifs concurrents, concernant tous domaines, se pose : l'apprentissage de compétences (où les recherches présentées ci-dessus favorisent l'utilisation d'un agent virtuel masculin), et une meilleure inclusion des filles et des femmes (où l'utilisation d'un personnage virtuel féminin incarnant un modèle social de réussite dans le domaine est recommandée).

Les connaissances antérieures ne semblent pas suffisamment stabilisées pour supposer la supériorité d'un agent masculin dans tous domaines et pour tous publics. Certaines questions restent, à notre connaissance, non répondues dans la littérature : quel serait l'impact sur les performances, en sciences ou dans d'autres domaines, de proposer un même personnage androgyne mais présenté comme masculin, féminin, ou neutre par l'expérimentateur ? Ou encore, quel serait l'impact de proposer systématiquement un agent virtuel du même genre que les apprenants ?

Concernant la seconde question, Si nous proposons uniquement des modèles de réussite masculins en mathématiques aux garçons, cela pourrait renforcer les stéréotypes de genre. Les femmes sont conscientes du stéréotype négatif à propos de leur compétence en mathématiques qui créent un environnement hostile pour elles [29]. Or, les recherches de [41] ont constaté que lorsque les femmes trouvent un environnement convivial, elles sont plus susceptibles de conserver un emploi. Une solution pour aboutir à une réconciliation des deux objectifs, en tout cas dans les domaines des STIMs, serait d'utiliser des modèles sociaux de réussite féminin expliquant comment elles sont parvenues à avoir de bon résultat, comme montré dans [2]. Les élèves ont effectué un test de mathématiques après avoir lu une histoire sur un modèle social, féminin ou masculin selon la condition. Les histoires différençaient selon le modèle : le modèle travailleur a fait des efforts et a passé du temps à apprendre ses leçons pour avoir de bons résultats, le modèle doué est naturellement bon en mathématiques, et le modèle neutre ne donne aucune explication quant à sa réussite. Ainsi, la performance des filles augmente avec le modèle travailleur : elles obtiennent des résultats équivalents à ceux des garçons, que le modèle soit un garçon ou une fille. Il n'y a pas d'impact sur la performance des garçons. En revanche, dans une étude similaire [1], les résultats des garçons ont également augmenté avec un modèle travailleur, peu importe le genre. De plus, lorsque le modèle n'explique pas sa réussite en mathématiques, les résultats des filles et des garçons s'améliorent avec un modèle féminin.

Sachant que le manque de modèles féminins peut amener les étudiantes à croire que les hommes sont meilleurs que les femmes dans les domaines des STIMs [33], en combinant les résultats de [2] et notre hypothèse qu'un modèle de réussite féminin *virtuel* dans les domaines des STIMs pourrait permettre de faciliter la diminution des stéréotypes de genre, nous recommandons l'utilisation d'agent virtuel féminin qui joue le rôle de modèle social de réussite en mathématiques, expliquant qu'elle a réussi grâce à ses efforts et son travail. Une autre question se pose alors : à long terme, quel serait l'impact de proposer uniquement ce genre d'agent virtuel féminin pour les garçons ?

4 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Pour conclure, nous avons discuté des stéréotypes de genre et de la manière dont ils peuvent affecter les femmes, notamment par le biais du phénomène appelé *Menace de Stéréotype* (MS). La MS a pour effet de faire baisser les performances des femmes aux tests de mathématiques, en raison de la crainte d'être réduites au stéréotype négatif sur leurs capacités en mathématiques [38]. Une façon de contrecarrer ces effets est d'introduire un modèle de réussite social féminin, ressemblant aux apprenants et légèrement plus âgé qu'eux [2]. Des agents virtuels pédagogiques peuvent incarner ce rôle [31]. En outre, des recherches ont montré l'importance d'une relation positive entre les apprenants et l'agent virtuel pédagogique. Ces recherches tendent à montrer qu'un modèle social féminin incarné par un agent virtuel pédagogique, capable d'établir une relation positive avec les apprenants, pourrait contrecarrer les effets de la MS, et donc d'améliorer les performances des femmes en mathématiques.

Un autre point important est l'association stéréotypée entre homme-sciences d'une part et femme-lettres d'autre part, telle que mesurée par le test d'association implicite. Il pourrait être intéressant de tester si la force de ces associations est susceptible de rendre les apprenantes plus ou moins sensibles à l'influence d'un agent virtuel féminin comme modèle social de réussite en mathématiques. De même, une question importante à aborder est de savoir si l'utilisation répétée d'agents virtuels pédagogiques féminins en mathématiques pourrait conduire à une augmentation de l'association entre les femmes et les sciences, ce qui pourrait motiver les filles et les femmes à poursuivre des carrières dans les domaines des STIMS.

5 REMERCIEMENTS

Ces travaux ont été soutenus par le pôle pilote pour la recherche en éducation Ampiric, une opération financée par l'État dans le cadre de l'action « Territoires d'innovation pédagogique » du Programme d'investissements d'avenir/France 2030, opéré par la Caisse des Dépôts.

RÉFÉRENCES

- [1] Céline Bagès and Delphine Martinot. 2011. What is the best model for girls and boys faced with a standardized mathematics evaluation situation : A hardworking role model or a gifted role model? *British Journal of Social Psychology* 50, 3 (2011), 536–543.
- [2] Céline Bagès, Catherine Verniers, and Delphine Martinot. 2016. Virtues of a hardworking role model to improve girls' mathematics performance. *Psychology of Women Quarterly* 40, 1 (2016), 55–64.
- [3] Amy L Baylor and Yanghee Kim. 2004. Pedagogical agent design : The impact of agent realism, gender, ethnicity, and instructional role. In *International conference on intelligent tutoring systems*. Springer, 592–603.
- [4] Amy L Baylor and Yanghee Kim. 2005. Simulating instructional roles through pedagogical agents. *International Journal of Artificial Intelligence in Education* 15, 1 (2005), 95.
- [5] Talia Ben-Zeev, Seth Duncan, and Chad Forbes. 2005. Stereotypes and math performance. (2005).
- [6] J Crocker, B Major, and C Steele. 1998. *Social stigma* (Vol. 2).
- [7] Dario Cvencek, Andrew N Meltzoff, and Anthony G Greenwald. 2011. Math-gender stereotypes in elementary school children. *Child development* 82, 3 (2011), 766–779.
- [8] Antonella De Angeli and Sheryl Brahmam. 2006. Sex stereotypes and conversational agents. *Proc. of Gender and Interaction : real and virtual women in a male world, Venice, Italy* (2006).
- [9] Alice H Eagly, Christa Nater, David I Miller, Michèle Kaufmann, and Sabine Szcsny. 2020. Gender stereotypes have changed : A cross-temporal meta-analysis of US public opinion polls from 1946 to 2018. *American psychologist* 75, 3 (2020), 301.
- [10] Jonathan Gratch, Ning Wang, Jillian Gerten, Edward Fast, and Robin Duffy. 2007. Creating rapport with virtual agents. In *International workshop on intelligent virtual agents*. Springer, 125–138.
- [11] Anthony G Greenwald, Brian A Nosek, and Mahzarin R Banaji. 2003. Understanding and using the implicit association test : I. An improved scoring algorithm. *Journal of personality and social psychology* 85, 2 (2003), 197.
- [12] Pascal Huguet and Isabelle Regner. 2007. Stereotype threat among schoolgirls in quasi-ordinary classroom circumstances. *Journal of educational psychology* 99, 3 (2007), 545.
- [13] David C Jeong, Dan Feng, Nicole C Krämer, Lynn C Miller, and Stacy Marsella. 2017. Negative feedback in your face : examining the effects of proxemics and gender on learning. In *International conference on intelligent virtual agents*. Springer, 170–183.
- [14] Johannes Keller. 2007. Stereotype threat in classroom settings : The interactive effect of domain identification, task difficulty and stereotype threat on female students' maths performance. *British journal of educational psychology* 77, 2 (2007), 323–338.
- [15] Yanghee Kim and Amy L Baylor. 2006. A social-cognitive framework for pedagogical agents as learning companions. *Educational technology research and development* 54, 6 (2006), 569–596.
- [16] Yanghee Kim and Amy L Baylor. 2016. Research-based design of pedagogical agent roles : A review, progress, and recommendations. *International Journal of Artificial Intelligence in Education* 26, 1 (2016), 160–169.
- [17] Yanghee Kim, Amy L Baylor, and Entong Shen. 2007. Pedagogical agents as learning companions : the impact of agent emotion and gender. *Journal of Computer Assisted Learning* 23, 3 (2007), 220–234.
- [18] Nicole C Krämer, Bilge Karacora, Gale Lucas, Morteza Dehghani, Gina Rütter, and Jonathan Gratch. 2016. Closing the gender gap in STEM with friendly male instructors? On the effects of rapport behavior and gender of a virtual agent in an instructional interaction. *Computers & Education* 99 (2016), 1–13.
- [19] Eun-Ju Lee. 2003. Effects of "gender" of the computer on informational social influence : the moderating role of task type. *International Journal of Human-Computer Studies* 58, 4 (2003), 347–362.
- [20] Sarah-Jane Leslie, Andrei Cimpian, Meredith Meyer, and Edward Freeland. 2015. Expectations of brilliance underlie gender distributions across academic disciplines. *Science* 347, 6219 (2015), 262–265.
- [21] Guido Makransky, Philip Wismer, and Richard E Mayer. 2019. A gender matching effect in learning with pedagogical agents in an immersive virtual reality science simulation. *Journal of Computer Assisted Learning* 35, 3 (2019), 349–358.
- [22] Mohamed Taib Mohtadi, Abdelmajid Hajami, and Hakim Allali. 2014. Pedagogical agent for metacognitive scaffolding in interactive learning environments. In *2014 International Conference on Multimedia Computing and Systems (ICMCS)*. IEEE, 652–656.
- [23] Kristen N Moreno, Natalie K Person, Amy B Adcock, RNV Eck, G Tanner Jackson, and Johanna C Marineau. 2002. Etiquette and efficacy in animated pedagogical agents : The role of stereotypes. In *AAAI symposium on personalized agents, Cape Cod, MA*.
- [24] Procheta Nag and Özge Nilay Yalçın. 2020. Gender Stereotypes in Virtual Agents. In *Proceedings of the 20th ACM International Conference on Intelligent Virtual Agents*. 1–8.
- [25] Clifford Nass, Youngme Moon, and Nancy Green. 1997. Are machines gender neutral? Gender-stereotypic responses to computers with voices. *Journal of applied social psychology* 27, 10 (1997), 864–876.
- [26] Andreea Niculescu, Frans Van Der Sluis, and Anton Nijholt. 2009. Femininity, masculinity and androgyny : how humans perceive the gender of anthropomorphic agents. In *Proceedings of 13th International Conference on Human-Computer Interaction, Springer Verlag, Heidelberg*. 628–632.
- [27] Pascal Pansu, Isabelle Régner, Sylvain Max, Pascale Colé, John B Nezlek, and Pascal Huguet. 2016. A burden for the boys : Evidence of stereotype threat in boys' reading performance. *Journal of Experimental Social Psychology* 65 (2016), 26–30.
- [28] Florian Pecune, Angelo Cafaro, Magalie Ochs, and Catherine Pelachaud. 2016. Evaluating social attitudes of a virtual tutor. In *International Conference on Intelligent Virtual Agents*. Springer, 245–255.
- [29] Laura R Ramsey and Denise Sekaquaptewa. 2011. Changing stereotypes, changing grades : A longitudinal study of stereotyping during a college math course. *Social Psychology of Education* 14, 3 (2011), 377–387.
- [30] Ulrike Rangel and Johannes Keller. 2011. Essentialism goes social : Belief in social determinism as a component of psychological essentialism. *Journal of personality and social psychology* 100, 6 (2011), 1056.
- [31] R.B. Rosenberg-Kima, A.L. Baylor, E.A. Plant, and C.E. Doerr. 2008. Interface agents as social models for female students : The effects of agent visual presence and appearance on female students' attitudes and beliefs. *Computers in Human Behavior* 24, 6 (2008), 2741–2756.
- [32] Rinat B Rosenberg-Kima, E Ashby Plant, Celeste E Doerr, and Amy L Baylor. 2010. The influence of computer-based model's race and gender on female students'

- attitudes and beliefs towards engineering. *Journal of Engineering Education* 99, 1 (2010), 35–44.
- [33] Dario Sansone. 2019. Teacher characteristics, student beliefs, and the gender gap in STEM fields. *Educational Evaluation and Policy Analysis* 41, 2 (2019), 127–144.
- [34] Toni Schmader and Michael Johns. 2003. Converging evidence that stereotype threat reduces working memory capacity. *Journal of personality and social psychology* 85, 3 (2003), 440.
- [35] Noah L Schroeder, Olusola O Adesope, and Rachel Barouch Gilbert. 2013. How effective are pedagogical agents for learning? A meta-analytic review. *Journal of Educational Computing Research* 49, 1 (2013), 1–39.
- [36] Noah L Schroeder, William L Romine, and Scotty D Craig. 2017. Measuring pedagogical agent persona and the influence of agent persona on learning. *Computers & Education* 109 (2017), 176–186.
- [37] Sabine Sczesny, Christa Nater, and Alice H Eagly. 2019. Agency and communion : Their implications for gender stereotypes and gender identities. (2019).
- [38] Steven J Spencer, Claude M Steele, and Diane M Quinn. 1999. Stereotype threat and women's math performance. *Journal of experimental social psychology* 35, 1 (1999), 4–28.
- [39] Claude M Steele. 1997. A threat in the air : How stereotypes shape intellectual identity and performance. *American psychologist* 52, 6 (1997), 613.
- [40] Claude M Steele and Joshua Aronson. 1995. Stereotype threat and the intellectual test performance of African Americans. *Journal of personality and social psychology* 69, 5 (1995), 797.
- [41] Joseph Stokes, Stephanie Riger, and Megan Sullivan. 1995. Measuring perceptions of the working environment for women in corporate settings. *Psychology of Women Quarterly* 19, 4 (1995), 533–549.
- [42] Linda Tickle-Degnen and Robert Rosenthal. 1990. The nature of rapport and its nonverbal correlates. *Psychological inquiry* 1, 4 (1990), 285–293.
- [43] Jack Van Honk, David Terburg, and Peter A Bos. 2011. Further notes on testosterone as a social hormone. (2011).
- [44] Mark West, Rebecca Kraut, and Han Ei Chew. 2019. I'd blush if I could : closing gender divides in digital skills through education. (2019).