

« TISSER DES LIENS »

L'interaction sociale chez les agents conversationnels

[Justine Cassell](#), Traduit de l'anglais (US) par [Julia Velkovska](#), et révisé par [Marc Relieu](#)

La Découverte | « Réseaux »

2020/2 N° 220-221 | pages 21 à 45

ISSN 0751-7971

ISBN 9782348059056

Article disponible en ligne à l'adresse :

-----  
<https://www.cairn.info/revue-reseaux-2020-2-page-21.htm>  
-----

Distribution électronique Cairn.info pour La Découverte.

© La Découverte. Tous droits réservés pour tous pays.

La reproduction ou représentation de cet article, notamment par photocopie, n'est autorisée que dans les limites des conditions générales d'utilisation du site ou, le cas échéant, des conditions générales de la licence souscrite par votre établissement. Toute autre reproduction ou représentation, en tout ou partie, sous quelque forme et de quelque manière que ce soit, est interdite sauf accord préalable et écrit de l'éditeur, en dehors des cas prévus par la législation en vigueur en France. Il est précisé que son stockage dans une base de données est également interdit.

# DOSSIER

---

## Ethnographies des agents conversationnels

# « TISSER DES LIENS »

L'interaction sociale chez les agents conversationnels

Justine CASSELL<sup>1</sup>

*Traduit de l'anglais (US) par Julia Velkovska  
et révisé par Marc Relieu,  
en collaboration avec Justine Cassell*

---

1. Les recherches présentées ici ont bénéficié du travail et du talent de nombreux étudiants de premier et de deuxième cycles, ainsi que d'assistants de recherche du MIT, de la Northwestern University et de la Carnegie Mellon University. Je tiens à remercier tout particulièrement Kimiko Ryokai et Cati Vaucelle, Francisco Iacobelli et Margaret Echelbarger, Samantha Finkelstein et Amy Ogan. Merci également aux généreux sponsors qui ont soutenu ces travaux, notamment la National Science Foundation, la Heinz Family Foundation et le programme de R&D informatique du MSIP/IITP en Corée, ainsi qu'au gouvernement français sous l'égide de l'Agence Nationale de la Recherche, dans le cadre des "Investissements d'avenir", référence ANR-19-P3IA-0001 (PRAIRIE 3IA Institute). Enfin, je suis reconnaissante à Bernard Geoghegan et Julia Velkovska pour leurs précieux commentaires sur le manuscrit.

Les questions qui préoccupent le public aujourd'hui au sujet de l'intelligence artificielle (IA) concernent principalement ses dangers : les robots tueront-ils des gens involontairement et, ce qui serait plus inquiétant encore, intentionnellement ? Les systèmes d'intelligence artificielle deviendront-ils plus intelligents que nous et utiliseront-ils cette intelligence augmentée pour nous diriger ? Les robots seront-ils en mesure de nous influencer comme le font les spécialistes du marketing les plus astucieux, et même (peut-être) d'une manière plus efficace, puisqu'ils auront toute l'information nécessaire pour nous faire croire qu'ils nous aiment, qu'ils veulent notre succès et qu'ils veillent à nos intérêts ? Enfin, une fois que les robots deviendront capables de manifester des émotions et de la connivence avec nous, en viendrons-nous à les préférer à des partenaires humains ?

Nous savons que certains de ces dangers sont réels. Dans des environnements simulés, des systèmes d'IA ont choisi de détruire les bateaux d'une flotte parce qu'ils se sont rendu compte que la flotte se déplacerait plus rapidement sans bateau endommagé (Lenat, 1983 ; Gladwell, 2009). Des décideurs humains auraient certainement sauvé les marins présents sur ces bateaux ou tenté de réparer les navires. Il est donc important de corriger ce genre d'erreur de jugement. Russell suggère de rendre l'intelligence artificielle « compatible avec les humains » (Russell, 2019). On se souvient du principe d'Asimov, recommandant aux machines de « ne pas faire le mal » (Asimov, 1967). Nous devons ajouter : ne pas faire de mal à qui ? Et qui définit ce qu'est le mal ? Comment la voiture autonome peut-elle choisir entre la personne âgée marchant d'un côté du passage piéton et l'enfant qui se trouve de l'autre côté ? Ce sont des questions éthiques à la fois épineuses et nécessaires.

À chaque fois que des systèmes d'IA sont amenés à jouer des rôles sociaux au sein de notre monde, de nouvelles questions problématiques apparaissent. Par exemple, nous savons que les infirmières et les médecins obtiennent une meilleure adhésion aux protocoles s'ils établissent un lien avec leurs patients (Pinto *et al.*, 2012). Est-ce que les systèmes experts médicaux utilisés pour éduquer des patients à mieux vivre avec le diabète (Mbogho *et al.*, 2014), devraient se montrer capables de construire le même type de relations avec eux afin d'atteindre une efficacité optimale ?

L'éthique représente une première approche possible de ces dilemmes. L'histoire en offre une autre. Nos sentiments à l'égard des nouvelles technologies semblent toujours faire naître de l'espoir et nourrir des attentes concernant les bienfaits qui pourraient en découler au niveau individuel comme au niveau social. L'apparition du télégraphe, puis de la radio et de la télévision nourrit de nombreux espoirs sur leur capacité à rassembler les familles ou à favoriser les apprentissages de tous les enfants, indépendamment de leur situation familiale ou de la qualité des écoles locales. Cependant, dans chaque cas, cette attente joyeuse s'est finalement transformée en peur et en inquiétude (Standage, 1998 ; Cassell et Cramer, 2007 ; Spigel, 1992 ; Wartella et Reeves, 1985). Le télégraphe a d'abord été salué comme un moyen d'améliorer les résultats économiques, de rétrécir le monde, de rapprocher les pays les uns des autres et de préserver les liens familiaux dans le temps et l'espace (Carey, 1983 ; Flichy, 1991). Une pénurie d'opérateurs masculins a conduit à l'embauche de femmes, avec l'idée qu'elles apporteraient une certaine gentillesse et grâce dans la transmission de messages personnels. Cependant, les parents – et la société en général – se sont de plus en plus inquiétés des possibilités qu'offrait le télégraphe aux jeunes femmes de cette époque de rencontrer des hommes en dehors du cadre familial. D'ailleurs, les intrigues d'un certain nombre de reportages et de romans de l'époque mettent en scène des jeunes femmes qui s'enfuient avec des hommes qu'elles rencontrent « en ligne » (Marvin, 1988).

Dans le cas de la radio, les parents se souciaient de l'impact sur les pensées et les actions des enfants des histoires sombres diffusées à la radio. « *Mon enfant a des pensées de meurtre. C'est à cause de ces horribles émissions de radio. J'en suis persuadé* », écrivait l'un de ces parents inquiets (Baruch, 1998). La télévision, qui au début suscita l'enthousiasme sur sa capacité à unir la famille autour d'elle comme sur ses vertus éducatives, attira plus tard de nombreuses critiques. Certains affirmaient qu'elle allait favoriser la dégringolade des résultats scolaires des enfants, restreindre leur désir de jouer à l'extérieur et finalement menacer le tissu de la vie familiale elle-même (Davis, 1976). Le gouvernement américain est même intervenu en distribuant une brochure, écrite et illustrée par le célèbre auteur de BD Walt Kelly, dans laquelle on pouvait lire les remarques suivantes :

« Il y a un certain nombre de choses à éviter. Évitez d'en avoir peur. Ces objets sont probablement là pour longtemps. N'ayez pas peur de vos enfants. Ils ne sont pas là pour longtemps. Ce sont de précieux visiteurs. Ne laissez pas vos enfants en plan et ne les laissez pas jouer sans les guider. Ne laissez pas vos enfants tout seuls et ne laissez pas une machine pour les surveiller. Une

machine, à elle seule, est un mauvais compagnon. Elle a besoin d'aide. Vous pouvez l'aider. Aimez vos enfants. » (Kelly, 1961)

En fait, la célèbre émission de télévision « Sesame Street »<sup>2</sup> est née de la frustration suscitée par le « terrain vague » que la télévision était devenue au début des années 1960, et du désir de profiter de ses « qualités addictives » pour instruire les enfants (Cooney, 1974). Avant la radio et la télévision, le même mouvement d'espoir suivi de près par la peur accompagna l'essor de nombreuses technologies, jusqu'à l'imprimerie (Brann, 1981). Aujourd'hui, les craintes se concentrent sur l'IA.

Ailleurs j'ai défendu l'idée (Cassell et Cramer, 2007) que ces craintes ne portent pas sur la technologie *per se*, mais constituent plutôt des *paniques morales* nous concernant et concernant ce que nous sommes devenus face aux nouvelles technologies. Stanley Cohen a été le premier à développer le concept de panique morale qu'il décrit comme :

« une menace pour les valeurs et les intérêts de la société ; sa nature est présentée de façon stylisée et stéréotypée par les médias de masse ; des éditeurs, des évêques, des hommes politiques et d'autres personnes bien pensantes montent sur les barricades de la morale ; des experts socialement accrédités prononcent leurs diagnostics et leurs solutions ; des façons d'y faire face sont élaborées ou (le plus souvent) on s'en remet à celles qui existent déjà ; alors la situation disparaît, est submergée ou se détériore. » (Cohen, 1972)

Ainsi, pour appliquer ce concept au cas présent, ce qui se présente, au premier abord, comme étant lié à la peur de la technologie peut plutôt se reporter sur nous-mêmes. Nous avons peur de notre propre capacité à détruire des valeurs sociales qui nous sont chères face à des systèmes d'IA qui nous attirent.

Une autre perspective historique, concernant l'histoire de l'IA elle-même, peut être également convoquée. Le récit d'origine habituellement attaché à l'essor de l'IA met en avant le *Dartmouth Workshop*, organisé par John McCarthy, qui a réuni un certain nombre d'hommes (oui, des hommes, avec des visites occasionnelles de leurs épouses ou de leurs petites amies) en 1956, pour une réunion d'été de huit semaines. Comme indiqué à la Fondation Rockefeller lors de la demande de financement, leur but était :

---

2. Adaptation française sous le titre « 1, rue Sésame » (NdT).

« de procéder sur la base de la présomption selon laquelle chaque aspect de l'apprentissage ou toute autre caractéristique de l'intelligence peut en principe être décrit avec une telle précision qu'une machine peut être fabriquée pour le simuler » (McCarthy *et al.*, 1955).

Cependant, quelque temps auparavant, entre 1946 et 1953, s'étaient tenues les *Macy Conferences* sur la cybernétique, parrainées par la Josiah Macy Jr. Foundation. Au cœur de leur entreprise se trouvait le rêve de réunir des chercheurs de disciplines très diverses pour repenser la société, la nature et la technologie en termes de modèles largement inspirés de l'informatique et des neurosciences (à partir du concept de réseau de neurones, déjà présent en 1943 chez le neurophysiologiste Warren McCulloch et le mathématicien Walter Pitts). Le groupe a cherché à développer un modèle opérationnel de la pensée et des idées et une « science générale du fonctionnement de l'esprit humain » afin de mieux comprendre les relations humaines et de concevoir de futures collaborations entre les humains et les machines. En effet, ils s'efforçaient de penser les complémentarités entre humains et machines, dans la perspective de construire un monde meilleur, après les catastrophes causées par les machines de la Seconde Guerre mondiale.

Bien que leur objectif ait été assez similaire, par certains aspects, à ceux du *Dartmouth Workshop*, je convoque ici les *Macy Conferences* parce que les hommes et les femmes qui y participèrent (oui, « et les femmes ») venaient de domaines aussi divers que la psychiatrie, l'anthropologie ou les mathématiques. L'un des axes importants de ces conférences était l'idée qu'un orateur et un auditeur, ou deux entités en interaction établissent des « boucles de *rétroaction* réflexives » qui permettent de les considérer comme une seule entité en action. Après la sortie du livre de Norbert Wiener – un des participants –, leur démarche a toutefois été baptisée « cybernétique ». En raison des luttes politiques internes, le *Dartmouth Workshop* a cherché un autre nom. Pour des raisons également liées à la politique académique, bien que Claude Shannon, le fondateur de la théorie de l'information, ait participé aux deux conférences, les deux groupes de chercheurs ont très peu interagi, de telle sorte que le nom et les concepts du *Dartmouth Workshop* ont été progressivement associés à l'origine de l'IA.

Au titre d'une expérience de pensée, imaginons que les chercheurs en IA – s'inspirant de leurs collègues cybernéticiens – auraient dès le départ reconnu que la quête destinée à rendre les machines autonomes mène à une impasse, en raison du fait que nous ne sommes pas autonomes nous-mêmes,

mais unis par des forts liens d'interdépendance. Cela aurait pu conduire à une IA qui, au lieu de chercher à remplacer les humains par des machines, tenterait d'inventer des machines capables de travailler en étroite interdépendance avec les humains. Étant donné la participation de Margaret Mead, Gregory Bateson et d'autres personnes ayant une longue expérience de l'étude du comportement humain, cette approche des *Macy Conferences* aurait très bien pu mettre en évidence dès le début la nature socioculturelle de l'interaction, et donc la nécessité pour les ordinateurs d'interagir avec nous de la même façon que nous interagissons les uns avec les autres pour réussir.

Aucune de ces initiatives n'était indépendante de son époque. Encore si proches de la fin de la Seconde Guerre mondiale, les mathématiciens, les physiciens et, en fait, l'ensemble des scientifiques ont été contraints de réfléchir au rôle joué par la technologie dans la guerre. Certains ont réfléchi à la manière d'améliorer les armes – une recherche encouragée par les organismes de financement qui planifiaient déjà des initiatives militaires pour la guerre froide (Kline, 2011) – et d'autres ont réfléchi à la manière de rendre les armes inutiles. Norbert Wiener, ayant travaillé pendant la guerre sur les fondements mathématiques des armes antiaériennes les plus précises, s'est tourné vers cette dernière piste de recherche. Pour lui, la cybernétique, qu'il a définie pour la première fois en 1948 (Wiener, 2014) comme « l'étude scientifique du contrôle et de la communication chez l'animal et la machine », est devenue une étude des boucles de rétroaction présentes au sein des personnes et entre elles, mais également entre les personnes et les machines, entre les sociétés, et peut-être même entre les humains, les machines et la nature (Turner, 2013). Dans cette optique, Wiener a compris l'importance de s'assurer de l'adaptation des machines aux humains, pour le bien du monde.

Relevant ce dernier défi, je me concentrerai dans ce qui suit sur un type particulier de panique morale, élaborée à partir de l'IA, et qui concerne la menace perçue sur notre capacité à éprouver de l'empathie et à construire des relations avec nos proches. Ici, le défi est de concevoir des systèmes qui, au contraire, maintiennent notre humanité. Les questions associées à cette peur spécifique sont les suivantes : sommes-nous devenus plus disposés à infliger – sans crainte – une grande douleur aux autres ? Avons-nous perdu notre sens des responsabilités les uns envers les autres ? Avons-nous perdu notre capacité à distinguer ce qui est unique dans les relations humaines et notre capacité à l'apprécier ? Un certain nombre de chercheurs ont affirmé que oui (entre autres, Weizenbaum, 1976 ; Turkle, 2015b).



L'histoire nous a ouvert une fenêtre sur l'étiologie de la peur de l'IA. L'étude du comportement humain peut, je crois, nous ouvrir une fenêtre sur la façon d'échapper à cette peur. Ici, donc, je m'appuie sur une approche interdisciplinaire en sciences sociales pour comprendre le rôle que l'IA peut jouer dans la vie des gens. Je commencerai, peut-être paradoxalement, par examiner les contextes dans lesquels la technologie de l'IA n'est pas présente, plus précisément la manière dont les individus interagissent les uns avec les autres. Cette analyse sera réalisée à l'aide des outils de l'analyse conversationnelle, de la sociolinguistique et de l'ethnométhodologie, ainsi que des outils récents de *data mining* – afin de mieux comprendre les détails du déroulement temporel, moment après moment de la façon dont nous travaillons, jouons et apprenons les uns avec les autres en utilisant le langage et le comportement non verbal. Ces analyses du comportement humain collaboratif et coopératif visent à nous donner un aperçu des contextes d'interaction sociale sains et souhaitables, et de leurs effets. De quelle manière nos conversations – comprenant les mots, la prosodie, les gestes des mains et les mouvements du visage – nous rapprochent-elles ou nous éloignent-elles les uns des autres ? En retour, quel est l'impact de notre niveau d'entente les uns avec les autres sur notre capacité à travailler ensemble et sur notre capacité à réussir en tant qu'équipe ou groupe ? Les interactions sociales réussies que nous découvrons ainsi peuvent ensuite faire figure de *futurs désirables*, des futurs que nous souhaitons maintenir ou susciter. Nous intégrerons ces protocoles d'interactions sociales réussies dans des systèmes d'IA fonctionnels. Nous évaluons ensuite les performances de ces systèmes lorsqu'ils collaborent avec des personnes, en les comparant à l'interaction humain-humain qui a motivé leur conception. Les interactions homme-agent réussissent-elles aussi bien à susciter une interaction sociale productive – productive dans le sens où elle crée un attachement chez la personne réelle, et également productive dans le sens où elle améliore la capacité de la machine à collaborer à une tâche importante ?

On peut alors se demander si les systèmes d'IA diminuent inéluctablement la qualité des situations sociales. L'IA doit-elle sonner le glas des relations sociales et, si oui, nos collaborations en pâtiront-elles ? Sinon, pouvons-nous susciter des futurs désirables grâce à une conception attentive de l'IA qui maintiendra, et peut-être améliorera, les aspects positifs de nos interactions – avec les autres, avec les technologies et avec nous-mêmes ? Les technologies qui évoquent la complicité peuvent-elles améliorer la capacité des systèmes d'IA à s'engager dans une collaboration productive avec leurs utilisateurs humains ? Ici, la technologie joue un double rôle, comme elle l'a fait

pour les participants des *Macy Conferences* : en tant qu'outil analytique, permettant de voir le fonctionnement de l'interaction humaine ; et en tant qu'intervention – s'adossant aux styles d'interaction humains qui sont intégrés à la technologie afin d'amorcer un changement positif.

## APPRENDRE AVEC UN PAIR VIRTUEL

Cette approche peut être illustrée par la technologie du *pair virtuel*, composé d'un personnage de dessin animé représentant un enfant et animé par une infrastructure d'IA qui le rend capable de collaborer avec des enfants dans la réalisation d'une tâche. Les premiers travaux relatifs à cette technologie ont été réalisés au début des années 2000, avant que les techniques d'apprentissage profond ne soient devenues courantes dans les systèmes d'IA. Néanmoins, l'approche était la même. Mes étudiants et moi avons d'abord étudié les récits collaboratifs spontanés produits par des enfants en l'absence de technologie, en les abordant comme des moyens de comprendre comment les interactions sociales peuvent affecter la maîtrise de l'alphabétisation. L'alphabétisation – savoir lire et écrire – commence bien avant l'entrée des enfants à l'école.

L'une des compétences clés pour lire et écrire est la capacité à représenter symboliquement les pensées et à les partager par le langage avec un public qui n'est pas nécessairement ancré dans le même contexte temporel et spatial. Cette compétence a été appelée « alphabétisation émergente » (Teal et Sulzby, 1986). Les comportements d'alphabétisation émergente, en particulier ce que l'on a appelé le langage décontextualisé, prédisent l'apprentissage précoce des compétences en lecture et en écriture (Snow, 1983). Il s'avère que les enfants apprennent et pratiquent ces compétences importantes lorsqu'ils racontent des histoires avec leurs pairs et les adultes qui les entourent, et que les histoires racontées à leurs pairs sont plus susceptibles de contenir un langage décontextualisé que les histoires racontées aux adultes (Goncu, 1993). Cela est dû probablement au fait que les autres enfants sont prompts à interrompre le conteur lorsqu'ils ne comprennent pas quelque chose, alors que les adultes passent plus volontiers sur les parties du récit qui ne sont pas vraiment compréhensibles pour l'interlocuteur (Preece, 1992). Nous avons donc examiné le déroulement temporel, moment après moment, des pratiques narratives verbales et non verbales qui caractérisent l'alphabétisation émergente, au sein de récits collaboratifs produits par des enfants à propos d'un château-jouet. Nous avons recueilli suffisamment de données sur les pratiques de narration

enfantine entre pairs pour pouvoir construire un modèle des comportements les plus bénéfiques pour l'alphabétisation.

Nous avons ensuite intégré le plus abouti de ces comportements d'alphabétisation émergente dans un système de *pair virtuel* appelé « Sam the CastleMate »<sup>3</sup>. Sam a été projeté en grandeur nature sur un très grand écran situé derrière un véritable château-jouet physique. Une figurine a été conçue, pouvant exister soit dans le monde physique, soit sur l'écran sous l'apparence d'un avatar, afin de permettre à Sam et à l'enfant de faire passer l'histoire d'un monde à l'autre. En fait, le système détectait la présence d'un enfant devant le château grâce à un microphone et un tapis de sol. Lorsque l'enfant jouait avec le château et racontait, le système utilisait la détection de seuil audio pour déterminer quand donner un retour d'information (réactions telles que « uh-huh » ou des hochements de tête, ainsi que des sollicitations explicites telles que « et ensuite que se passe-t-il ? »).

Des capteurs intégrés dans chaque pièce du château et sur la figurine indiquaient au système dans quelle pièce du château se trouvait la figurine afin que Sam puisse donner des informations contextuelles appropriées. Enfin, un capteur situé dans la porte de la tour du château permettait au système de sentir si la figurine se trouvait à l'intérieur ou à l'extérieur de la tour magique. Cela permettait à la figurine d'exister aussi bien dans le monde physique que dans le monde virtuel, mais jamais dans les deux en même temps. Les fragments des données de dialogue enfant-enfant montrant des comportements d'alphabétisation émergente ont été enregistrés par un enfant réel, puis intégrés dans le système pour être prononcés par Sam en réponse aux récits initiés par les enfants (Cassell *et al.*, 2000). Nous avons choisi de rendre le personnage de Sam anthropomorphe afin de susciter les comportements conversationnels inconscients que même les très jeunes enfants peuvent mobiliser. Cependant, si Sam était capable de réponses verbales et non verbales naturelles, il ne semblait en aucun cas vivant ou réaliste. Le graphisme était intentionnellement de type dessin animé afin de limiter les attentes du partenaire humain et d'éviter toute ambiguïté quant à savoir si Sam était « réel » ou non. Nous ne cherchions pas à développer un agent hyperréaliste, mais plutôt un agent doté de capacités suffisantes pour susciter des comportements naturels chez l'interlocuteur humain. Car au fond les recherches menées sur Sam étaient axées sur le comportement de l'enfant et non sur celui du *pair virtuel*.

---

3. « Sam Le-Camarade-Du-Château ».

Enfin, nous avons évalué si le système Sam suscitait des comportements naturels d'interaction sociale chez les enfants et s'il améliorerait leurs capacités d'alphabétisation émergente. Nous avons demandé à certains enfants de jouer avec Sam seul, et à d'autres de jouer avec Sam et un autre enfant, au sein d'une triade. Nous avons comparé ces interactions à celles d'enfants jouant avec un autre enfant ou racontant des histoires seuls. Tout d'abord, il était très clair que l'interaction des enfants avec Sam était naturelle et qu'ils appréciaient cette interaction. En fait, les enfants ont même parfois appris à Sam à raconter des histoires, comme dans le cas d'un garçon qui a dit à Sam : « *Essaie de faire une histoire plus longue la prochaine fois. Comme cela. Le petit garçon était dehors...* »

La question clé est toutefois de savoir si la présence de Sam présente un quelconque bénéfice. Un tel système peut-il améliorer l'alphabétisation ou est-il simplement aussi bon que des enfants collaborant les uns avec les autres ? En effet, si la simple interaction sociale entre humains améliore les comportements d'alphabétisation émergente, nous pourrions préférer encourager les enfants à raconter des histoires avec d'autres enfants, en l'absence de technologie. La réponse à cette question est que le système Sam a fait ce que font les vrais pairs, mais en mieux. Les dyades d'enfants, qui jouaient sans Sam, racontaient parfois des histoires complètes avec un langage décontextualisé d'alphabétisation émergente. Ils racontaient aussi parfois des histoires qui se transformaient en disputes ou qui se terminent par la démolition du château. Les récits produits pour Sam, d'autre part, étaient davantage susceptibles de manifester plus d'occurrences de langage décontextualisé, signe précurseur de l'alphabétisation, et les segments de langage décontextualisé augmentaient après chaque nouvelle histoire racontée à Sam.

À l'encontre de ce que l'on observe dans les récits produits en l'absence de Sam, les dyades d'enfants qui jouent avec le système se racontent des histoires qui contiennent davantage de comportements d'alphabétisation émergente – des comportements linguistiques, mais aussi des exemples de comportement prosocial susceptibles de leur permettre d'extraire un bénéfice éducatif maximal (Cassell, 2004). Nous pouvons donc conclure que des systèmes tels que le *pair virtuel* peuvent avoir un impact positif réel et concret à la fois sur l'interaction sociale entre les enfants et sur leurs apprentissages. Cela démontre que l'IA ne nuit pas nécessairement à la qualité de l'interaction sociale, de même qu'elle ne dégrade pas toujours la collaboration. Elle peut servir d'outil pour améliorer la collaboration entre humains et l'apprentissage,

ainsi que la collaboration entre l'humain et la machine. Elle constitue également un outil précieux pour étudier le comportement humain.

## L'IA ET LES DÉBATS POLITIQUES RELATIFS À L'APPRENTISSAGE

Plus récemment, le *pair virtuel* a été déployé dans un autre contexte éducatif, plus controversé, dont les enjeux sont encore plus importants. Ici aussi, l'approche consistait à examiner l'interaction des enfants entre eux, à construire des modèles, en se concentrant particulièrement sur les caractéristiques qui prédisaient des résultats éducatifs positifs, à intégrer les modèles dans les systèmes d'IA, puis à évaluer les performances de ces systèmes pour encourager l'interaction sociale et améliorer les résultats dans la réalisation de tâches réelles, comme l'apprentissage en classe. Dans ce contexte également, la technologie a servi d'outil pour mieux comprendre le comportement humain, ainsi que pour intervenir afin d'améliorer potentiellement les performances humaines. Ici, l'accent a été mis sur le sujet politiquement sensible du dialecte et de l'apprentissage. Le Ministère de l'Éducation des États-Unis a toujours relevé un écart important entre les compétences en lecture et en écriture des enfants afro-américains et euro-américains (NAEP, 2019). Plus récemment, plusieurs études ont identifié une des origines de cet écart dans le dialecte parlé par les enfants : il existe une forte corrélation négative entre l'utilisation de l'anglais vernaculaire afro-américain (AAVE<sup>4</sup>) et la maîtrise de la lecture et de l'écriture, indépendamment du statut socio-économique de l'apprenant (Gatlin et Wanzek, 2015). L'AAVE est un dialecte parlé dans de nombreuses communautés afro-américaines, mais pas toutes, et parlé dans certains contextes par de nombreux Afro-Américains, mais pas tous. Toutefois, ces résultats n'ont donné lieu ni à des analyses consistantes sur l'origine de cette corrélation ni à des études portant sur la manière dont ce dialecte devrait être pris en compte dans les classes. En fait, sur une période d'au moins cinquante ans, les chercheurs ont fait des allers et retours sur le sujet. Certains auteurs ont affirmé que les enfants apprendraient mieux s'ils étaient autorisés à faire du brainstorming ou à réfléchir à voix haute avec leurs pairs dans le dialecte qu'ils parlent chez eux (Lee, 1997). D'autres analystes ont affirmé, au contraire, que les enfants n'apprendront à lire et à écrire que s'ils parlent le « dialecte scolaire » courant avec leur entourage (Wiley et Lukes, 1996). Notons que aucune de ces deux positions porte sur la question de si les

---

4. African American Vernacular English (NdT).

enfants devraient apprendre le dialecte courant avant d'entrer dans le monde du travail ou dans l'environnement universitaire. Les deux groupes de chercheurs sont largement d'accord sur le fait qu'en dehors de la salle de classe et à mesure que l'on vieillit, l'intelligence et les capacités sont malheureusement très certainement jugées, au moins en partie, d'après la façon dont on parle. La question qui se pose ici n'est pas de savoir si les enfants doivent apprendre le dialecte courant, mais s'ils doivent le parler tout en essayant d'apprendre des matières scolaires.

Un problème omniprésent dans la recherche sur ce sujet est la difficulté de mener des expériences empiriques. Il est impossible de commander aux jeunes enfants de parler un dialecte. En fait, ils peuvent même ne pas être conscients du dialecte qu'ils sont en train de parler à un moment donné, et nous ne pouvons donc pas examiner la nature de l'apprentissage entre deux enfants qui étudient en parlant un dialecte plutôt qu'un autre. De même, il est pratiquement impossible de trouver une expérience naturelle où deux salles de classe ne diffèrent que par le dialecte que les enfants parlent, indépendamment d'autres facteurs tels que la qualité du système scolaire, le dialecte parlé à la maison, le statut socio-économique, l'appartenance ethnique, etc. Nous pouvons cependant créer des pairs virtuels conçus pour avoir l'air identique et agir de manière identique, mais qui ont des usages différents du dialecte. Ces pairs virtuels peuvent alors servir à étudier le rôle du dialecte dans l'apprentissage.

Comme pour toutes les recherches menées dans le cadre de ce paradigme, la première étape a consisté à recueillir des données sur l'interaction entre pairs, en l'absence de compagnons virtuels et de toute autre technologie numérique. Les données ont été recueillies dans deux villes américaines de taille moyenne, dans des écoles où plus de 90 % des enfants étaient afro-américains et où la majorité d'entre eux provenaient de familles à faible revenu (mesuré par le pourcentage d'enfants ayant droit à un déjeuner gratuit ou à prix réduit, une mesure courante liée au statut socio-économique aux États-Unis). Des études par observation dans les écoles ont démontré que (1) l'anglais vernaculaire afro-américain est le dialecte le plus souvent parlé par les élèves et (2) les enseignants corrigent souvent les élèves qui s'expriment dans ce dialecte et insistent pour qu'ils parlent un « anglais correct » (Cassell, 2009 ; Finkelstein *et al.*, 2013). Ces études observationnelles ont également conclu que les enseignants divisaient souvent les élèves en dyades ou en petits groupes pour travailler ensemble sur diverses tâches scolaires. Dans notre première étude, donc, les enfants ont été invités à travailler avec leurs camarades de classe sur une tâche

spécifique, sélectionnée parmi plusieurs tâches scientifiques similaires. Dans l'une de ces activités, les couples d'élèves devaient faire un brainstorming sur la façon de construire un pont à partir de blocs de Lego, puis jouer tour à tour le rôle de l'enseignant afin que l'autre élève ait l'occasion de s'entraîner à expliquer à un enseignant les décisions prises lors de la construction du pont. Dans une autre étude, des paires d'élèves étaient invitées à faire un brainstorming pour répondre à des questions sur une série d'animaux imaginaires représentés dans leur habitat naturel (imaginaire). Ce type de tâches, courantes dans les classes de sciences aux États-Unis pour les enfants d'environ huit ans, nécessite de raisonner à partir de données et d'être capable de montrer des preuves pour appuyer ses conclusions (par exemple, dans la tâche sur l'animal imaginaire, conclure que si l'animal est montré sans griffes sans dents pointues, il ne pourra probablement pas manger de viande). Ici aussi, les élèves ont été invités à jouer tour à tour le rôle de l'enseignant, afin que chaque enfant puisse s'entraîner à expliquer les réponses qu'il fournit sur les caractéristiques de l'animal imaginaire. Les analyses de ces données ont porté sur deux types de comportements. Le premier concerne la façon dont les enfants décrivent la consigne du devoir scientifique. La seconde série d'analyses s'est concentrée sur l'utilisation du dialecte par les enfants. Dans de nombreuses dyades, les enfants changeaient de langue lorsqu'ils se faisaient passer pour des enseignants, limitant souvent l'utilisation de l'anglais vernaculaire afro-américain et introduisant un peu d'anglais scolaire dans la conversation. Certains élèves ont ainsi pu passer d'un dialecte à l'autre (*code-switching*) et ont pu utiliser le style de discours scientifique approuvé par l'école.

Sur la base de ces données, deux pairs virtuels ont été développés, capables de s'engager dans les mêmes tâches scientifiques que celles qui étaient accomplies par les dyades enfant-enfant. Leur apparence était identique et ambiguë sur le plan ethnique (cela avait été évalué au préalable avec des enfants du même groupe d'âge), ils étaient habillés de manière identique, et tous deux s'appelaient Alex. Afin de réduire autant que possible toute source de différence entre les deux pairs virtuels, leurs deux styles de discours – une version prononcée en anglais vernaculaire afro-américain et une autre en anglais scolaire – ont été enregistrés par une même actrice, maîtrisant les deux dialectes.

Cependant, leur utilisation du dialecte était différente, bien que le contenu de ce qu'ils disaient et le son de leur voix restât le même. Dans un premier cas (mono-dialectal), le pair virtuel ne parlait que l'anglais américain courant, à la fois pendant le brainstorming sur la tâche scientifique sur laquelle il travaillait avec un enfant de huit-neuf ans et pendant la présentation de leur

travail à l'enseignant. Dans un deuxième cas (bi-dialectal), l'enfant virtuel a d'abord réfléchi avec l'enfant réel en anglais vernaculaire afroaméricain, puis est passé à l'anglais courant pour s'entraîner pour la présentation à l'enseignant.

Ces deux pairs virtuels ont été utilisés dans une série d'expériences sur la corrélation entre l'utilisation du dialecte chez les pairs et l'utilisation de ce que l'on appelle le « discours scientifique » (plus précisément appelé « discours scientifique ratifié par l'école » ou approuvé par l'enseignant). Le discours scientifique est l'utilisation d'un langage qui indique que les enfants observent, posent des questions, raisonnent sur ce qu'ils observent et recueillent des preuves pour étayer leurs croyances. Le discours scientifique concerne le raisonnement et est indépendant du dialecte parlé.

Dans les deux cas, juste avant de commencer à s'entraîner pour la présentation à l'enseignant, le *pair virtuel* disait : « Mon professeur apprécie que j'utilise l'anglais scolaire, alors faisons de notre mieux. » Une évaluation de l'utilisation du discours scientifique par les enfants avant et après l'étude nous a permis d'évaluer son évolution selon les cas étudiés. Nous avons également évalué l'entente entre l'enfant et le *pair virtuel*, comme une mesure quantifiable de l'interaction sociale positive. Suite aux travaux de la psychologue sociale Nalini Ambady (Ambady et Rosenthal, 1992), l'entente a été évaluée par des spectateurs naïfs, à qui l'on a présenté une vidéo de l'interaction entre l'enfant et le *pair virtuel*, qui avait été divisée en tranches de trente secondes et mis dans un ordre aléatoire. La consigne était simplement la suivante : « La connivence est un sentiment d'harmonie ou d'entente. Veuillez évaluer chaque tranche de 30 secondes pour son niveau de connivence (1-7) ».

Les résultats ont montré que, lorsqu'ils travaillaient avec l'agent Alex bi-dialectal, les enfants utilisaient plus le discours scientifique que les enfants qui travaillaient avec le *pair virtuel* mono-dialectal. Cependant, une analyse plus approfondie a révélé qu'il y avait un facteur intermédiaire qui était responsable de la plupart des résultats, à savoir l'intensité du sentiment d'être en connexion avec l'enfant virtuel parlant en dialecte. En d'autres termes, lorsque les enfants ressentaient une connivence avec le *pair virtuel*, ils étaient plus susceptibles d'utiliser un discours scientifique – quel que soit le dialecte parlé par l'agent. Cependant, les résultats ont montré qu'ils se sentaient plus en connivence avec l'agent bi-dialectal – un agent qui parlait comme eux. En fait, ce résultat était plus fort pour les élèves en difficulté dont les notes en lecture étaient les plus faibles, et qui avaient le plus besoin de soutien dans les



classes où il n'y avait pas assez d'enseignants pour offrir une attention individuelle à chaque enfant.

Une étude similaire, conduite sur une période de six semaines, a montré également que les enfants travaillant avec le *pair virtuel* bi-dialectal produisaient davantage de discours scientifique lorsqu'ils préparaient la présentation pour l'enseignant. Ce résultat était en partie dû au fait que, contrairement à la relation de coopération entre l'enfant et l'agent bi-dialectal, de nombreux enfants travaillant avec le *pair virtuel* mono-dialectal refusaient simplement de faire une présentation. Comme l'a dit un élève au *pair virtuel* : « Je déteste faire ça chaque semaine avec toi, tu sais ça ? ». Ces deux systèmes de pairs virtuels montrent qu'il existe des situations pour lesquelles l'IA ne signifie pas la fin de l'interaction sociale. Au contraire, la capacité du *pair virtuel* à s'engager dans une interaction sociale positive, caractérisée par l'entente, joue un rôle clé dans l'amélioration de la performance du système (à savoir, sa capacité à enseigner l'écriture, la lecture ou les sciences). Par ailleurs, cette capacité interactionnelle du système joue également un rôle essentiel pour aider les scientifiques à comprendre l'utilisation du langage à l'école.

#### ENSEIGNER À UN AGENT ARTIFICIEL APPRENANT : LES EFFETS DE L'ALIGNEMENT

Alors que les pairs virtuels comme ceux décrits ci-dessus peuvent jouer tous les rôles que les enfants réels jouent dans la collaboration entre camarades, les *agents apprenants* sont une sorte de *pair virtuel* conçu spécifiquement pour permettre aux enfants d'apprendre en enseignant. Il a été démontré que les *agents apprenants* augmentent la confiance et l'auto-efficacité des élèves ainsi que leur motivation à apprendre, car les élèves se sentent responsables du succès de leur *agent apprenant* et ont ainsi davantage confiance en leur propre capacité à apprendre (Rohrbeck *et al.*, 2003 ; Cohen *et al.*, 1982 ; Chase *et al.*, 2009). Les agents apprenants peuvent également aider les enfants à accroître leurs connaissances dans un domaine grâce à ce que l'on appelle l'*effet tuteur*, selon lequel les « enfants-tuteurs » ont tendance à apprendre davantage que leurs « élèves » (Biswas *et al.*, 2005). Il a été avancé que l'effet tuteur est dû à la réflexion des élèves sur la meilleure façon d'enseigner un sujet donné et au remaniement ou à l'élaboration de la matière que l'*agent apprenant* ne comprend pas. Les travaux antérieurs sur les agents apprenants n'ont cependant pas examiné l'interaction entre la pratique du tutorat, le comportement social et les gains d'apprentissage de l'élève.

Dans ce qui suit, des agents apprenants ont été utilisés pour mieux comprendre le mécanisme qui sous-tend la relation entre l'interaction sociale et les bénéfices pour l'apprentissage. Des élèves qui étudiaient l'algèbre ont été présentés à un *agent apprenant* nommé Stacy, mis en œuvre sur la plateforme SimStudent (Matsuda *et al.*, 2011), qui permet aux chercheurs d'expérimenter avec des agents apprenants. On a proposé aux enfants d'aider Stacy à apprendre à résoudre des équations à deux inconnues pour l'aider à réussir quatre sections d'un quiz. Les élèves ont travaillé avec Stacy sur la plateforme SimStudent pendant deux sessions de quatre-vingt-dix minutes pour lui montrer des équations linéaires et lui faire un retour alors qu'elle essayait à son tour de résoudre ce type de problème. Des tests effectués en amont et en aval avec les élèves ont fourni des informations concernant leur apprentissage de la matière grâce à l'enseignement à Stacy. Nous avons également demandé aux élèves de parler à voix haute pendant qu'ils enseignaient à Stacy. Les protocoles de « réflexion à voix haute » comme celui-ci sont de bons moyens pour accéder aux processus qui sous-tendent les performances cognitives. Dans ce cas, nous voulions savoir si les élèves allaient s'engager dans une relation sociale avec Stacy pendant qu'ils lui montraient des équations linéaires et si cette interaction sociale serait en corrélation avec les bénéfices d'apprentissage de l'élève en algèbre.

Les élèves n'avaient guère de difficultés à verbaliser leurs pensées lorsqu'ils travaillaient. Ils ont décrit leur façon d'aborder le tutorat, ce qui fonctionnait et ce qui ne fonctionnait pas dans ce processus. Nous avons également constaté que certains élèves parlaient à haute voix de la performance de Stacy, en se référant à elle à la troisième personne, par exemple « OK, Stacy ne comprend pas la partie distributive ». Nous avons appelé cette façon de parler de Stacy un « alignement externe ». D'autres ont parlé directement à Stacy de sa performance, en se référant à elle à la deuxième personne. Nous avons appelé cela un « alignement interne ». Certains commentaires dans le cadre de l'alignement interne étaient positifs, par exemple « *Tu as réussi, Stacy. Félicitations !* » ou « *Oh, Stacy, tu étais si proche !* ». D'autres commentaires étaient assez négatifs, par exemple « *Tu as eu de la chance, Stacy* » ou « *Arggh, tu m'ennuies tellement !* ». Certains élèves ont conservé une forme d'alignement pendant tout le temps passé avec Stacy, tandis que d'autres sont passés d'un alignement interne à un alignement externe et vice-versa.

À notre grande surprise, les résultats ont démontré que, contrairement aux études réalisées précédemment par d'autres chercheurs, lorsque les étudiants parlaient de ce que Stacy comprenait ou non et de la façon dont ils allaient

procéder pour lui enseigner comment faire (ce qui s'appelle « élaboration du matériel » dans les recherches de tutorat), ils avaient moins de chances d'apprendre. Une analyse plus approfondie a cependant montré que la corrélation négative entre l'élaboration et les gains d'apprentissage s'expliquait par le fait que, lorsque les élèves commençaient à expliquer à haute voix la compréhension du matériel par Stacy, ils adoptaient une perspective d'alignement externe. Ils cessaient de la désigner par « tu » et commençant à la désigner par « elle » ou « ça ». Par conséquent, un défaut d'alignement semble nuire à l'apprentissage.

En fait, dans l'ensemble, nous avons constaté que le fait de s'éloigner d'une communication directe avec Stacy en parlant à son propos était le comportement le plus négativement corrélé à l'apprentissage que tout autre comportement que nous avons observé. En examinant de plus près la posture d'alignement interne avec Stacy, nous avons également trouvé un résultat inattendu : les gestes sociaux négatifs, tels que les taquineries et les menaces à la face, faits directement à Stacy, étaient les comportements les plus corrélés avec l'apprentissage par l'enfant ! Il s'agit de commentaires tels que « *Stacy, que fais-tu !* » ou « *Ce n'est pas du tout correct* ». Bien qu'inattendus, ces résultats, lorsqu'ils sont pris ensemble, soulignent l'importance de la collaboration, de la coopération et de la création d'une alliance dans l'interaction humain-système. C'est lorsque les étudiants se sont éloignés de Stacy et ont commencé à traiter le système comme un « ça » plutôt que comme un « tu » qu'ils ont le moins appris. C'est lorsqu'ils ont ressenti une connivence suffisante avec elle pour la taquiner qu'ils ont appris davantage. Stacy était une des premières versions d'un *agent apprenant*, incapable de répondre aux propos de l'enfant. Combien plus enrichissantes pourraient être les interactions, du point de vue social et de la tâche, si Stacy pouvait répondre !

## CONCLUSION : CONCEVOIR UNE IA QUI SUSCITE L'INTERACTION SOCIALE

Certains ont affirmé que les technologies numériques signifient la fin de la conversation et donc de l'empathie (entre autres Turkle, 2015a). Je crois, au contraire, que ce ne sont pas les technologies qui détiennent le pouvoir de mettre fin à la conversation. C'est nous. Et l'empathie naît non pas du fait de parler aux autres, mais de les écouter. Le type de déterminisme technologique qui blâme les machines parce qu'elles diminuent notre désir de converser peut empêcher des changements positifs dans la nature de la

conception technologique. Par exemple, notons que dans les cas des pairs virtuels capables de construire des relations de connivence, Sam et Alex, et de l'*agent apprenant* Stacy, ce que l'on entend par interaction sociale n'est en aucun cas un bavardage ou une simple petite conversation comme celles se déroulant autour d'une fontaine d'eau ou en attendant un bus. L'interaction sociale dans les contextes de tâches que j'ai décrits implique la création d'un lien autour de la collaboration à cette tâche. Contrairement aux chats actuels tels que Xiaoice (Zhou *et al.*, 2019) ou aux assistants vocaux domestiques tels qu'Alexa, la construction d'un pacte est quelque chose qui repose sur le partage d'une tâche et d'objectifs sociaux, ainsi que sur le fait que des objectifs individuels changent en fonction des objectifs de son partenaire. Il ne s'agit pas simplement de parler pour passer le temps. Mais pour comprendre comment créer des machines capables de s'engager dans une collaboration étroite de ce type, nous devons nous écouter pour comprendre comment cela se passe réellement entre humains, puis modéliser ces capacités dans des machines coopératives. L'IA sociale du type que j'ai décrit ici peut jouer un rôle important dans la découverte de ces formes de comportement humain et un rôle tout aussi important pour le soutenir dans l'interaction homme-machine. C'était l'objectif de Gregory Bateson, Norbert Wiener, Margaret Mead et des autres participants aux *Macy Conferences* – construire des systèmes qui pourraient s'engager dans des boucles de rétroaction –, ce que nous appellerions aujourd'hui des « systèmes adaptatifs ». Des systèmes qui s'adaptent non seulement à l'évolution de l'environnement, mais aussi à la tâche et aux besoins sociaux de leurs partenaires humains.

---

 RÉFÉRENCES
 

---

AMBADY N., ROSENTHAL R. (1992), « Thin slices of expressive behavior as predictors of interpersonal consequences: A meta-analysis », *Psychological Bulletin*, vol. 111, n° 2, p. 256-274.

ASIMOV I. (1967), *Le Livre des Robots*, traduit de l'américain par P. Billon, Paris, Éditions OPTA, [*Runaround. I, Robot*, The Isaac Asimov Collection (ed.), New York City, Doubleday, 1950].

BISWAS G., SCHWARTZ D., LEELAWONG K., VYE N., TAG V. (2005), « Learning By Teaching: A New Agent Para-digm for Educational Software », *Applied Artificial Intelligence*, vol. 19, p. 363-392.

BRANN N. (1981), *The Abbot Trithemius (1462-1516): The Renaissance of Monastic Humanism*, vol. 24 of « Studies in the history of Christian thought », Leiden, Brill.

CAREY J. W. (1983), « Technology and Ideology: The Case of the Telegraph », *Prospects*, vol. 8, p. 303-325.

CASELL J. (2004), « Towards a Model of Technology and Literacy Development: Story Listening Systems », *Journal of Applied Developmental Psychology*, vol. 25, n° 1, p. 75-105.

CASELL J. (2009), « Culture as Social Practice: Being Enculturated in Human-Computer Interaction », in C. Stephanidis (Ed.), *Proceedings of HCI*, published as Universal Access in HCI, Part III. Berlin-Heidelberg, Springer, p. 303-313.

CASELL J., ANANNY M., BASU A., BICKMORE T., CHONG P., MELLIS D., RYOKAI K., VILHJALMSSON H., SMITH J., YAN H. (2000), « Shared Reality: Physical Collaboration with a Virtual Peer », *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI)*, April 4-9, Amsterdam, p. 259-260.

CASELL J., CRAMER M. (2007), « Hi Tech or High Risk? Moral Panics about Girls Online », in T. MacPherson (Ed.), *Digital Youth, Innovation, and the Unexpected: The MacArthur Foundation Series on Digital Media and Learning*, Cambridge, MA, MIT Press, p. 53-75.

CHASE C., CHIN D., OPPEZZO M., SCHWARTZ D. (2009), « Teachable Agents and the Protégé Effect: Increasing the Effort Towards Learning », *Journal of Science Education and Technology*, vol. 18, p. 334-352.

COHEN S. (1972), *Folk Devils and Moral Panics*, London, MacGibbon and Kee.

COHEN P., KULIK J., KULIK C. (1982), « Educational Outcomes of Tutoring: A Meta-analysis of Findings », *Journal of Educational Research*, vol. 19, n° 2, p. 237-248.

- COONEY J. G. (1974), « Foreword », in G. S. Lesser (Ed.), *Children and Television: Lessons from Sesame Street*, New York, Vintage Books.
- DAVIS R. E. (1976), *Response to innovation: A study of popular argument about new mass media*, New York, Arno Press.
- FINKELSTEIN S., YARZEBINSKI E., VAUGHN C., OGAN A., CASSELL J. (2013), « The effects of culturally-congruent educational technologies on student achievement », in *Proceedings of Artificial Intelligence in Education (AIED)*, July 09-13, Memphis, TN.
- FLICHY P. (1991), *Une histoire de la communication moderne. Espace public et vie privée*, Paris, La Découverte.
- GATLIN B., WANZE J. (2015), « Relations Among Children’s Use of Dialect and Literacy Skills: A Meta-Analysis », *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, vol. 58, n° 4, p. 1306–1318, [https://doi.org/10.1044/2015\\_JSLHR-L-14-0311](https://doi.org/10.1044/2015_JSLHR-L-14-0311) (consulté le 6 mars 2020).
- GLADWELL M. (2009), « How underdogs can win », *The New Yorker Magazine*. Published in the print edition of May 11, 2009, <https://www.newyorker.com/magazine/2009/05/11/how-david-beats-goliath> (consulté le 10 mars 2020).
- GONCU A. (1993), « Development of intersubjectivity in the dyadic play of pre-schoolers », *Early Childhood Research Quarterly*, vol. 8, p. 99-116.
- LEE C.D. (1997), « Bridging Home and School Literacies: Models for Culturally Responsive Teaching. A Case for African American English: Research on Teaching the Communicative and Visual Arts », in *A Handbook for Literacy Educators: Research on Teaching the Communicative and Visual Arts*, New York, Macmillan Publishing Company, p. 334-345.
- LENAT D. (1983), « EURISKO: A program that learns new heuristics and domain concepts », *Artificial Intelligence*, vol. 21, n° 1-2, p. 61-98.
- MARVIN C. (1988), *When Old Technologies Were New*, New York, Oxford University Press.
- MATSUDA N., YARZEBINSKI E., KEISER V., RAIZADA R., STYLIANIDES G., COHEN W. W. (2011), « Learning by Teaching SimStudent – An Initial Classroom Baseline Study comparing with Cognitive Tutor », in *Proc AIED 2011*, Springer, p. 213-221.
- MBOGHO A., DAVE J., MAKHUBELE K. (2014), « Diabetes Advisor – A Medical Expert System for Diabetes Management », in T. Bissyandé, G. van Stam (Eds.), *e-Infrastructure and e-Services for Developing Countries*, AFRICOMM 2013, Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering, vol. 135. Cham, Springer.
- MCCARTHY J., MINSKY M., ROCHESTER N., SHANNON C. E. (1955), *A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*.

Retrieved from Ray Solomonoff archive: <http://jmc.stanford.edu/articles/dartmouth/dartmouth.pdf> (consulté le 9 mars 2020).

NATIONAL CENTER FOR EDUCATION STATISTICS (2019), *National Assessment of Educational Progress: an overview of NAEP*. [Washington, D.C.], National Center for Education Statistics, Institute of Education Sciences, U.S. Dept. of Education. NCE 2019-153, [https://nces.ed.gov/nationsreportcard/subject/about/pdf/NAEP\\_Overview\\_Brochure\\_2018.pdf](https://nces.ed.gov/nationsreportcard/subject/about/pdf/NAEP_Overview_Brochure_2018.pdf). (consulté le 9 mars 2020).

PINTO R. Z., FERREIRA M. L., OLIVEIRA V. C., FRANCO M. R., ADAMS R., MAHER C. G., FERREIRA P. H. (2012), « Patient-centred communication is associated with positive therapeutic alliance: a systematic review », *J Physiotherapy*, vol. 58, n° 2, p. 77-87.

PREECE A. (1992), « Collaborators and critics: The nature and effects of peer interaction on children's conversational narratives », *Journal of Narrative and Life History*, vol. 2, n° 3, p. 277-292.

KLINE R. (2011), « Cybernetics, Automata Studies, and the Dartmouth Conference on Artificial Intelligence », in *IEEE Annals of the History of Computing*, vol. 33, n° 4, p. 5-16.

RADER E., ECHELBARGER M., CASSELL J. (2011), « Brick by Brick: Iterating Interventions to Bridge the Achievement Gap with Virtual Peers », in *Proceedings of the CHI'11 Conference*, May 9-12, Vancouver, BC.

ROHRBECK C. A., GINSBURG-BLOCK M. D., FANTUZZO J. W., MILLER T. R. (2003), « Peer-assisted learning interventions with elementary school students: A meta-analytic review », *J. of Educ. Society*, vol. 95, n° 2, p. 240-257.

RUSSELL S. J. (2019), *Human Compatible: Artificial Intelligence and the Problem of Control*, Viking.

SNOW C. E. (1983), « Literacy and Language: Relationships during the Preschool Years », *Harvard Educational Review*, vol. 53, n° 2, p. 165-189.

SPIGEL L. (1992), *Make Room for TV: Television and the Family Ideal in Postwar America*, Chicago, IL, University of Chicago Press.

STANDAGE T. (1998), *The Victorian Internet: the remarkable story of the telegraph and the nineteenth century's online pioneers*, New York, Walker and Co.

TEALE W. H., SULZBY E. (1986), *Emergent Literacy: Writing and reading*, Norwood, NJ, Ablex.

TURKLE S. (2015a), *Reclaiming Conversation: The Power of Talk in a Digital Age*, New York, Penguin Press.

TURKLE S. (2015b), *Seuls ensemble : de plus en plus de technologies, de moins en moins de relations humaines*, Paris, L'Échappée [*Alone together: why we expect more from technology and less from each other*, New York, Basic Books, 2011].

TURNER F. (2013), *The Democratic Surround: Multimedia and American Liberalism from World War II to the Psychedelic Sixties*, Chicago, IL, University of Chicago Press.

WALT K. (1961), « Pogo Primer for parents (TV Division) ». Children's Bureau Headliner Series, number 2, US Dept. of Health Education and Welfare, Social Security Administration, Children's Bureau.

WALTER BARUCH D. (1998) [1949], « The Play's the Thing », in H. Jenkins (Ed.), *The Children's Culture Reader*, NYU Press, p. 493-495.

WARTELLA E., REEVES B. (1985), « Historical trends in research on children and the media: 1900-1960 », *Journal of Communication*, n° 35, p. 118-133.

WEIZENBAUM J. (1976), *Computer Power and Human Reason: From Judgement to Calculation*, New York, Freeman and Co.

WIENER N. (2014), *La cybernétique. Information et régulation dans le vivant et la machine*, Paris, Seuil, coll. « Sources du savoir » [*Cybernetics, or, Control and communication in the animal and the machine*, Cambridge MA: Technology Press, 1948].

WILEY T., LUKES M. (1996), « English-Only and Standard English Ideologies in the U.S. », *TESOL Quarterly*, vol. 30, n° 3, p. 511-535.

ZHOU L., GAO J., LI D., SHUM H.-Y. (2019), « The Design and Implementation of XiaoIce, an Empathetic Social Chatbot », ArXiv:1812.08989 [Cs], September 14, 2019. <http://arxiv.org/abs/1812.08989> (consulté le 9 mars 2020).