UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE L'OUEST (FRANCE)

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE : FACULTÉ D'ÉDUCATION (CANADA)

THÈSE DE DOCTORAT

Pour l'obtention du grade de Docteur

(Programme Doctorat: Éducation, Carriérologie et Éthique)

et du grade de Philosophiæ Doctor (Ph. D.) (Programme Doctorat en Éducation)

Présentée par

BAHIER (Bahier Michel) Livia

Étude exploratoire et instrumentée des facteurs d'acceptance des robots sociaux: cas d'étude en vue de la formation de salariés francophones du secteur tertiaire.

Doctorat sous la cotutelle internationale du Pr. Guy MINGUET (Institut Mines-Télécoms Atlantique, Professeur associé à Université Catholique de l'Ouest, Faculté de Droit, Économie, Gestion) et du Pr. Vincent GRENON (Faculté d'Éducation de l'Université de Sherbrooke).

Soutenue à Angers, le 07 juin 2021[1].

Devant le jury composé de :

Pr. Marc-Éric BOBILLIER-CHAUMON	Président (CNAM Paris)
Pr. Guy MINGUET	Co-Directeur de Thèse (IMT, UCO)
Pr. Vincent GRENON	Co-Directeur de Thèse (UdeS)
Pr. Benoît RAVELEAU	Membre du jury (UCO)
Pr.e Caroline FITZPATRICK	Membre de jury (UdeS)

© Livia BAHIER, 2021

[1] Soutenue en format hybride : à Angers, France et via TEAMS pour les participants en distanciel.

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier la Professeure Caroline Fitzpatrick, le Professeur Marc-Éric Bobillier Chaumon et Professeur Benoît Raveleau d'avoir accepté de participer à mon jury de thèse.

J'adresse un grand merci à mes directeurs de thèse, les Professeurs Guy Minguet et Vincent Grenon qui ont constitué une équipe très complémentaire. J'ai beaucoup appris avec vous deux et j'espère encore partager de prochaines collaborations des deux côtés de l'Atlantique:

- Guy, tu as été mon mentor depuis le DESS où tu avais déjà dirigé mon mémoire sur le recrutement par Internet. Et nous nous sommes retrouvés 20 ans plus tard pour boucler la boucle de l'étude de l'impact des technologies sur le futur du travail avant ton départ en retraite.
- Vincent, nous nous sommes trouvés rapidement sur nos objets de recherche liés aux technologies dans l'éducation et le développement des compétences. Tu m'auras fait ''basculer du côté obscur'' des méthodes quantitatives avec la rigueur et la bienveillance qui te caractérisent à la fois!

À nos Professeurs en charge de la cotutelle SherAnge avec mention spéciale:

- Professeur Bertrand Bergier (merci pour toutes tes attentions, de tes feedbacks toujours constructifs au kit bouilloire/café/petits gâteaux pour chaque regroupement… quand nous pouvions nous retrouver en présentiel!);
- Professeur Jean-Claude Coallier, coordinateur de la cotutelle SherAnge à Sherbrooke;
- Professeure Johanne Bédard et Professeur François Larose (un grand merci pour ces intensifs si riches, votre duo irremplaçable, ce mentorat sans faille sur place comme à distance, et pour m'avoir donné le goût de la méthodologie de recherche et des normes APA, sans oublier les soirées de partages culturels et culinaires!).
- Madame Yolande Gaurion du Pôle Recherche de l'UCO et son homologue au Québec Madame Francine Côté et toute l'équipe pfes.education.

À mes très chers camarades de la cohorte de Doctorat ECE 2015: Clarisse, Séverine, Florent, Jawad, Priscilla, Anne, Jamel, Rytta, Madeleine, Kalgon, Suzanne et Esther Adeline (sans oublier nos prédécesseurs: Lyne, Alban, Nicole, Gwénola, Béatrice…). Nos partages professionnels et intellectuels, mais aussi les échanges plus personnels et autres fous-rires, ont fait de ce travail une véritable aventure collective et émouvante.

Au Père Alain Rodrigue et toute la Communauté Marian Hill de Sherbrooke pour votre accueil familial chaque été ou presque depuis août 2016, dans un cadre irremplaçable.

Aux concepteurs de robots et développeurs de développeurs de logiciels, spécialistes en I.A.:

- Rodolphe Hasselvander et Jean-Michel Mourier de Blue Frog Robotics;
- Franck Calzada, Thomas Pennarun et Julien Joliff de Intuitive Robots;
- Xavier Basset, Cyril Maîtrejean et Amélie Cordier de Hoomano;

Qui m'ont ouvert leurs portes et partagé leurs expériences dans le domaine de la robotique et ses usages tout au long de cette étude.

À mes Compagnons de salons robotiques Isabelle et Bastien (Zozio)!
À Micka.

Et bien sûr à mes Collègues: je ne pourrai pas tous vous citer au risque d'en oublier, mais merci de m'avoir encouragée, écoutée, questionnée, mise en relation avec vos réseaux professionnels (Judith D., François F., Thomas C., Florent)...

- À mes Managers: Nadia Nardonnet et Alain Thibault; Dominique Duquesnoy; Julien Lever (entre fans de Star Wars et de robots!), Thierry Auzias, Marc Sabatier et Alain Riberry qui m'ont donné la possibilité de clôturer cette thèse avec succès.
- Un grand merci aux membres de mon groupe-test, aux 206 participants à mon étude de validation, ainsi qu'à la deuxième cohorte d'étude de 40 personnes.
- J'adresse une mention spéciale aux membres de mon comité d'experts et en particulier à ma chère amie Elaine, à l'équipe R&D de PerformanSe (Alexandra, Arnaud, Mélany et Raphaël), à John et Théo, à Yann, à Charline, à François D. et Fabien.

À mes Amis relecteurs.rices précieux et attentifs des différentes épreuves: Caroline, Elaine, Arnaud ''Le Doc'', Erwan, Jean, Séverine, Nicolas C. et bien sûr Sébastien.

Et un grand remerciement aux équipes bénévoles d'aide à la rédaction, d'un renfort de motivation collective insoupçonnée pour ma dernière ligne droite d'écriture: Thésez-vous, Paren(thèse) et Réd-action, avec mention spéciale aux ''Colocs'' qui se reconnaîtront ;).

À ma Famille et mes Proches:

- En premier lieu mes parents Margherita & Patrick (merci d'avoir toujours cru en moi et m'avoir encouragée à « avoir toujours une longueur d'avance »!); mon frère Marco, Jessica, Maïa et Théodore;
- Roland, Matthieu et Rachel, Chloé et Juliette;

Et tous mes ami.e.s qui m'ont soutenue tout au long de ce parcours et qui ont su me proposer aussi des moments de détente et de partage pour me ressourcer. Je n'y serai pas arrivée sans vous!

Et bien sûr à mon mari Sébastien et nos merveilleux enfants Elea et Arthus, sans qui rien n'aurait été possible. Cet intense mais riche parcours aurait été invivable sans votre soutien et votre compréhension, même dans les moments de doute (et il y en a eu… beaucoup!), sans parler des inégalables capacités de planification et d'organisation de mon cher et tendre (auprès de qui j'ai beaucoup appris en pilotage de projet). Et clin d'œil à Nougat, mon plus fidèle compagnon de télétravail.

J'espère avoir transmis à Arthus, entre autres, la confiance en soi, la persévérance, l'ouverture d'esprit et peut être le goût de la recherche scientifique? J'espère avoir partagé ces qualités à Elea aussi, en espérant qu'elle aura également le courage d'oser, ainsi que l'envie de se battre pour ses convictions, tant en tant que femme que citoyenne du Monde! Et vice-et-versa ;).

Résumé

Dans un contexte d'automatisation d'activités et de développement de l'I.A., des robots sociaux sont déployés dans le secteur tertiaire. Se pose le sujet de la formation des salariés concernés par l'usage de robots, en commençant par le processus d'acceptance et d'adoption effective (ou de rejet) par ces travailleurs. La recherche menée vise à répondre à la question: quels sont les facteurs déterminants dans l'étude de ces processus en situation d'activité professionnelle?

Notre objectif général de recherche a été d'étudier le processus d'adoption d'un robot social, amorcé par l'acceptance robotique, par les salariés francophones dans le secteur tertiaire (services), afin de les accompagner dans leur montée en compétences. Nos objectifs spécifiques étaient d'élaborer et de valider un questionnaire de mesure des attitudes des travailleurs vis-à-vis d'un robot social.

En termes méthodologiques, nous présentons une étude de type exploratoire à visée descriptive. Le cœur de la méthode est quantitatif avec l'élaboration et la validation de l'instrument. Notre Questionnaire d'Acceptance des Robots Sociaux intègre le *T.A.M.* de Davis (1989), des échelles du *Godspeed Questionnaire* de Bartneck *et al.* (2009) et de la *N.A.R.S.* de Nomura, Kanda et Suzuki (2006), avec des *items* additionnels adaptés au robot social. Nous avons traité les données de validation par analyse factorielle exploratoire (A.F.E.) et estimation de fidélité: consistance interne et fidélité temporelle (test / retest).

En termes de résultats, le Q.A.R.S.© (60 *items*, 10 facteurs) pourrait être bonifié par des études de validation complémentaires, mais il est accessible immédiatement pour des études applicatives.

Mots-clés

Andragogie (formation des adultes en situation de travail), éducation à la robotique, robot social, processus d'adoption, Modèle d'Acceptance des Robots Sociaux au Travail (M.A.R.S.@T.), attitudes, validation de questionnaire, analyse factorielle exploratoire (A.F.E.).

Exploratory and instrumented study of the factors of acceptance of social robots: case study for the training of French-speaking employees, working in the tertiary sector.

Abstract

In a context of automation of activities and development of AI, social robots are deployed in the tertiary sector. Thus, the issue of the training of employees using robots arises, starting with processes of acceptance and effective adoption (or rejection) by these workers. The research carried out aims to answer the question: what are the determining factors to study these processes in a professional activity?

Our general research objective has been to study the process of adoption of a social robot, initiated by robot acceptance, by French-speaking employees in the tertiary sector (services), to eventually support them in their skills development. Our specific objectives were to develop and validate a questionnaire to measure workers' attitudes of a social robot.

In methodological terms, we present an exploratory type of study with a descriptive aim. The heart of the method is quantitative with the development and validation of the tool. Our Social Robot Acceptance Questionnaire integrates the T.A.M. from Davis (1989), scales from Bartneck et al.'s (2009) Godspeed Questionnaire and the N.A.R.S. by Nomura, Kanda & Suzuki (2006), with additional items adapted to social robot. We processed the validation data by exploratory factor analysis (E.F.A.), reliability analysis: internal consistency and estimation of temporal reliability (test-retest method).

In terms of results, the S.R.A.Q.© (60 items, 11 factors) could still be improved by additional validation studies, but it is immediately accessible for application studies.

Key words

Continuing education (lifelong learning on the job), robotics education, social robot, process of adoption, Social Robot Acceptance Model at Work (S.R.A.M.@W.), attitudes, questionnaire validation, exploratory factor analysis (E.F.A.).

Avant-propos: retour sur les liens recherche / formation / pratique de l'auteure

Notre entrée en thèse s'est appuyée sur une histoire personnelle et professionnelle, où l'intérêt porté à la robotique humanoïde s'ancre dans une expérience de professionnelle de la formation pour adultes et du conseil en accompagnement des transformations. Notre parcours a toujours associé outils numériques, digitalisation, modules *e-learning* et solutions informatiques d'évaluations comportementales et cognitives[2].

Ainsi, comme une étape naturelle dans notre parcours d'ingénierie pédagogique, nous ne nous voyions pas passer à côté de cette technologie éducative innovante qu'est la robotique. Notre *credo* professionnel (comme personnel d'ailleurs) a toujours été: « *plutôt que craindre la technologie, apprivoise-là pour mieux la maîtriser et anticiper les changements à venir!* ». Dès 2015 (et sans doute même avant), notre intuition a été que cet objet allait devenir de plus en plus présent dans notre quotidien, comme si les romans d'Asimov allaient devenir réalité…

En tant que praticienne (formatrice / consultante en développement des talents et accompagnement du changement[3]), nous avons pu à plusieurs reprises constater la difficulté, même pour des professionnels aguerris, d'accepter d'utiliser des technologies qui leur semblaient remettre en cause leurs compétences et leur identité professionnelle, au sens de Sainsaulieu (2014). Pensons notamment aux situations des formateurs (dans le cadre de certifications professionnelles pour adultes), qui ont dû s'adapter aux modalités de formation à distance via des systèmes d'animation en ligne tels que *Skype* ou *Webex*, perturbant leur dynamique de relation à l'apprenant et oubliant que leurs connaissances n'étaient pas effacées par le dispositif technique. La crainte d'un problème technique peut pousser ces acteurs, de part et d'autre, à refuser complètement la situation ou à tenter de l'éviter, la considérant donc comme inacceptable[4]. Quand nous avons commencé à nous intéresser plus avant à l'introduction de

[2] Point de départ de la réflexion qui nous a menée en thèse doctorale: en tant que manager d'une équipe d'une dizaine de consultants - formateurs, nous avons dû faire face à de nombreuses tentatives de retour en arrière tant de la part des animateurs de formation, que des commerciaux vendant ces dispositifs, voire de certains clients face à l'outil informatique (qui n'était que le média, support du contenu pédagogique à partager). Ils se bloquaient dès l'annonce d'une formation à distance (programmée par leur entreprise) pensant ne pas être capables de s'y connecter. Certains n'essayaient même pas malgré les tutoriels et aides proposés.

[3] Au sein de l'entreprise PerformanSe, filiale du Groupe Julhiet Sterwen (JS), de 2002 à 2019, puis Manager – Consultante en accompagnement des transformations chez JS depuis mars 2019 (mobilité interne pendant le doctorat).

[4] Phénomène de nouveau observé en 2020 lors de la pandémie Covid-19 où des professeurs d'université et des formateurs pour adultes ont refusé d'enseigner à distance par manque d'aisance avec les outils de téléformation.

robots comme assistants pédagogiques (qui en tant qu'objets connectés peuvent faciliter l'accès à Internet et autres ressources numériques), les réactions ont été partagées entre les ‘‘curieux’’ et les ‘‘craintifs’’, mais peu prêts à un passage à l'acte réel. Ces observations pratiques nous ont amenée à vouloir comprendre les processus d'adoption technologique dans l'entreprise dès cette première phase en amont d'un usage régulier. Ainsi, ce type de situations a constitué l'un des points de départ de notre entrée en thèse. Il a amené son questionnement corollaire, à savoir les adultes en apprentissage sont-ils prêts, voire capables, de dépasser leur anxiété et leurs résistances face au dispositif. Ces freins s'inscrivent souvent dans la lignée d'une difficulté ou d'un échec face aux parcours numériques en autonomie tels que les modules *e-learning*, les *MOOC* et les vidéos.

De là est né un besoin de comprendre les nouvelles façons d'apprendre pour les adultes, directement dans leurs cadres et leurs activités de travail en train de se transformer. Cette première thématique a progressivement évolué vers la robotique formative, dans un contexte socio-économique de plus en plus marqué par la rentabilité, la globalité, les coûts, la rapidité et l'agilité. Ce contexte est aussi marqué par des projets de transformation, l'essor de technologies de numérisation plus performantes, ainsi que le développement de l'intelligence artificielle (I.A.), qui affectent l'apprentissage, les métiers, les activités humaines et les compétences pour les exercer.

Après avoir initialement centré notre thématique de recherche (en décembre 2016) sur les usages des robots humanoïdes chez les formateurs d'adultes en entreprise, et leurs trajectoires appropriatives, nous avons conclu que la population des formateurs, plutôt absente des écrits scientifiques explorés, n'était peut-être pas la première concernée par l'adoption de robots dans son activité professionnelle et que ce ciblage pouvait hypothéquer la faisabilité de notre thèse. Nous avons compris que le fait de situer notre doctorat dans le champ des sciences de l'éducation n'impliquait pas nécessairement de travailler sur le métier de formateur. En effet, les notions de formation, d'apprentissages et de désapprentissages, tout au long de la vie, sont centrales dans cette thématique d'accompagnement des transformations numériques. Le développement des compétences des travailleurs impactés (Bahier, 2021) ouvre le champ de l'éducation à la robotique.

Le partenariat académique historique entre l'Université Catholique de l'Ouest (UCO) en France et l'Université de Sherbrooke (UdeS) au Québec nous a permis, grâce à la cotutelle

Sher-Ange, de porter et d'interroger continuellement cette articulation recherche / formation / pratique.

Ce parcours, en forme de boucle itérative et agile, a eu la vertu de nous permettre également de développer des compétences et qualités personnelles. Celles-ci se nourrissent mutuellement entre le monde de la recherche scientifique, le volet académique doctoral et le métier de consultante en accompagnement des transformations (culturelles et numériques) des organisations: gestion de projet, *design thinking*, éthique, analyses statistiques, rédaction, communication, rétroactions, *coaching*, collaboration, conduite du changement…

Nous avons ainsi l'honneur et le plaisir de vous présenter dans cette thèse le fruit de nos travaux, et des réflexions partagées avec tout le corps professoral impliqué, nos camarades de promotion (et de la cohorte précédente), nos collègues, chercheurs, amis et famille, tout au long de ces presque six années très instructives et formatrices.

« Dans la vie, rien n'est à craindre. Tout est à comprendre! »
(Marie Curie, 1867-1934)

Table des matières

Remerciements 2
Résumé 4
Abstract 5
Avant-propos: retour sur les liens recherche / formation / pratique de l'auteure . 6
Liste des tableaux 14
Liste des figures 16
Liste des abréviations, sigles et acronymes Français/ *English* 18
Introduction 20
PREMIER CHAPITRE. PROBLÉMATIQUE: POURQUOI ÉTUDIER LA ROBOTIQUE SOCIALE, DANS UNE VISÉE FORMATIVE, EN CONTEXTE D'ACTIVITÉ PROFESSIONNELLE? 23
1. Contextualisation sociohistorique et géographique: des premiers robots à un déploiement international 23
1.1 Origines du terme robot 25
1.1.1 Étymologie 25
1.1.2 Influence de la science-fiction sur l'imaginaire collectif 26
1.2 Quelques repères historiques du déploiement de la robotique 28
1.2.1 De la numérisation à la robotisation des activités de travail 30
1.2.2 Présence des robots dans le monde: de la robotique industrielle à la robotique de services 32
1.3 Focus sur les robots sociaux 41
1.4 Apport de l'intelligence artificielle: entre mythes et réalités 45
1.5 Aspects éthiques 46
2. Problématisation: usages des robots sociaux dans des activités professionnelles et questions d'acceptation 52
2.1 Première approche du terrain (démonstrations robots et entretiens) 52
2.2 Quelques cas d'usages observés de robots sociaux 57
2.3 Études empiriques sur l'adoption robotique: principaux devis et instruments recensés en robotique sociale 61
2.3.1 Études de robots dans le champ de l'éducation 63
2.3.2 Études de robots dans le domaine des services à la personne 64
2.3.3 Études au sujet de de l'anxiété robotique 69
2.3.4 Synthèse sur les études empiriques 72
3. Problème de recherche 74
4. Question de recherche 78
DEUXIÈME CHAPITRE. CADRE DE RÉFÉRENCE CONCEPTUEL: 79
VERS L'ACCEPTANCE ROBOTIQUE EN SITUATION D'ACTIVITÉ PROFESSIONNELLE 79

1. Définitions des construits à l'étude: acceptabilité, acceptation et adoption ... 79
1.1 Acceptabilité ... 81
1.2 Acceptation ... 83
1.3 Adoption ... 86
1.4 Intégration des modèles théoriques d'acceptance technologique ... 88
2. Facteurs d'acceptation (ou de rejet) des robots démontrés dans les études empiriques et éclairages scientifiques retenus ... 94
2.1 Facteurs techniques et caractéristiques physiques des robots ... 94
2.1.1 Apparence physique des robots sociaux ... 95
2.1.2 Éléments sonores et voix ... 97
2.1.3 Comportements du robot et Interface Homme-Robot ... 98
2.1.4 Modes de déplacement ... 100
2.1.5 Modes d'expression et capacités d'interaction sociales ... 100
2.2 Facteurs psychologiques (liés à l'utilisateur): ''*user acceptance*'' et intention d'usage 102
2.2.1 Attitudes des humains vis-à-vis des robots sociaux ... 102
2.2.2 Intention d'usage ... 104
2.3 Aspects temporels ... 105
2.4 Synthèse ... 108
3. Objectifs de recherche ... 109
TROISIÈME CHAPITRE. MÉTHODOLOGIE. ÉTUDE EXPLORATOIRE: ÉLABORATION ET VALIDATION D'UN INSTRUMENT DE TYPE QUESTIONNAIRE ... 111
1. Type d'étude et devis ... 111
2. Terrain de recherche et population cible ... 113
2.1 Zoom sur le secteur tertiaire ... 113
2.2 Caractéristiques de la population d'étude ... 114
3. Élaboration de l'instrument de recueil des données: le questionnaire ... 116
3.1 Organisation calendaire et détails d'élaboration du questionnaire ... 116
3.1.1 Sections 2.1 et 2.2 ... 118
3.1.2 Section 2.3 ... 119
3.1.3 Section 2.4 ... 120
3.1.4 Section 3 ... 120
3.2 Exemples de robots sociaux utilisables pour la recherche: choix du robot *PEPPER* comme illustration principale du questionnaire ... 121
3.3 Méthodologie de validation du questionnaire: validation de contenu ... 124
3.3.1 Étape de traduction inversée (ou rétro-traduction) ... 124
3.3.2 Comité d'experts ... 125

3.3.3 Retours du pré-test du questionnaire 125
3.4 Phase de validation factorielle de type exploratoire 126
3.4.1 Vérifications préanalyse 128
3.4.2 Extraction et sélection des facteurs 129
3.4.3 Rotation de la matrice 130
3.4.4 Sélection finale et labellisation des facteurs 131
3.5 Estimation de la fidélité du questionnaire 132
3.5.1 Évaluation de la consistance interne des facteurs (Alpha de Cronbach) 132
3.5.2 Création et validation des échelles 132
3.5.3 Phase d'estimation de la fidélité temporelle 132
4. Éthique de la recherche 134
QUATRIÈME CHAPITRE. PRÉSENTATION ET ANALYSE DES DONNÉES ISSUES DES ÉTUDES DE VALIDATION DU Q.A.R.S.© 136
1. Validation de construit via A.F.E. 137
1.1 Premier bloc: questions liées au *T.A.M.* 138
1.1.1 Vérifications préanalyse 139
1.1.2 Extraction et sélection des facteurs 140
1.1.3 Rotation de la matrice 143
1.1.4 Sélection finale et labellisation des facteurs 146
1.1.5 Analyse de la consistance interne des facteurs (via Alpha de Cronbach) 148
1.1.6 Création et validation des échelles 148
1.2 Deuxième bloc: *items* issus du *Godspeed Questionnaire* 149
1.2.1 Vérifications préanalyse 150
1.2.2 Extraction et sélection des facteurs 151
1.2.3 Rotation de la matrice 152
1.2.4 Sélection finale et labellisation des facteurs 153
1.2.5 Analyse de la consistance interne des facteurs 154
1.2.6 Création des échelles 154
1.3 Troisième bloc: questions liées à l'intention d'usage 155
1.3.1 Vérifications préanalyse 156
1.3.2 Extraction des facteurs 157
1.3.3 Rotation de la matrice 158
1.3.4 Sélection finale et labellisation des facteurs 159
1.3.5 Analyse de la consistance interne des facteurs 160
1.3.6 Création des échelles 160
1.4 Quatrième et dernier bloc: questions liées à la *N.A.R.S.* 161

1.4.1 Vérifications préanalyse 162
1.4.2 Extraction et sélection des facteurs 163
1.4.3 Première rotation de la matrice (3e itération A.F.E.) 168
1.4.4 Quatrièmes à sixièmes itérations d'A.F.E. 170
1.4.5 Sélection finale et labellisation des facteurs 177
1.4.6 Analyse de la consistance interne des facteurs 179
1.4.7 Création des échelles 181
2. Présentation des sous-échelles du Q.A.R.S.© validé 182
3. Estimation de la fidélité temporelle de notre instrument 186
CINQUIÈME CHAPITRE. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS ET DISCUSSION 192
1. Retours sur l'élaboration et la validation de contenu du questionnaire Q.A.R.S.© (objectif A - méthodologique) 194
1.1 Apports du comité d'experts 194
1.2 Questions de traductions et d'adaptation culturelle des *items* 195
1.3 Retours du groupe-test 197
1.4 Autres considérations quant à l'élaboration et la péremption du questionnaire Q.A.R.S.© 197
2. Discussion sur la validation factorielle du Q.A.R.S.© (objectif B) 199
2.1 Acceptation robotique 200
2.1.1 Positionnement global quant au *T.A.M.* appliqué à la robotique sociale au travail (PU et PEOU) 201
2.1.2 Plaisir perçu et confiance en la machine (JOYTRUST) 201
2.2 Appréciation robotique (LIKE et INTELL) 202
2.3 Anxiété robotique (ANXR) 203
2.3.1 Anxiété technologique (TECH[ANX]) 204
2.3.2 Interaction homme / robot et impact social (SOCIAL[ANX]) 204
2.3.3 Anxiété cybersécuritaire (CYBER[ANX]) 206
2.3.4 Émotions positives vis-à-vis d'un robot social (EMO+) 207
2.3.5 Conclusion sur l'anxiété robotique 207
2.4 Intention d'Usage (IU) d'un robot social 209
3. Estimation de la fidélité du Q.A.R.S.© (objectif C) 212
3.1 Consistance interne 212
3.2 Fidélité temporelle 212
4. Recommandations complémentaires pour un usage applicatif du Q.A.R.S.© 214
5. Discussion générale 214
5.1 Apports et limites de la thèse 214

5.2 Ouverture vers des recherches applicatives ultérieures 216
Conclusion 219
Références bibliographiques 222
Annexes 230
Annexe A: Cartographie applicative de la solution SPARK développée par Intuitive Robots pour les robots sociaux 231
Annexe B: Formulaire de consentement de l'échantillon de validation factorielle du questionnaire Q.A.R.S.© (version pdf) 232
Annexe C: Affiche et courriel de recrutement de la population de validation factorielle.. 234
Annexe D: Liste des *items* du Q.A.R.S© dans la version de la validation, par blocs thématiques, avec versions sources 236
Annexe E: Déclaration de conformité U.E. du robot PEPPER 241
Annexe F: Fiche solution ''*Flex Worker for innovating offices*'' by *HOOMANO*..... 242
Annexe G: Questionnaire Q.A.R.S.© - version expérimentale - pour la population de validation factorielle (avec formulaire de consentement intégré dans la version en ligne sous *Google Form*) 244
Annexe H: Approbation éthique août 2019 pour l'étude terrain (dont cueillette données auprès de la population de validation)..... 262
Annexe I: Affiche de recrutement du deuxième échantillon de population de validation (fidélité temporelle) 264
Annexe J: Formulaire de consentement de l'échantillon de validation de la fidélité temporelle du questionnaire Q.A.R.S.© - version Test 265
Annexe K: Extrait du formulaire de consentement de l'échantillon de validation de la fidélité temporelle du questionnaire Q.A.R.S.© - version Retest 271
Annexe L: Questionnaire Q.A.R.S.© - version finale validée (incluant la réorganisation des blocs après Discussion), disponible pour études applicatives 273

Liste des tableaux

Tableau 1: Principaux acteurs de la robotique française rencontrés (2015 à 2017 +2019) 52
Tableau 2: Freins et facilitateurs d'adoption supposés des robots sociaux, comme outils de travail, selon des consultants en accompagnement du changement. 55
Tableau 3: Analyse chiffrée des variables de l'étude de De Graaf et Ben Allouch (2013) 65
Tableau 4: Répartition de la population étudiée (De Graaf et Ben Allouch, 2013) 66
Tableau 5: *Items* et construits associés du questionnaire d'acceptation robotique de Louie *et al.* (2014) 67
Tableau 6: *Items* du questionnaire d'enquête de Park et Kim (2013) 68
Tableau 7: Quelques devis méthodologiques recensés pour l'étude de l'acceptation de robots sociaux en contexte de services 72
Tableau 8: Synthèse descriptive du devis méthodologique retenu 112
Tableau 9: Libellé des 7 modalités de réponse de type Likert (sections 2.1, 2.2, 2.4, 3)..... 119
Tableau 10: Légende recodage des données nominales sociodémographiques 127
Tableau 11: Répartition de la population de validation (n_1 = 206) par pourcentages 137
Tableau 12: Qualités de représentation des variables du bloc 1 (*TAM*$^+$) - 1ère itération 140
Tableau 13: *Items* sections 2.1 et 2.2 - Valeurs propres, pourcentage de variance expliquée (1ère itération) et analyse parallèle de Horn 141
Tableau 14: Qualités de représentation des variables du bloc 1 - 2^e itération 143
Tableau 15: Rotation de la matrice des facteurs (bloc 1 – *TAM*$^+$) - 2^e itération 144
Tableau 16: Rotation de la matrice des facteurs (bloc 1 – *TAM*+) – 3^e itération 145
Tableau 17: Variables section 2.1 et 2.2 (*TAM* +) – Libellés des *items* retenus 146
Tableau 18: Statistiques descriptives des variables PU / PEOU / JOYTRUST 149
Tableau 19: Qualités de représentation - variables bloc 2 (extraits du *Godspeed Questionnaire*) 150
Tableau 20: *Items* section 2.3 - Valeurs propres, pourcentage de variance expliquée et analyse parallèle de Horn 151
Tableau 21: Rotation de la matrice des facteurs (bloc 2) 152
Tableau 22: Variables section 2.3 (extraits du *Godspeed*) – Libellés de chaque *item* 153
Tableau 23: Statistiques descriptives des variables LIKE / INTELL 155
Tableau 24: Qualités de représentation des variables du bloc 3 (IU) 156
Tableau 25: *Items* section 2.4 - Valeurs propres, pourcentage de variance expliquée et analyse parallèle de Horn 157
Tableau 26: Rotation de la matrice des facteurs (bloc 3 – IU) 158
Tableau 27: Variables section 2.4 (IU) – Libellés complets de chaque *item* par facteurs 159
Tableau 28: Statistiques descriptives des variables IUP / ITU 161
Tableau 29: Qualités de représentation des 34 variables du bloc 4 (*N.A.R.S.*+) 162
Tableau 30: *Items* section 3 (bloc4) - Valeurs propres, pourcentage de variance expliquée et analyse parallèle de Horn 164
Tableau 31: Qualités de représentation des variables (34) du bloc 4 - 2^e itération 166
Tableau 32: *Items* section 3 - Valeurs propres, pourcentage de variance expliquée et analyse parallèle de Horn (3^e itération - 33 variables) 167
Tableau 33: Rotation de la matrice des facteurs (bloc 4 – *N.A.R.S.*) - 3^e itération 169
Tableau 34: Valeurs propres, variance expliquée et A.P. Horn (4^e itération - 24 variables) 171
Tableau 35: Qualités de représentation des variables (24) du bloc 4 - 5^e itération 172
Tableau 36: Rotation de la matrice (bloc 4) - 5^e itération (4 facteurs - 24 variables) 173
Tableau 37: Qualités de représentation des variables (19) du bloc 4 - 6^e et dernière itération 174
Tableau 38: Valeurs propres, variance expliquée et A.P. Horn (6^e itération - 19 variables) 175

Tableau 39: Rotation de la matrice des facteurs (bloc 4 - *N.A.R.S.*) – Dernière itération..... 176
Tableau 40: Variables section 2.4 (ANXR) – Libellés de chaque *item* retenu (classés)..... 177
Tableau 41: Synthèse argumentée des *items* supprimés du bloc 4 par itération 180
Tableau 42: Statistiques descriptives des 4 échelles TECH, SOCIAL,CYBER(ANX) et EMO+ 181
Tableau 43: Liste finale des *items* validés pour le Q.A.R.S.© et classés par construits..... 183
Tableau 44: Répartition population d'estimation de la fidélité temporelle (n_2 = 40) 186
Tableau 45: Fidélité temporelle et consistance interne (V1) - Coefficient de Pearson, ICC et intervalles de confiance de l'ICC 187
Tableau 46: Fidélité temporelle après suppression principales valeurs aberrantes (V2) 189

Liste des figures

Figure 1 (Les quatre grandes étapes de la révolution industrielle | Source: adaptée du Centre allemand de recherche sur l'intelligence artificielle) 29
Figure 2 (Secteurs d'activité potentiellement touchés par la numérisation en France | Source: Le Monde) 31
Figure 3 (La recherche et développement au Japon, en Europe et aux États-Unis | Source: Commission Européenne, 2016) 33
Figure 4 (Nombre de robots industriels par pays pour 10 000 employés dans les usines de production en 2016 | Source: IFR, 2017*a*) 35
Figure 5 (Nombre de constructeurs de robots de services, à usages professionnel et personnel/domestique, par pays d'origine | Source I.F.R., 2017*a*) 36
Figure 6 (Secteurs d'activités utilisant des robots de services par zones géographiques de distribution | Source IFR, 2017*a*) 37
Figure 7 (Exemples de robots existants, dans le monde, en mai 2017, classés par types d'usages, des robots industriels aux robots compagnons ou de services) 38
Figure 8 (Exemples de robots existants, dans le monde, en mai 2017 - suite) 39
Figure 9 (Synthèse comparative des fonctionnalités de robots humanoïdes disponibles en 2021) 43
Figure 10 (Découverte en images du robot *BUDDY* | Montage photographique personnel) ... 53
Figure 11 (*NAO* en situation de tutorat en mathématiques - septembre 2015 - *Robotic Day* au salon *Nantes Digital Week* | Montage de photographies personnelles) 58
Figure 12 (*PEPPER* en expérimentation à l'accueil clients d'un magasin *Carrefour* à Nantes en septembre 2016 | Photographie personnelle, via l'application *PEPPER PHOTO*) 60
Figure 13 (Robot Karotz déployé chez les participants de l'étude | De Graaf *et al.*, 2017, p. 7) 65
Figure 14 (Robot Pepper au *Salon SIDO* Lyon – septembre 2020 | Photographies personnelles) 75
Figure 15 (Le modèle *T.A.M.* | Source: Pasquier, 2012) 85
Figure 16 (Modélisation de l'*UTAUT* | Source: traduite par Pasquier, 2012, p. 59) 86
Figure 17 (Proposition d'articulation entre les construits d'acceptabilité, d'acceptation et d'acceptance dans un processus d'adoption robotique) 89
Figure 18 (Alignement permettant l'acceptation technologique | Source: Minguet, 2016, p. 18, inspiré de Leonardi, 2009) 91
Figure 19 (Distribution des catégories d'adoptants d'une innovation | Source: Rogers, 1983, *In* Moore, 1999, p. 13) 92
Figure 20 (Schéma de Mori [1970] représentant la ''Vallée de l'Étrange'' | Source: Damiano et Dumouchel, 2016, p. 35) 95
Figure 21 (Exemples de robots sociaux à usage professionnel | Source: *Hoomano*) 96
Figure 22 (Synthèse des facteurs impactant la perception humaine et leurs comportements face aux robots, inspirée des travaux de Nomura, Suzuki, Kanda, Yamada et Kato, 2011) 103
Figure 23 (Modèle de recherche en contexte éducationnel proposé par Park et Kwon, 2016, p. 358) 105
Figure 24 (Synthèse des facteurs d'influence individuels recensés dans la littérature scientifique) 108
Figure 25 (Modèle d'Acceptance des Robots Sociaux au Travail [M.A.R.S.@T.] | schématisation et montage photographique personnels) 109
Figure 26 (Répartition dans le temps de la méthode de construction et validation du Q.A.R.S.©) 117
Figure 27 (Démonstration du robot *PEPPER* - photographie personnelle - *USpring* 2019) . 122

Figure 28 (Schéma de synthèse de notre méthode de construction et de validation du Q.A.R.S.©) 136
Figure 29 (Expérience préalable du répondant avec un robot) 138
Figure 30 (Tracé d'effondrement [*Scree test*] de Cattell pour le bloc 1 - sections 2.1 et 2.2 - du Q.A.R.S [échantillon de validation]) 141
Figure 31 (Test de Cattell appliqué au bloc 2 - section 2.3 – *Godspeed*) 151
Figure 32 (Test de Cattell appliqué au bloc 3 - section 2.4 - Intention d'usage) 157
Figure 33 (Test de Cattell appliqué au bloc 4 - section 3 - Anxiété robotique 164
Figure 34 (Test de Cattell appliqué au bloc 4 - 4e itération sur 5 facteurs et 24 variables) ... 170
Figure 35 (Expérience préalable du répondant avec un robot) 187
Figure 36 (Fiche d'identité de notre thèse - juin 2021) 193

Liste des abréviations, sigles et acronymes Français/ *English*

Analyse factorielle exploratoire (A.F.E.). / *Exploratory factor analysis (E.F.A.)*

I.A.: Intelligence Artificielle (ou ‘‘Intelligence Augmentée’’) / *A.I.*: *Artificial Intelligence*

I.H.M.: Interface Homme / Machine / *H.M.I.*: *Human Machine Interface*

I.H.R.: Interaction Homme / Robot / *H.R.I.*: *Human Robot Interaction*

I.U.: Intention d’Usage / *I.U.: Intention of Use*

Échelle d’attitudes négatives à l’égard des robots / *N.A.R.S.: Negative Attitudes toward Robots Scale*

M.A.R.S.(@T.): Modèle d’Acceptance des Robots Sociaux (au Travail) / *S.R.A.M. (@W)*: *Social Robot Acceptance Model (at Work)*

Questionnaire d’Acceptance des Robots Sociaux (Q.A.R.S.©) / *(S.R.A.Q.©) Social Robot* Acceptance Questionnaire

R.G.P.D.: Règlementation Générale sur la Protection des Données / *G.D.P.R.: General Data Protection Regulation*

R.H.: Ressources Humaines / *H.R.*: *Human Resources*

R.S.E.: Responsabilité Sociale de l’Entreprise

T.A.M.: *Technological Acceptance Model*

U.T.A.U.T.: Unified Theory of Acceptance and Use of Technology

Utilité perçue / *Perceived Utility (PU)*

Utilisabilité (ou facilité d’usage) perçue / *Perceived Ease of Use (PEOU)*

« Pour réussir, il ne suffit pas de prévoir. Il faut aussi savoir improviser. »

[Personnage d'Hari Seldon[5]]

« **Les droïdes ne sont ni bons ni mauvais.**

Ils ne sont que le reflet imparfait de ceux qui les imprègnent! »

[Personnage de Kuiil[6]]

[5] Asimov, I. (1951). *Foundation*. New York, NY: Gnome Press.
[6] Favreau, J. (2019). *The Mandalorian, S1E7*. US: Disney+.

Introduction[7]

Dans un contexte d'évolution technologique, avec l'apparition de robots dans le quotidien, nous avons choisi d'orienter notre thématique de recherche sur la sensibilisation et la formation continue des utilisateurs potentiels (adultes en entreprise) de robots sociaux (humanoïdes). Alors que nous n'observons encore que peu d'usages en contexte professionnel, notre rôle de pédagogue chercheuse[8] est d'aider nos contemporains à se préparer aux changements de pratiques professionnelles qui les attendent, dont le développement de leurs compétences numériques[9].

Selon Gelin et Guilhem (2016),

> nous devons tous maîtriser les robots. Les utilisateurs doivent comprendre comment ils fonctionnent et le système éducatif doit s'en assurer. Les constructeurs doivent faire en sorte qu'ils soient compréhensibles et contrôlables, et les juristes contribuer à élaborer un monde sécurisé aux règles claires. (p. 154)

À l'instar de ces auteurs, notre motivation initiale, en tant que praticienne et consultante, est de pouvoir former et accompagner les adultes dans leurs activités professionnelles et leurs métiers de demain (dès aujourd'hui) en leur permettant de comprendre l'évolution de leur cadre de travail et adapter leurs compétences en conséquence (Bahier, 2021, à paraître). Cette notion d'éducation à la robotique est encore peu documentée scientifiquement, et encore moins dans le secteur des services. De plus, nous verrons dans notre thèse doctorale qu'il n'existe pas vraiment d'instruments de mesure permettant d'étudier cet objet de recherche.

---

[7] Dans le cadre de la cotutelle internationale France / Québec, comme convenu dans le contrat *Sher-Ange*, nous respectons d'une part le gabarit (feuille de style) de mise en page de thèse doctorale de l'UCO, et d'autre part la typographie du français du Canada (sans espaces avant les signes de ponctuation ? ; ! ou :) en tant que langue de vérification dans le traitement de texte (ou anglais du Canada pour les passages anglophones). Nous respectons également ainsi:

- Les normes liées à forme selon le *Guide pour la rédaction et la présentation des thèses* (MESR, 2007). Par forme, il faut entendre les règles de présentation générale (justification, marges), la page de titre, les pages liminaires, la numérotation des pages, l'emplacement de la table des matières et des annexes, la gestion des notes.
- Les normes APA (6e édition adaptation francophone par Couture [2017]) pour le référencement dans le texte et dans la bibliographie.

[8] Comme demandé par le programme de doctorat en éducation UdeS / UCO, l'intégralité de cette thèse est écrite au ''nous de modestie'' qui se met au singulier et qui s'accorde en genre: http://bdl.oqlf.gouv.qc.ca/bdl/gabarit_bdl.asp?id=1706.

[9] Besoin accentué par les périodes de confinement dans le cadre de la gestion sanitaire de la pandémie Covid-19 et qui a remis à jour des problèmes d'accès aux outils numériques ainsi que des situations d'illectronisme.

Un robot dit ‘‘social’’ est un robot destiné à interagir avec les humains, sans nécessairement de spécialité particulière (contrairement à un robot industriel ou médical). Pouvant parler, regarder, se déplacer, se connecter à des logiciels utilisés par l’humain, se saisir d’objets, etc., il est en mesure d’évoluer dans les mêmes environnements que des humains, par exemple leur lieu de travail. Il peut se présenter sous différentes formes: mécanique, animale, ou même de forme similaire à l’humain (androïde si très ressemblant [anthropomorphe], ou humanoïde si on détecte bien qu’il s’agit d’une machine). Il sera plus ou moins autonome selon le niveau d'I.A. (intelligence artificielle) embarquée dans ses logiciels. Dans cette étude, nous nous concentrerons sur les robots humanoïdes ou partiellement humanoïdes.

Ainsi, les retombées que nous anticipons pour cette thèse sont:

- Des axes de réflexion pédagogiques concernant la formation continue et le développement des compétences de ces professionnels dont l'activité est transformée par la robotique;
- Un avancement des connaissances scientifiques et une instrumentation de l’étude des processus d'adoption (ou de rejet) de robots sociaux humanoïdes en contexte professionnel dans le secteur des services marchands.

Le premier chapitre de cette thèse présente notre problématique de recherche. Après avoir défini la technologie robotique puis décrit le robot humanoïde et dressé leur développement historico-géographique dans le premier sous-chapitre, nous situons l’arrivée spécifique du robot social dans le secteur tertiaire dans le sous-chapitre suivant. Cette contextualisation nous amène progressivement vers les questions d’usages ou de rejets des robots sociaux dans les activités de services dans lesquels ils commencent à être implantés. Cette restitution de notre recension des écrits scientifiques amorce la phase de problématisation et de formulation de la question de recherche.

Dans le deuxième chapitre, en guise de cadre conceptuel, nous approfondissons les construits d’acceptabilité, d’acceptation et d’adoption technologique, pour en faire une synthèse des principaux éclairages scientifiques retenus. Nous déterminons qu’ils s’avèrent transposables à l’étude de l’adoption et de l’usage effectif de robots sociaux dans les entreprises, en particulier du secteur tertiaire. Sur le plan sémantique comme méthodologique, nous voyons que le processus d’adoption d’un objet technologique tel qu’un robot passe par plusieurs étapes incontournables, en commençant par la notion d’acceptabilité liée aux perceptions initiales des

utilisateurs potentiels. Notons que cette segmentation temporelle du processus d'adoption est également liée à l'usage du français sur le plan sémantique. En effet, les anglophones parleront le plus souvent du construit global d'*acceptance* (sans en distinguer d'étapes d'acceptabilité et d'acceptation) pour décrire l'amorce d'un processus d'adoption. Ainsi, dans cet écrit, nous alternons sciemment les termes d'acceptabilité, d'acceptation et d'adoption en fonction de l'étape décrite. Nous complétons ce chapitre par la recension des facteurs utilisés dans les études empiriques en robotique sociale.

Nous y formulons nos objectifs (général et spécifiques) de recherche à la fin du deuxième chapitre, à savoir: quel sont les facteurs déterminants pour étudier le processus d'adoption ou de rejet d'un robot social implanté auprès de travailleurs francophones dans le secteur tertiaire des services.

Le troisième chapitre opérationnalise nos objectifs de recherche. Cette partie nous permet de présenter et d'argumenter le protocole de recherche réajusté pour conduire notre recherche, centrée sur l'élaboration (objectif A - méthodologique) et la validation (objectifs B et C) d'un questionnaire d'enquête: le Q.A.R.S.© (Questionnaire d'Acceptance des Robots Sociaux), à partir du *T.A.M.* de Davis (1989), des échelles du *Godspeed Questionnaire* de Bartneck *et al.* (2009) et de la *N.A.R.S.* de Nomura, Kanda et Suzuki (2006), avec des *items* additionnels adaptés au robot social. Ce chapitre présente également nos considérations éthiques associées ainsi que les modalités de communication envers les populations de validation.

Le cœur de la thèse se situe dans le quatrième chapitre qui détaille les résultats de ces études de validation du Q.A.R.S.©. Grâce aux analyses exploratoires (A.F.E.) menées, nous présentons les facteurs identifiés dans chacun des quatre blocs thématiques. Nous complétons cette validation par une analyse de fiabilité et une estimation de la fidélité temporelle (test /retest), sur les 60 *items* retenus dans la version finale.

Dans le cinquième et dernier chapitre, nous discutons des apports et limites de la démarche méthodologique retenue et des échelles construites dans ce Q.A.R.S.©, avant d'ouvrir en conclusion vers des perspectives de recherches applicatives ultérieures et à visée pédagogique.

PREMIER CHAPITRE. PROBLÉMATIQUE: POURQUOI ÉTUDIER LA ROBOTIQUE SOCIALE, DANS UNE VISÉE FORMATIVE, EN CONTEXTE D'ACTIVITÉ PROFESSIONNELLE?

Dans ce premier chapitre, nous nous concentrons sur la problématique. Nous avons ici pour objectif d'exposer le contexte d'émergence de la robotique et son impact sur les activités professionnelles, avec la nécessité de se former à de nouvelles pratiques. Nous démontrons en quoi notre objet d'étude, le robot social, est pertinent socialement. Nous le présentons d'abord sous l'angle sociohistorique avec son déploiement géographique mondial, puis sous l'angle des usages par domaine d'activité.

Nous développons et illustrons plus en détail la présence des robots selon trois grandes zones géographiques: Amérique du Nord (Canada, É.-U.), Asie (Corée du Nord, Japon et Chine), Europe (Pays-Bas, Danemark, Finlande, R.-U., Italie, Allemagne et *zoom* sur la France[10]).

Nous nous focalisons enfin sur l'usage des robots sociaux dans le secteur tertiaire et les métiers des services en particulier, sous l'angle de l'éducation à la robotique et du développement des compétences des travailleurs impactés.

1. Contextualisation sociohistorique et géographique: des premiers robots à un déploiement international

En reprenant l'historique de diffusion des robots dans le cadre professionnel, de l'industrie aux services, nous pouvons déjà souligner que la question de leur impact sur les connaissances, la qualification et les compétences des humains au travail, a été soulevée tant par les chercheurs que par les professionnels. Nous pensons ici notamment aux consultants en accompagnement du changement et aux équipes d'encadrement des entreprises concernées par

[10] Qui est notre pays de résidence à l'heure où nous écrivons ces lignes et donc lieu d'observation privilégié pour des raisons d'accès au terrain.

ces intégrations de solutions robotiques. Nous mettrons en évidence un questionnement sur l'acceptation des robots par leurs utilisateurs potentiels.

La presse spécialisée comme la presse grand public (partagée de façon quasi instantanée par les réseaux sociaux) nous abreuvent de messages tantôt alarmistes tantôt enthousiastes quant aux promesses technologiques accélérant la numérisation de nos métiers.

De plus, les formations internes, les webinaires et autres dispositifs de sensibilisation à destination des gestionnaires et équipes R.H., évoquent de plus en plus ‘‘l'expérience employé’’[11] ou ‘‘parcours employé’’ (en écho au parcours client dans les études commerciales et de *marketing*). Ces expériences ou processus sont clés pour garantir l'engagement des équipes de travail. Ainsi, le moment semble crucial pour comprendre les modes de travail de demain où l'intelligence artificielle (I.A.) et la robotique feront plus qu'une simple apparition.

Dans ce contexte, qui n'est pas qu'un effet de mode, il nous a donc semblé opportun de nous interroger sur les réels impacts des robots dans le monde des organisations et d'examiner les degrés d'acceptabilité et d'acceptation de ces transformations par les acteurs du monde du travail qui voient leur métier évoluer, ainsi que les différents processus d'adoption technologique qu'ils peuvent suivre.

À ce stade, le problème n'est pas de savoir s'il faut ou pas développer ces objets robotiques. La question est plutôt de savoir quand et comment ces outils vont entrer dans nos métiers (en réalité, ils sont déjà là depuis quelques années avec par exemple des I.A. de bas niveau dans nos téléphones ‘‘intelligents’’ [*smartphones*] et autres objets connectés).

Comment vont-ils modifier nos activités de travail? Vont-ils plutôt faciliter et accompagner l'évolution de nos activités professionnelles? Quel est l'impact sur les façons de travailler ensemble et sur les modes de gestion et pilotage associés? Comment former les travailleurs à ces transformations numériques et culturelles? Avant de creuser ces interrogations, revenons tout d'abord à la définition de ce qu'est un robot. Nous verrons également les conditions de son apparition et de son développement.

[11] Dans le présent texte, nous utiliserons le masculin en tant que forme générique de manière à éviter la surcharge liée à la nomenclature simultanée des deux genres.

1.1 Origines du terme robot

Commençons cette exploration en allant aux sources de la définition de l'objet robotique, puis nous irons du côté de ses représentations dans la fiction populaire.

1.1.1 Étymologie

Sur le plan de son origine étymologique, le terme ‘‘robot’’ est d'abord apparu comme un personnage de fiction, il y a un peu plus de 100 ans. Dans leur ouvrage *Vivre avec les robots*, les philosophes Damiano et Dumouchel[12] (2016, p. 9) rejoignent leurs prédécesseurs pour attribuer l'apparition du terme robot à l'auteur de pièce de théâtre tchèque Karel Čapek:

> Dans cette pièce[13] datant de 1920, les robots sont des êtres artificiels biologiques - plutôt que mécaniques - des androïdes faits de matériaux biologiques synthétiques[…] Ils travaillent pour nous[14] comme secrétaires, jardiniers, serviteurs, ouvriers, policiers, etc. Ils remplissent en fait toutes les tâches et fonctions qui étaient les nôtres et pour lesquelles leurs services s'avèrent utiles, car, tout comme nous, ils peuvent apparemment apprendre à tout faire. (*Ibid.*)

La légende indique que c'est le frère de Čapek qui lui aurait suggéré le mot tchèque de *robota* signifiant ‘‘corvée’’ ou travail asservi (et à l'origine ‘‘esclave’’). Ainsi, dans cette première définition, le robot est censé être au service de l'homme et l'appuyer dans ses tâches les plus pénibles.

Cette finalité originelle sera importante à considérer lorsque nous aborderons la question de l'impact de la présence des robots au travail sur les métiers et les compétences, en nous rappelant que ces objets technologiques sont censés nous faciliter les tâches les plus pénibles et chronophages, non pas remplacer les Humains. Notons qu'il semble exister une forme de consensus international sur cette terminologie de robot. De plus, le terme ‘‘robot’’ s'écrit de la même façon en anglais qu'en français, et est repris tel quel dans d'autres idiomes européens par exemple tel que le tchèque, mais aussi l'italien, l'espagnol, le suédois, le danois, ou encore le néerlandais.

---

[12] Luisa Damiano est professeure de logique et de philosophie à l'Université de Messine (Italie). Elle a travaillé en Angleterre dans un laboratoire de robotique sociale et mené au Japon une enquête de terrain sur l'empathie artificielle. Paul Dumouchel est professeur de philosophie à l'université Ritsumeikan de Kyoto (Japon).

[13] Čapek, K. (1920/2013). *RUR: Rossum's Universal Robots*. Paris, France: Éditions de l'Aube. (Ouvrage original publié en 1920)

[14] Nous: sous-entendu les êtres humains.

À la suite de la première évocation par Čapek, le terme de robot a été étendu à l'ensemble du monde du travail, et même aux loisirs et aux jeux. Les robots sont capables d'exécuter de multiples tâches, mais aucun d'eux ne sait tout faire. En fonction du travail à accomplir, ils sont donc tous différents, et ont des tailles et des formes variées.

Cependant, dans le langage courant, une certaine confusion s'est répandue sur les objets qui pouvaient réellement être définis comme un robot. Cette appellation a ainsi pu s'étendre à des objets automatisés, mais sans réelle autonomie tels que les mixeurs et autres aides à la cuisine qualifiés de ‘‘robots ménagers’’.

Dans cet écrit, nous ciblerons clairement comme robots[15] les dispositifs autonomes (c'est-à-dire qui fonctionnent sans intervention humaine une fois programmés), ou du moins semi-autonomes, sur les plans mécanique, électronique et logiciel. Les avancées de l'I.A. seront également traitées par la suite, sans être au cœur de cette thèse, mais comme élément crucial de développement de l'autonomie de la machine vers une forme de ‘‘conscience’’ et d'apprentissage pour s'adapter à l'environnement humain.

1.1.2 Influence de la science-fiction sur l'imaginaire collectif

L'autre auteur de fiction qui a largement contribué à diffuser une sorte de mythologie de la robotique est Isaac Asimov, qui, tout scientifique (professeur de biochimie) qu'il était, a consacré une grande partie de sa vie et de son œuvre à décrire un monde où humains et robots vivraient ensemble. On retiendra en particulier les fameuses ‘‘Trois Lois de la Robotique’’ qui ont ensuite inspiré d'autres romanciers, mais aussi, comme nous le verrons par la suite[16], de nombreux concepteurs de robots, humanoïdes en particulier.

Damiano et Dumouchel (2016) adoptent un angle socioculturel dans l'introduction de leur ouvrage *Vivre avec les robots*, en faisant notamment référence à la culture japonaise, marquée positivement par le personnage d'*Astro Boy* dans les années 1950, ayant véhiculé, avec d'autres mangas par la suite, une image des robots autonomes comme étant « utiles, mais aussi comme bons et serviables, et même […] des héros et des sauveurs » (p. 13).

---

[15] https://www.gotronic.fr/ins-histoire-de-la-robotique-49.htm (page web télé-consultée en août 2016)

[16] Entrevues de découverte menées par l'auteure entre novembre 2015 et mai 2016 auprès de chercheurs et concepteurs de robots (*IRCCyN, BLUE FROG ROBOTICS*), ainsi que de développeurs de logiciels dédiés aux usages de la robotique dite sociale (*INTUITIVE ROBOTS, HOOMANO*).

Le cinéma s'est également emparé de ce potentiel dramatique sur la possibilité, ou non, de cohabiter entre humains et robots humanoïdes, mettant en scène tour à tour des robots coopératifs ou belliqueux. Les plus *geeks* d'entre nous auront été marqués positivement par le binôme formé par *R2D2* et *C3PO* dans *Star Wars*, l'I.A. *JARVIS*[17] au service du personnage de comics américain *Iron Man*, sans oublier *WALL-E* (et *EVE*) dans le film d'animation éponyme ou plus récemment *Baymax*, un assistant médical personnalisé humanoïde dans les *Nouveaux Héros* de *Disney* (2014).

Les plus sceptiques et pessimistes citeront au contraire *HAL* (l'ordinateur de bord de *2001, Odyssée de l'Espace)*, le cyborg *TERMINATOR*, les robots humanoïdes et très inquiétants pour certains des séries *Real Humans* (danoise) ou *Westworld* (américaine) ou encore la troublante *AVA* d'*Ex-Machina,* comme symbolisant le danger de créer de réels robots pour collaborer avec les humains contemporains, quand ceux-ci auraient pour seul objectif de prendre le contrôle sur les humains et leur planète.

Ces œuvres de fiction semblent d'ailleurs hanter encore beaucoup les esprits du grand public et les représentations engendrées sont régulièrement ‘‘convoquées’’ comme éléments d'alerte, face aux annonces des avancées scientifiques en matière de robotique, surtout celles destinées aux particuliers. Des auteurs comme Moradi, Moradi et Bayat (2018) évoquent cette influence sous le construit de ‘‘*media effect*’’.

Ce dilemme entre robot bienveillant et utile à l'homme *versus* robot hostile et dangereux revient très souvent dans les échanges sur le thème de la robotique. Ces représentations sociales forgées par les œuvres de fiction et les médias semblent fortement influencer la crainte de l'être humain d'être un jour surpassé par la machine (en compétence technique, en capacités cognitives, en efficacité de production…), notamment dans ses activités professionnelles (certains prédisent même une disparition quasi complète du travail et des emplois[18]). Nous reviendrons dans la sous-section sur l'apport de l'I.A. sur cette hypothèse nommée ‘‘Singularité’’, correspondant au moment où les robots surpasseraient les humains sur le plan des capacités.

[17] A noter que le patron de *Facebook*, Marc Zuckerberg, a appelé aussi *Jarvis* son I.A. domestique (qu'il a développée lui-même).
[18] Cf. taxe robot proposée par l'homme politique socialiste Benoît Hamon lors des élections présidentielles 2017 en France pour pallier les pertes de salaires supposées dans cette configuration.

Mais avant d'aller plus loin sur la réflexion portant sur un danger à développer la robotique, passons de la fiction à la réalité en survolant les grandes étapes de son émergence en tant que discipline des sciences de l'ingénieur (mixant mécanique, électronique et informatique), puis sur le développement de la robotique dans notre société, en particulier dans le monde du travail.

1.2 Quelques repères historiques du déploiement de la robotique

Après plus de cent ans d'automatisation de tâches de plus en plus complexes par des machines (révolution industrielle), l'étape suivante est aujourd'hui l'automatisation de tâches mettant en œuvre des interactions entre les individus, comme répondre à des questions répétitives pour un agent d'accueil SNCF ou un guichetier bancaire (Bahier, 2021).

Nous assistons à l'apparition de robots dits ‘‘sociaux’’, ou robots d'interactions, qui mettent un ‘‘visage’’ sur cette intelligence machine de plus en plus complexe et qui tend à se rapprocher de l'intelligence humaine. Certains comme l'entrepreneur et homme politique Bonnell[19] (2010) parlent d'ailleurs de ‘‘Robolution[20]’’, projetant un impact de la même ampleur que la révolution industrielle, voire un déploiement accéléré. Revenons en images sur ces grandes étapes dans la figure 1.

[19] Bruno Bonnell est un entrepreneur, fondateur et ex-président des sociétés *Infogrames*, puis *Atari*. Spécialisé dans le domaine des technologies numériques et robotiques, il est, depuis 2007, associé fondateur du fonds d'investissement *Robolution Capital*, administrateur de la société *Robopolis* et président d'*Awabot*. Il est député lyonnais du parti *En Marche* depuis 2017.

[20] Lire ses propos (télé-accessibles en mai 2015) sur http://www.ladepeche.fr/article/2015/05/22/2109839-la-robolution-est-en-marche.html

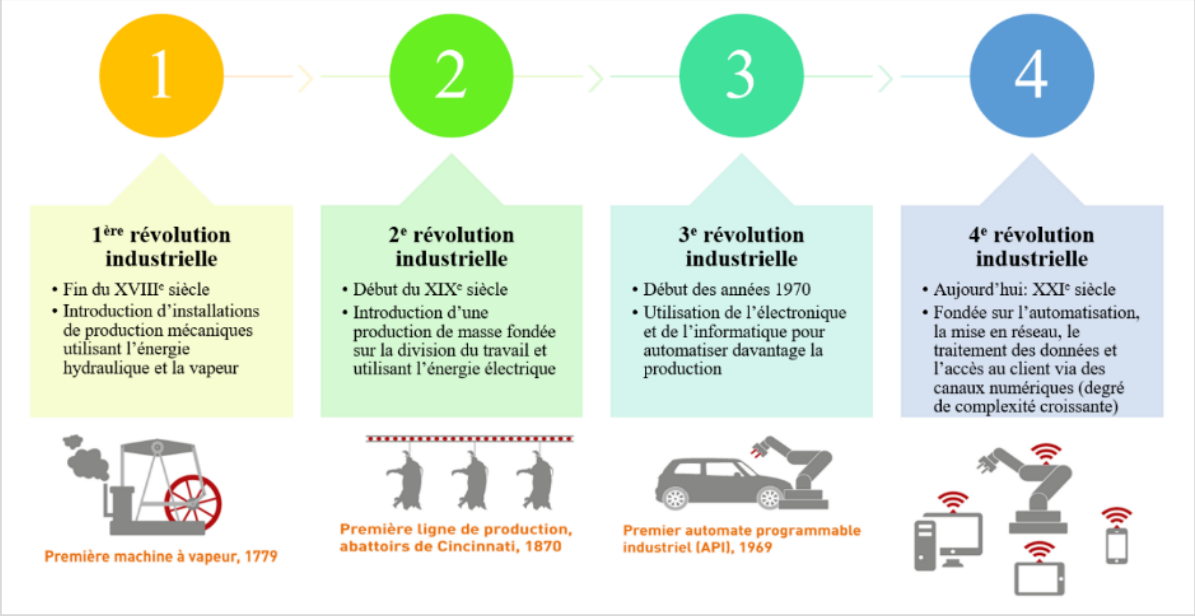


Figure 1 (Les quatre grandes étapes de la révolution industrielle | Source: adaptée du Centre allemand de recherche sur l'intelligence artificielle)

Nous réalisons que les trois premières révolutions continuent à impacter les activités de travail, en particulier dans le secteur industriel. En parallèle, « un grand nombre de chercheurs, d'investisseurs, d'entrepreneurs et de décideurs publics acceptent […] l'hypothèse selon laquelle l'I.A., les données massives et l'Internet des objets [sont] à l'origine d'une Quatrième Révolution industrielle[21] » (Maclure et Saint-Pierre, 2018, p. 746).

En effet,

> Le terme [Quatrième Révolution industrielle] désigne la transformation profonde du marché de l'emploi et de la productivité engendrée par la nouvelle phase d'automatisation permise par les progrès en robotique, l'utilisation d'algorithmes d'apprentissage automatique et l'analyse des données numériques en grande quantité dans une large gamme de milieux de travail (*Ibid.*).

[21] Après l'invention de la machine à vapeur à la fin du XVIIIe siècle, l'électrification et l'avènement des chaînes de montage au début du XXe siècle, et enfin, l'électronique et la robotique au tournant des années 1970, l'automatisation intelligente et l'arrivée du numérique viendra, selon les promoteurs de ce point de vue, remanier les façons de faire, les systèmes, les processus de travail, les modes de gestion et le marché de l'emploi. C'est cette transformation où le numérique s'immiscera de plus en plus dans la réalité matérielle qui caractérise principalement cette période. Le terme de Quatrième Révolution industrielle a été donné en 2016 par Klaus Schwab, président et fondateur du *World Economic Forum* pour illustrer la force des changements qu'auront les technologies émergentes « sur la transformation de l'économie, des sociétés et de nous-mêmes, en tant qu'êtres humains ». (Schwab, K., 2018, Comment façonner la quatrième révolution industrielle ? *La Tribune*, janvier 2018, https://www.latribune.fr/opinions/tribunes/klaus-schwab-comment-faconner-la-quatrieme-revolution-industrielle-764814.html, *In* Maclure et Saint-Pierre, 2018, p. 746, note de bas de page).

Et d'après les impacts évoqués dans l'introduction de ce chapitre, cette quatrième révolution dépasse l'industrie et vient modifier toutes les activités de production aussi bien automatiques qu'intellectuelles (les services aux entreprises entrant dans cette catégorie).

Roure et Postel-Vinay (2012) nous expliquent que

> dans l'économie de la robotique, à la contribution respective des facteurs de production (travail et capital) s'ajoute celle du facteur ''connaissance'', qui combine l'information à sa traduction utile dans l'action. Outre dans l'industrie, le recours à des robots est appelé à croître notamment dans le secteur des services à la personne sous l'effet du vieillissement de la population. (p. 36)

Ces auteurs illustrent ainsi la croissance de l'usage de robots à des fins d'aide au travail dans le secteur des services aussi bien que dans l'industrie, et la nécessité de former les travailleurs dans cette perspective et celle du maintien de leur employabilité.

Notre propos n'est pas ici de prendre parti sur le bien-fondé de la robotisation des métiers. Nous actons la diffusion de celle-ci comme quatrième révolution industrielle. Cette révolution, amorcée au XX^{e} siècle avec les premiers ordinateurs, est en accélération depuis les années 2000-2010 (mise en réseau, traitement des données et accès aux clients via des canaux numériques), notamment grâce au progrès des recherches et applications de l'I.A. Elle nécessite d'accompagner et de former les travailleurs impactés.

Retenons ici que le déploiement de l'I.A. et des robots au travail transforme nos pratiques, même dans des secteurs qui pouvaient, au XX^{e} siècle, se sentir moins concernés par les technologies. Pour amorcer la démonstration de la pertinence sociale de notre recherche, les formateurs et les professionnels des ressources humaines ont devant eux de vastes chantiers d'anticipation stratégique et d'accompagnement des compétences nécessaires à ces nouvelles pratiques, comme nous allons l'approfondir dans la section suivante.

1.2.1 De la numérisation à la robotisation des activités de travail

Dans cette recherche, centrée sur la robotique sociale dans le secteur tertiaire, nous prendrons en compte cette transformation, organisationnelle et sociétale, pour en étudier les impacts sur les travailleurs et contribuer à terme à éclairer les professionnels qui les accompagnent dans leurs formations et le développement de leurs compétences.

Dans l'infographie suivante (figure 2), nous repérons une segmentation des secteurs les plus susceptibles d'être numérisés et robotisés.

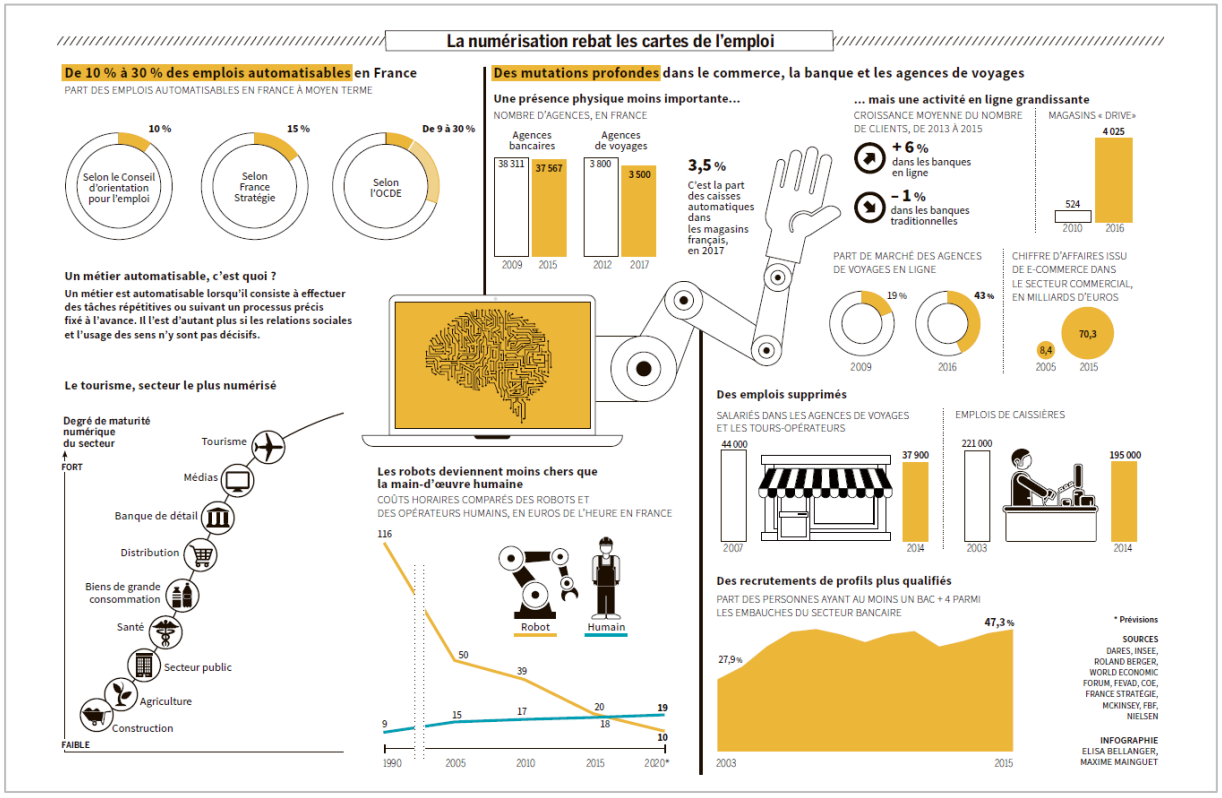


Figure 2 (Secteurs d'activité potentiellement touchés par la numérisation en France | Source: Le Monde[22])

Cette infographie, basée sur des sources telles que la DARES (Ministère du Travail français), l'I.N.S.E.E. (Institut National de la Statistique et des Études Économiques), les cabinets Roland Berger et Mc Kinsey, le *World Economic Forum*, France Stratégie, l'O.C.D.E. (Organisation de Coopération et de Développement Économique), nous montre que les sources convergent pour indiquer que la numérisation (10 à 30% des emplois concernés en France) concerne aussi bien les secteurs de la construction que du tourisme, en passant par la distribution et le domaine bancaire.

On y voit que ces mutations impliquent une transformation du travail avec notamment une présence physique moins importante dans la relation clients, au profit d'interactions en ligne, une suppression de certains emplois, mais aussi le recrutement de profils plus qualifiés. Dans l'industrie, les coûts horaires des robots deviennent moindres les rendant compétitifs.

22 Source: *Le Monde*, 2017, 14 mars.

Du côté des syndicats, l'enquête ‘‘Parlons Travail’’ menée en France par la CFDT[23] révèle que plus que 90% des travailleurs[24] répondants estiment que leur travail ne peut pas être remplacé par des machines. Toutefois, si cette préoccupation ne semble pas encore concrète pour les travailleurs, la CFDT Cadres a pris comme thème, pour son congrès de novembre 2018[25], l'I.A. et ses impacts sur le travail, avec des intervenants défendant la vision européenne d'une I.A. qui assisterait et émanciperait l'humain. Les enquêtes ‘‘Conditions de travail’’ menées par la DARES[26] permettent aussi d'éclairer ces préoccupations. Ainsi, dans un contexte socioéconomique marqué par l'essor de technologies de numérisation plus performantes qui affectent l'apprentissage, les métiers et les activités humaines, les travailleurs (ou les Français?) se voilent-ils la face?

Du côté des économistes, Frey et Osborne (2017) ont pronostiqué que près de 50% des emplois (sur une base de 702 fonctions analysées sur le marché des É.U.) seraient concernés par l'automatisation d'ici à 2025 (99% des téléopérateurs, 94% des comptables, 94% des assistants juridiques…), avec une part conséquente des fonctions dans le secteur des services. Toutefois, cette étude a suscité de vives controverses et a été nuancée par des auteurs tels que Arntz, Gregory et Zierahn (2016) ou encore Autor et Salomons (2017). Ces derniers ont précisé que l'impact ne serait pas tant sur la quantité d'emplois modifiés, voire supprimés, mais plutôt sur la qualité et la nature des activités des métiers de demain et des compétences demandées pour les exercer sereinement. Ils insistent sur l'analyse à proposer entre l'essor technologique accéléré, les incidences sur les pratiques de travail, et les inflexions des programmes de l'éducation initiale et continue.

1.2.2 Présence des robots dans le monde: de la robotique industrielle à la robotique de services

« Le marché mondial de l'intelligence artificielle qui représentait 4,8 Mds de dollars en 2017, devrait être multiplié par 10 d'ici 2022-2023, avant d'atteindre presque 90 Mds de dollars de revenus générés en 2025 » (Statista, 2020, s.p.[27]). Et « le nombre de robots de service actifs

[23] Confédération Française Démocratique du Travail (CFDT). 02-04-2018. *Parlons travail: les réponses*. https://www.parlonstravail.fr/
[24] Plus de 200 000 ayant répondu au sondage entre septembre 2016 et décembre 2017 (données traitées, pondérées et analysées par un groupe de chercheurs en sciences sociales: Dujarier [sociologue], Mardon et Volkoff [statisticiens et ergonomes]), même si le sondage reste ouvert sur Internet au moment où nous écrivons ces lignes.
[25] Vidéos du congrès (consultées en novembre 2018) sur https://www.youtube.com/watch?v=SKkHbA5D3p0.
[26] https://dares.travail-emploi.gouv.fr/.
[27] Statista (2020). https://www.sido-lyon.com/pourquoi-visiter/ (télé-consulté en septembre 2020).

dans le monde devrait atteindre 264,3 millions d'ici 2026, soit une croissance de 24% par an en moyenne » (Idate, 2020, s.p.[28]), ce qui devrait fortement accélérer la diffusion de robots dotés d'I.A., avec un fort impact sur nos modes de travail et de collaborations sur l'ensemble de la planète dans les années à venir. Pour approfondir le développement de la robotique dans le Monde et en Europe, nous pouvons consulter plus en détail les données de l'*International Federation of Robotics*[29] (I.F.R.) basée en Allemagne.

Dans le monde entier, la densité moyenne des robots était de 74 unités pour 10 000 employés en 2014, selon l'I.F.R. (2017*a*). La figure 3 illustre l'importance des répartitions des investissements en recherche selon trois grandes zones géographiques: dans l'ordre Japon, États-Unis puis Europe.

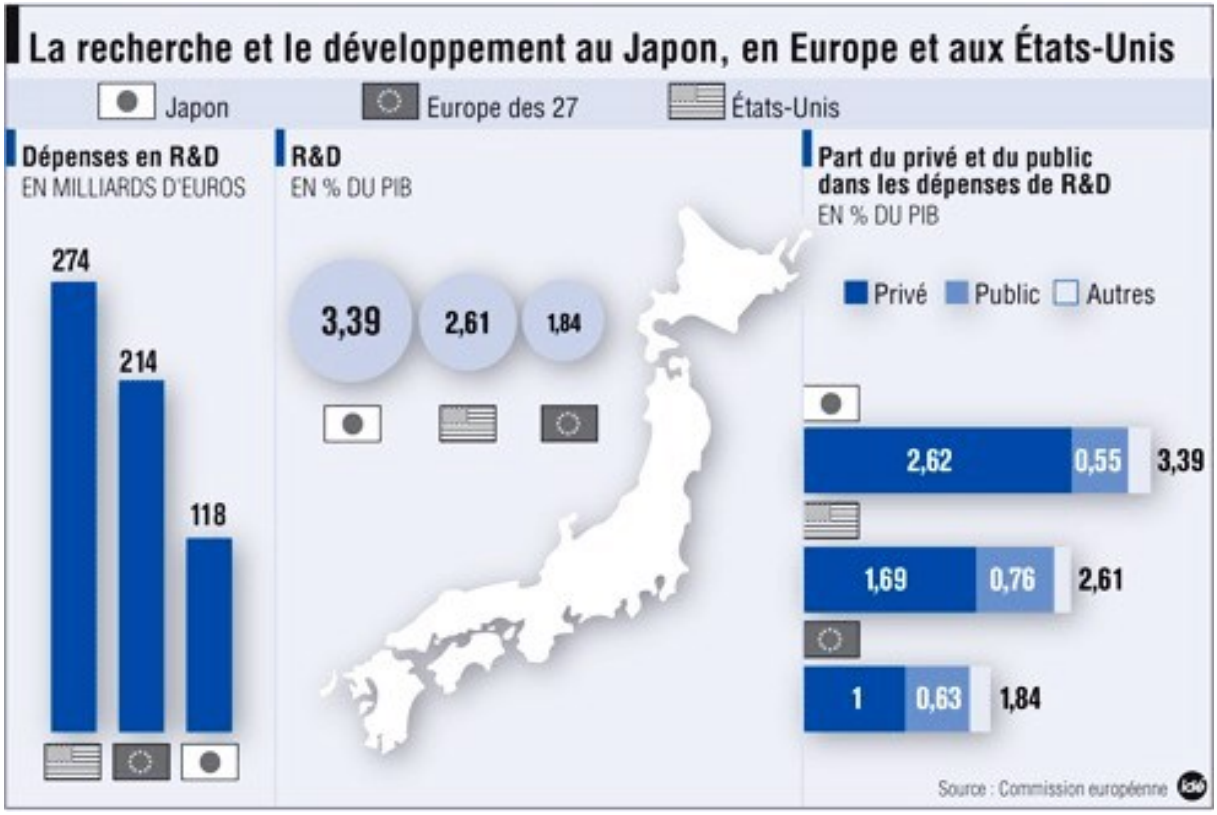


Figure 3 (La recherche et développement au Japon, en Europe et aux États-Unis | Source: Commission Européenne, 2016)

Cette figure distingue les investissements entre secteurs public et privé. Il est intéressant de constater que les politiques gouvernementales et les budgets afférents vont jouer un rôle

[28] Idate (2020). https://www.sido-lyon.com/pourquoi-visiter/ (télé-consulté en septembre 2020).
[29] https://ifr.org/

prégnant dans les stratégies de développement de la robotique, et donc dans les campagnes de sensibilisation et de formation associées. Paradoxalement, nous notons que les investissements en R&D se font majoritairement dans le privé que ce soit au Japon, aux États-Unis ou en Europe.

D'ailleurs, la presse spécialisée abonde en ce sens avec par exemple le témoignage ci-dessous. En ce qui concerne le déploiement des robots en Asie et le cas particulier du Japon, en avril 2017, le magazine ‘‘Jautomatise’’ constate un déploiement de robots en hausse de 70% en Asie, en particulier grâce à l'adoption par l'industrie asiatique des robots industriels, selon la Fédération Internationale de Robotique (I.F.R.) susmentionnée.

> Prenons l'exemple du Japon (le pays le plus avancé en robotique) pour expliquer ça. La robotique fait intégralement partie du développement du pays : le Japon a construit sa société depuis la fin de la seconde guerre mondiale avec des robots. La robotique fascine la jeunesse japonaise, il n'est donc pas rare de voir des enfants créer des robots primitifs. Aussi, le Japon dépensant seulement 1% de son PIB dans son armée peut ainsi l'investir dans d'autres domaines tels que la robotique. C'est ce que montre le schéma ci-dessus, où l'on voit que le Japon dépense 3,39% de son PIB dans la recherche et le développement, soit 162 milliards de dollars qui sont utilisés dans la robotique chaque année. Il est donc le pays qui investit le plus dans la robotique (Jautomatise, s.a., p. 14[30]).

En effet, la dimension culturelle et historique a un impact important dans le développement de la robotique au service du Japon.

La Chine est de son côté le plus grand marché pour les robots industriels depuis 2013 et elle prend à elle seule 43% de toutes les ventes en Asie, y compris l'Australie et la Nouvelle-Zélande. Elle est suivie par la République de Corée, avec une part de 24% des ventes régionales et le Japon (22%). Cela signifie que 89% des robots vendus en Asie et en Australie sont allés dans l'un de ces trois pays en 2015. Ces pays figurent dans le top dix des nations les plus industrialisées, comme mis en évidence dans la figure 4 ci-après.

[30] s.a. (2017). Le déploiement de robots est en hausse de 70% en Asie. *Jautomatise*, *111*, 14.

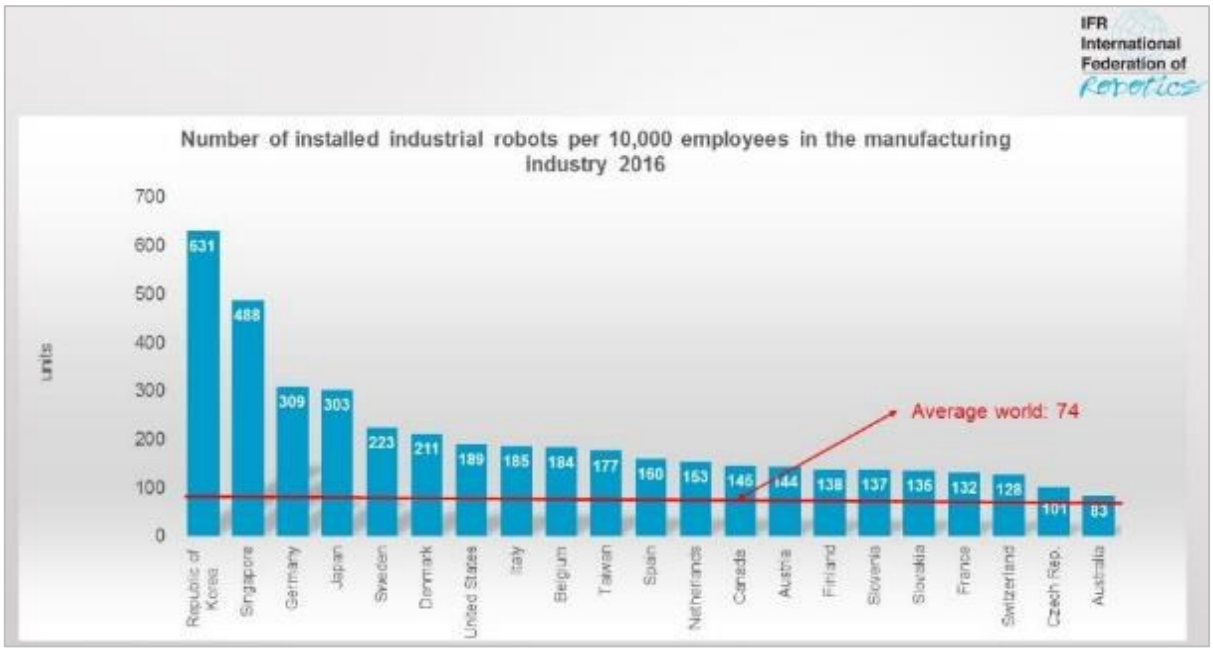


Figure 4 (Nombre de robots industriels par pays pour 10 000 employés dans les usines de production en 2016 | Source: IFR, 2017*a*)

Tsuda (2017, *In* IFR, 2017*b*), Président de la Fédération internationale de la robotique, explique qu'« en raison du volume élevé d'installations de robots en Asie ces dernières années, la région a le taux de croissance le plus élevé. Entre 2010 et 2016, le taux de croissance annuel moyen de densité de robots était de 9% en Asie, de 7% dans les Amériques et de 5% en Europe » (p. 1).

> L'automatisation des économies s'accélère dans le monde entier: la nouvelle moyenne globale de densité robotique dans les industries manufacturières est de 74 unités de robots pour 10 000 employés (66 unités en 2015). Par région, la densité moyenne de robots en Europe est de 99 unités, 84 unités dans les Amériques et 63 unités en Asie. Les 10 pays les plus automatisés au monde sont: la Corée du Sud, Singapour, l'Allemagne, le Japon, la Suède, le Danemark, les États-Unis, l'Italie, la Belgique et Taiwan. (*Ibid*., p. 1)

Ainsi, l'Europe affiche de son côté la plus forte densité d'équipement en robots industriels, avec un fort taux en Allemagne et Italie notamment. Comme illustré dans l'histogramme ci-dessous (figure 5), elle est également très présente sur le marché de la création et production de robots de services.

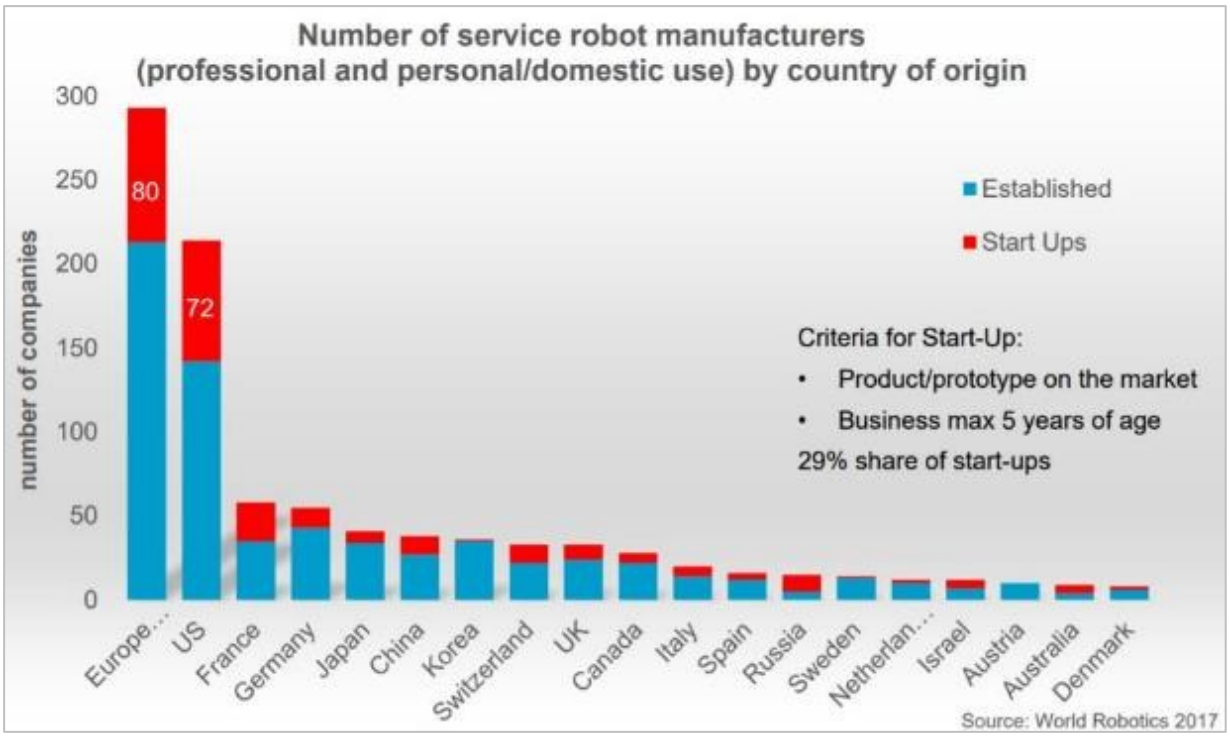


Figure 5 (Nombre de constructeurs de robots de services, à usages professionnel et personnel/domestique, par pays d'origine | Source I.F.R., 2017*a*[31])

En 2016-2017, l'Europe, France et Allemagne en tête, et les États-Unis se placent ainsi largement en première ligne des constructeurs de robots de services, devant le Japon, la Chine et la Corée, que ce soit en nombre d'industries de production qu'en *starts ups* de développement[32].

Étant donné que notre terrain de recherche se situe en France, regardons plus en détail l'état d'avancement de l'écosystème robotique français.

> La France a une densité de robot de 132 unités (se classant 18ème dans le monde), ce qui est bien au-dessus de la moyenne mondiale de 74 robots - mais relativement faible par rapport aux autres pays de l'UE. Les membres de l'UE comme la Suède (223 unités), le Danemark (211 unités), l'Italie (185 unités) et l'Espagne (160 unités) sont beaucoup plus automatisés avec des robots industriels dans le secteur manufacturier. Mais sous le nouveau gouvernement, la France est en train de retrouver la compétitivité dans ses secteurs manufacturiers. Cela peut, dans une certaine mesure, favoriser les installations de nouveaux robots dans les prochaines années. En 2017, le nombre d'installations de robots en France devrait avoir

[31] https://ifr.org/downloads/press/Presentation_PC_11_Oct_2017_1.pdf
[32] Tendances confirmées en 2019-2020. https://ifr.org/downloads/press2018/Presentation_WR_2020.pdf; https://ifr.org/img/worldrobotics/Executive_Summary_WR_2020_Service_Robots.pdf

augmenté d'environ 10%. Entre 2018 et 2020, un taux de croissance annuel moyen compris entre 5 et 10% est attendu. (IFR, 2017*b*, p. 2)

La figure 6 nous indique dans quels secteurs d'activités les robots de service sont le plus utilisés.

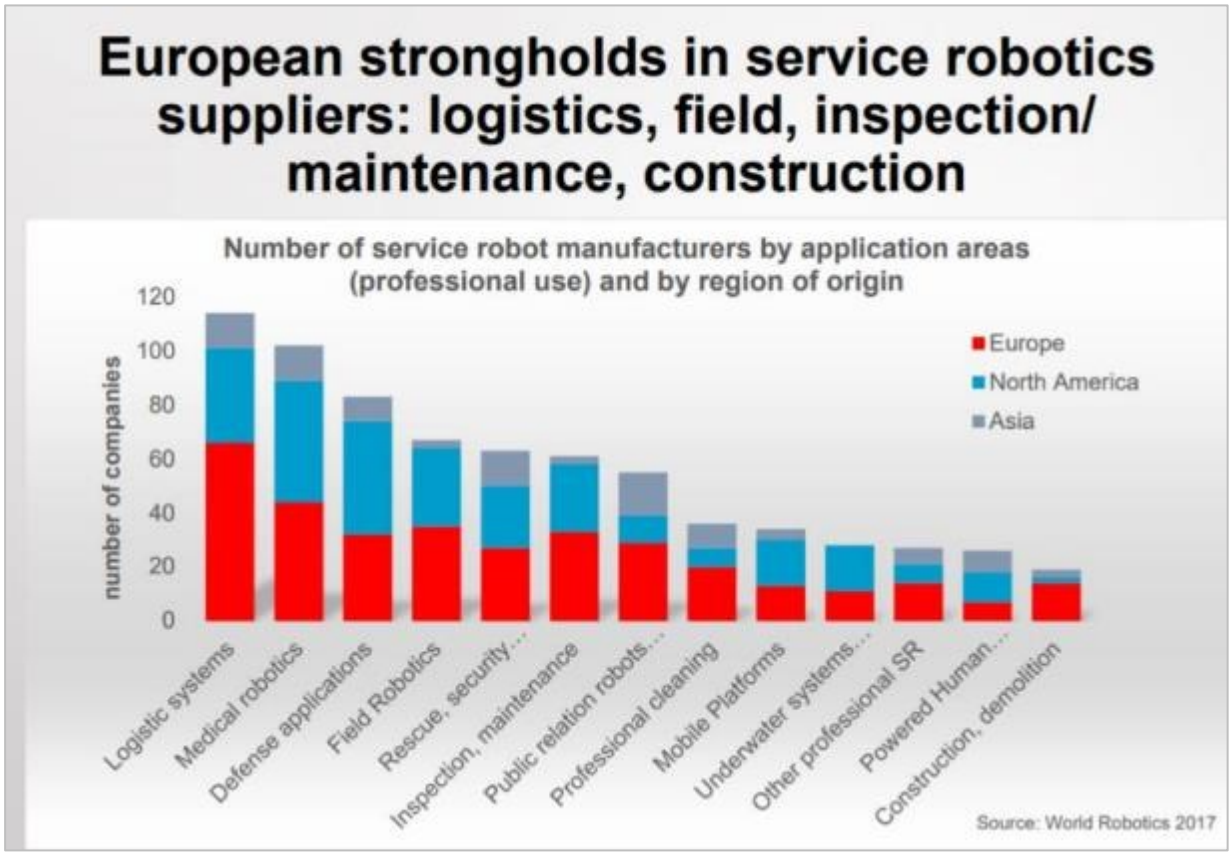


Figure 6 (Secteurs d'activités utilisant des robots de services par zones géographiques de distribution | Source IFR, 2017*a*)

Ce graphique nous permet d'identifier que l'Europe détient plutôt les marchés de la logistique, de la robotique dite de terrain (applications à l'environnement, l'agriculture et les forêts), de l'inspection / maintenance et de la construction. Elle est assez bien représentée dans le domaine des relations publiques, qu'elle partage avec l'Asie, berceau des robots sociaux.

D'autres domaines d'activités ont vu, depuis 2015-2016, leur exécution transformée par l'arrivée de robots sociaux ou l'intelligence artificielle:

- Le droit avec l'I.A. avocat *Ross*[33], qui permet d'automatiser les recherches de dossiers (par exemple les cas de jurisprudence dans les archives) pour les avocats;

[33] http://www.huffingtonpost.fr/2016/05/13/premier-robot-avocat-embauche_n_9954520.html
Et http://www.dailymotion.com/video/x4cdvcp

- L'exploration sous-marine avec le robot géant plongeur *Ocean One*[34], qui évite les zones trop dangereuses en eaux profondes pour les plongeurs;
- La médecine, avec un bras chirurgical, *DA VINCI* (développé et déployé par la société américaine *Intuitive Surgical*) qui assiste le chirurgien et son équipe pour des opérations de micro-neurochirurgie[35].

Et quelques autres encore, comme l'illustrent les deux synthèses en images figures 7 et 8.



Figure 7 (Exemples de robots existants, dans le monde, en mai 2017, classés par types d'usages, des robots industriels aux robots compagnons ou de services[36])

Nous observons que les usages potentiels concernent aussi bien les domaines de l'industrie, des transports et de la logistique, que ceux de l'agriculture ou du domaine militaire.

[34] http://www.20minutes.fr/marseille/1837599-20160501-video-marseille-robot-plongeur-ocean-one-avant-premiere-mondiale

[35] Voir aussi le témoignage du Professeur Guy Vallancien au Forum « Changer d'Ère » (5e édition en juin 2017) sur le thème « *Le travail aux robots… la vie aux humains* ». http://www.forumchangerdere.fr/edition-2017 et https://www.youtube.com/watch?v=R__SHpc1Kow&feature=youtu.be.

[36] Diaporama réalisé à partir de l'ouvrage de Bonneau, V. (2017), *Mon collègue est un robot*. Paris, France: Éditions Alternatives. (extraits télé-consultés en mai 2017): http://www.robot-magazine.fr/interview-de-valery-bonneau-auteur-de-mon-collegue-est-un-robot. Il recommande également, sur son site, le documentaire « *Human need not apply* »: https://www.youtube.com/watch?v=7Pq-S557XQU.

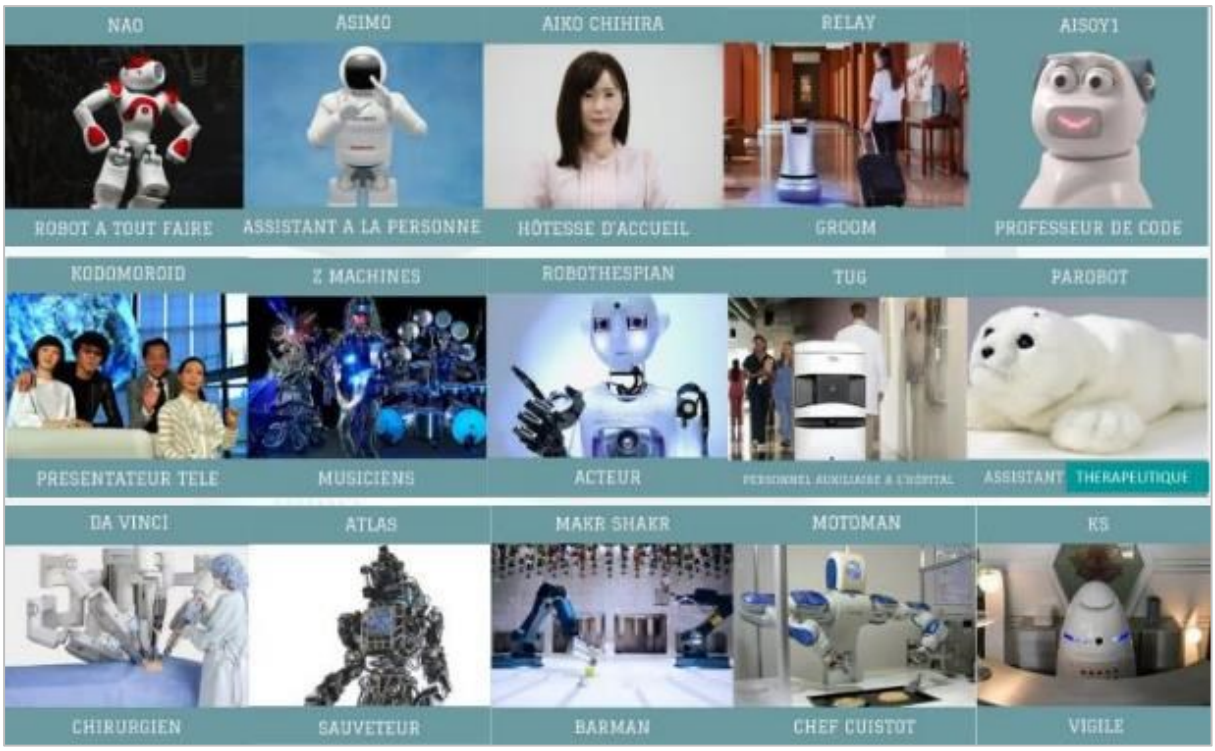


Figure 8 (Exemples de robots existants, dans le monde, en mai 2017 - suite)

Notons aussi que ces robots (appelés ‘‘cobots’’ lorsqu’ils sont destinés à la collaboration avec l’humain au travail) de service peuvent prendre différentes formes. Certains prennent forme animale: le plus célèbre étant le phoque *PARO* à visée d’aide thérapeutique, comme compagnon non porteur de microbes pour des malades atteints d’Alzheimer, proposé en institution par exemple. D’autres sont plus ou moins humanoïdes (avec pour exemple extrêmes les géminoïdes du Professeur Ishiguro en présentateur télé, deuxième ligne à gauche de cette figure). Leurs tailles sont également très variées: de 60 centimètres à plus d’un mètre cinquante.

Nous ciblerons plus particulièrement ces derniers dans notre recherche doctorale. Nous verrons plus en détail, dans la section suivante, des exemples d’usages spécifiques de ces robots sociaux humanoïdes, par domaines d’activités professionnelles, après les avoir définis et décrits.

Le *Consumer Electronics Show* (*C.E.S.*) est devenu le plus important salon consacré à l'innovation technologique et électronique grand public. Il se tient annuellement à *Las Vegas* au Nevada et il est organisé par la *Consumer Technology Association*. La robotique y a pris une grande place depuis l’édition 2015. Avec une grande délégation française (2e nation la

plus représentée après les É.U. à cette session), la France a fait preuve d'une forte présence renouvelée de 2016 à 2019[37]. Nous constatons que le secteur de la robotique est en pleine croissance dans le monde entier et que la France fait partie des pionniers en conception et ingénierie. Cela mérite par conséquent notre attention et contribue à démontrer la pertinence sociale de notre objet d'étude.

En 2013, le Gouvernement français, par le biais du Ministre du Redressement productif, puis d'Emmanuel Macron, alors Ministre de l'Économie, chargent Bruno Bonnell de la rédaction et de la mise en place du plan "France Robot Initiative", Ministère du Redressement Productif et Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (2013), visant à définir la robotique comme un secteur de développement économique stratégique pour la France et faisant partie des 34 plans pour la ''Nouvelle France Industrielle''.

Ce plan s'est décliné de plusieurs manières: une incitation pour les écoles à proposer des formations en robotique, un passage de moins de dix écoles en 2013 à plus de cinquante en 2016 à offrir ce type de cursus, et un Plan "*Robot start PME*" qui a financé des études dans des entreprises qui ont souhaité prendre le virage de la robotique.

À la suite de la publication du Rapport Villani, l'année 2018 lance un nouveau coup d'accélérateur pour la recherche en I.A. et robotique en France, le Président français Emmanuel Macron se voulant même ''Chef de file'' de l'Union Européenne. Il s'est positionné comme un acteur mondial sur ces thématiques comme il l'a affiché clairement lors du Salon *VivaTech* en mai 2018 à Paris, en présence des plus grands dirigeants de sociétés technologiques internationales (principalement américaines) du moment: Satya Nadella (*Microsoft*), Gini Rometti (*IBM*), Mark Zuckerberg et Yann LeCun (*Facebook*). Sous son impulsion, Cédric Villani lance ainsi en 2019 l'initiative européenne *AI for Good*[38]. Notons au passage que plusieurs des directeurs de recherche de ces sociétés renommées, regroupées sous l'appellation *G.A.F.A.M.I.* (pour *Google Apple Facebook Amazon Microsoft IBM*), sont issus de France ou

[37] Le salon a été suspendu en 2020 avec la pandémie Covid-19 et il est passé en format hybride en 2021 avec une participation moindre des pays étrangers.
[38] https://www.aiforgood.eu/home-fr

du Québec[39], faisant de Paris et Montréal des places importantes de la recherche en I.A. et robotique.

1.3 Focus sur les robots sociaux

Selon Damiano et Dumouchel (2016), « la robotique sociale vise à créer des agents artificiels, plus ou moins autonomes selon le cas, et dont une des fonctions principales est de servir de compagnons ou d'aides » (p. 18). Devillers (2017) ajoute que « les robots ont beaucoup évolué depuis les premiers robots de Karel Čapek […] Ce sont des *artefacts*, des machines mécatroniques, alliant mécanique, électronique et informatique » (p. 123). Elle précise que « la définition stricte du robot est de posséder des capteurs pour collecter des données, un processeur pour les analyser et des actionneurs qui permettent une action sur le monde physique » (*Ibid*, p. 123).

Nous comprenons que nous nous trouvons face à des objets technologiques avancés et permettant d'interagir avec l'environnement humain et les humains eux-mêmes, avec plus ou moins d'autonomie. Afin de les distinguer d'autres robots, à usage plus spécifique d'une part (comme les robots aspirateurs ou tondeuses à gazon), ou simples agents conversationnels virtuels (''*chatbots*'' en anglais) d'autre part (type *SIRI* d'*Apple, CORTANA* de *Microsoft, Alexa* de *Google*), nous pouvons reprendre également les précisions que Devillers (2017) apporte pour expliquer la nature différente et spécifique du robot social:

> - « Le robot peut se substituer à l'homme dans des situations de surveillance, d'assistance et d'interaction sociale;
> - Il simule des caractéristiques du vivant: son aspect physique, son comportement en interaction (simulation de parole et d'émotions), ses actions (marche, prise d'objets) ou ses capacités de raisonnement et de décision (choix entre plusieurs comportements);
> - Enfin, il se déplace dans notre environnement réel ». (p. 127)

Si nous résumons[40] la différence entre un robot social et une I.A., nous pouvons convenir qu'il s'agit d'un objet mécatronique et connecté, au service de l'humain, dans ses activités quotidiennes, personnelles ou professionnelles. Nous nous focalisons dans notre recherche sur cette dernière option d'usage du robot.

---

[39]Dont Joshua Bengio, qui a reçu le Prix Turing en 2019, conjointement à Yann LeCun: https://francecanadaculture.org/fr/le-prix-turing-recompense-trois-pionniers-francais-canadien-et-britannique-de-lintelligence-artificielle/

[40] Tiré de Bahier, Grasset et Pralong (2016). Apprendre demain en entreprise. *Table ronde Mesurer / Accompagner / Transformer*. Paris, France: PerformanSe.

Le robot social se repère plus spécifiquement par les caractéristiques et fonctionnalités suivantes:

- De forme humanoïde (tout ou partie de son enveloppe physique; à noter qu'une majorité des robots compagnons en cours de développement sont sur roulettes, car le déplacement sur pieds, autrement dit la marche, reste une opération compliquée à reproduire mécaniquement);
- Objet connecté, qui facilite l'accès à nos ressources en ligne (par exemple dans le cadre des formations: agendas et rappels, parcours *e-learning*, *MOOC*, vidéos) et qui peut se coordonner, selon le degré d'autonomie programmé, à d'autres objets connectés (tels qu'appareils domotiques, systèmes de visioconférence, *smartphones*);
- Dispositifs d'aide décisionnelle basés sur des processus préprogrammés, des algorithmes plus ou moins poussés qui intègrent ou non de l'I.A.;
- Capable d'empathie artificielle (grâce notamment aux progrès de l'I.A. sur le plan *software*, et de capteurs et caméras sur le plan *hardware*, lui permettant d'interagir avec l'utilisateur, voire de détecter ses émotions pour ajuster sa réponse comportementale):
    - On s'adresse à lui en langage dit ‘‘naturel’’ (fluide, proche d'un échange oral entre êtres humains);
    - Il peut répéter les informations et les instructions indéfiniment, sans ne se lasser ni juger;
    - Il sait entretenir l'attention et la motivation de son interlocuteur (exemple des enfants autistes);
    - Il sait simuler des émotions et adapter ses comportements non verbaux à son interlocuteur;
- Conçu pour s'adapter à un environnement humain inconnu ‘‘flou’’ (non contrôlé), pour par exemple mieux se mettre à la place de l'humain dans sa gestuelle et ses usages d'un outil numérique.

Devillers (2017) précise encore les particularités du robot social, « système caractérisé par trois composantes en interaction » (p. 202): recueil des données *via* ses différents capteurs, interprétation de celles-ci grâce à ses programmes et actions sur son environnement. « En résumé, la robotique dite ‘‘sociale’’ implique des interactions avec son environnement, et notamment avec des humains » (*Ibid.*, p. 129). La robotique de services « aura une capacité d'opération dans un environnement conçu par l'homme, et qui sera en interaction avec l'homme » (*Ibid.*, p. 130).

Un robot compagnon a pour finalité d'aider les particuliers (comme les enfants, les adultes, les personnes âgées ou les personnes en situation de handicap) dans leurs gestes quotidiens, par des applications ou programmes conçus par des développeurs qui se spécialisent sur des usages familiaux.

Voici quelques exemples déjà proposés par les robots d'assistance personnelle type *NAO*, *PEPPER* et leurs concurrents *BUDDY*, *ASIMO*, *ALPHA*, *ZENBO*, rejoints par *CRUZR* en 2019. Ils sont utilisés pour de la télésurveillance, la gestion de la domotique, le rappel de rendez-vous ou de prise de médicaments, la personnalisation de diffusion de musique selon les membres de la famille, des exercices ludo-éducatifs, des démonstration de mouvements de danse, de gymnastique ou de relaxation, une aide à la navigation sur Internet (pour rechercher et lire une recette de cuisine par exemple) ou encore la prise et envoi de photos aux membres de son carnet d'adresses.

La figure 9 compare les différentes apparences et fonctionnalités de robots humanoïdes, à visée d'assistance personnelle, potentiellement disponibles sur le marché international à l'heure où nous écrivons ces lignes[41].

		 NAO	 PEPPER	 BUDDY	 CRUZR	 ALPHA
FICHE TECHNIQUE: I.H.M.	SE DÉPLACE EN AUTONOMIE	● (marche limitée)	● (sur roulettes)	● (sur roulettes)	● (sur roulettes)	● (comme NAO)
	BOUGE BRAS ET JAMBES	●	● (mains, sans capacité de préhension)	● (en option)	● (mains et bras mobiles)	
	TABLETTE INTERACTIVE		●	●	(écran LED)	
	PARLE EN « LANGAGE NATUREL »	● (sur scripts)	●	●	●	?
	EXPRESSIONS DU 'VISAGE'	(couleurs yeux)	(couleurs yeux)	●	●	
	CONTRÔLABLE PAR APPLI.		●	●	●	
	CONNEXION WIFI	?	●	●	●	
	I.A. INTÉGRÉE		(en cours)	(en cours: Watson)	(possible selon usages)	
APPLICATIONS	SÉCURITÉ & DOMOTIQUE			OUI	OUI	
	CARE	OUI		OUI	OUI	
	APPRENTISSAGE CODAGE IT	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI ?
	ASSISTANT PERSONNEL		OUI	OUI	OUI	
	LUDO-EDUCATION (ENFANTS)	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
	FORMATION ADULTES	OUI	Accueil / autres thèmes à paramétrer		Accueil / autres thèmes à paramétrer	

Figure 9 (Synthèse comparative des fonctionnalités de robots humanoïdes disponibles en 2021)

[41] *Cybedroid* (Limoges, France), concepteur de *LEENBY* (robot d'accueil) a déposé le bilan à l'été 2020.

Nous pouvons constater que peu d'entre eux sont vraiment autonomes et qu'ils ne présentent pas encore beaucoup d'usages professionnels. De leur côté les humains sont-ils prêts à interagir et à utiliser ces robots humanoïdes que certains perçoivent comme une menace (qu'ils ne peuvent pas contrôler), si ce n'est pas sur leur sécurité, du moins sur la pérennité de leur emploi ou plutôt de leur métier?

Les années 2016-2018 avaient été décrites, dans la presse spécialisée ainsi que dans les articles scientifiques, comme devant rester dans les annales comme une période de démocratisation de l'accès grand public aux robots compagnons, dans le monde entier, après des expériences pilotes réussies en Asie notamment.

La livraison des premiers *BUDDY* avait été annoncée sur le plan international à un coût abordable (en prévente depuis l'été 2015 *via* la plateforme *indiegogo* et la campagne *@adoptbuddy*) pour les *early adopters* et les développeurs sollicités sur appels à projets ou lors d'*hackaton* pour travailler de nouvelles applications et de nouveaux usages. En mai 2016, *Softbank Robotics*[42] a lancé la mise sur le marché européen des robots *PEPPER*, déjà présents au Japon chez les particuliers comme dans de nombreux magasins.

Néanmoins, force est de constater que d'une part fin 2020 la livraison des *BUDDY* n'était pas encore assurée[43]. Et d'autre part, le coût d'accès aux *PEPPER* reste très onéreux, sans parler de leurs mises à jour logicielles pour les propriétaires. Parions que les évolutions d'équipement et d'usage viendront d'abord du grand public, avec une diffusion de plus en plus démocratique des robots ‘‘compagnons’’ dans les foyers, devenant ainsi un support aussi courant que les téléphones ou les ordinateurs personnels (P.C.) d'ici à dix ans? Qui plus est, le coût (d'achat comme de maintenance) reste encore aujourd'hui un obstacle à l'accès, aux développeurs comme aux utilisateurs, par conséquent à la diffusion des robots.

[42] Nouveau nom de la société française *Aldébaran* rachetée par les japonais *Softbank* en 2015. Cette branche *Softbank Robotics* fusionne en janvier 2021 avec *Iris Ohyama* (entreprise japonaise spécialisée dans les produits du quotidien et l'électronique) pour créer *Iris Robotics*: https://www.usine-digitale.fr/article/softbank-forme-une-coentreprise-dans-la-robotique-avec-iris-ohyama.N1054129.

[43] Retard accentué par les impacts de pandémie Covid-19 et la crise économique associée.

1.4 Apport de l'intelligence artificielle: entre mythes et réalités

L'I.A. constitue un volet différenciant important entre un robot domestique spécialisé sur une tâche (comme le robot aspirateur) et un robot social, polyvalent et capable d'interagir avec les humains dans leur environnement quotidien.

Toutefois, nous constatons que le développement de l'I.A. est encore limité au moment où nous rédigeons ce travail. On parle d'I.A. faible. Dans notre thèse, qui s'inscrit en sciences humaines (et non en sciences de l'ingénieur), nous ne pourrons pas approfondir et démystifier toutes les promesses technologiques liées à l'I.A. et ses apports actuels en robotique.

> L'intelligence artificielle va-t-elle bientôt dépasser celle des humains ? Ce moment critique, baptisé ''Singularité technologique'', fait partie des nouveaux *buzzwords* de la futurologie contemporaine et son imminence est proclamée à grand renfort d'annonces mirobolantes par des technogourous comme Ray Kurzweil (chef de projet chez Google!) ou Nick Bostrom (de la vénérable université d'Oxford). Certains scientifiques et entrepreneurs, non des moindres, tels Stephen Hawking ou Bill Gates, partagent ces perspectives et s'en inquiètent. Menace sur l'humanité et/ou promesse d'une transhumanité, ce nouveau millénarisme est appelé à se développer. Nos machines vont-elles devenir plus intelligentes et plus puissantes que nous? Notre avenir est-il celui d'une cybersociété où l'humanité serait marginalisée? Ou accéderons-nous à une forme d'immortalité en téléchargeant nos esprits sur les ordinateurs de demain? (Ganascia, 2017, p. 28)

Retenons à ce stade que l'I.A., en plein essor sur le plan scientifique et ses applications terrain[44], fait progresser les capacités des robots. Elle augmente et diversifie les services apportés, grâce à l'apprentissage machine (''*machine learning*''). Ces algorithmes permettent à la machine d'apprendre à décoder son environnement sans que le concepteur ni l'utilisateur n'aient à décrire l'intégralité du processus de traitement de l'information; par exemple repérer une photo de chat, reconnaître un visage humain ou identifier une musique.

À l'instar de Ganascia (2017), Devillers (2017) nous alerte aussi sur les fausses promesses technologiques et manipulations médiatiques autour de l'I.A. (par exemple la ''robote humanoïde Sophia'', à laquelle le Qatar a donné la nationalité en décembre 2017, mais dont l'intelligence est largement questionnée. Il s'agit plus ici d'un automate préprogrammé avec une I.A. encore très limitée.

[44] Après deux périodes creuses: une première 'hibernation'' entre 1974 et 1980, puis le second ''Hiver de l'I.A.'' de 1987 à 1993 (crise économique).

Maclure et Saint-Pierre (2018) nous confirment qu'

> aucune technoscience ne suscite actuellement autant de craintes et d'espoirs que les machines dotées d'IA. C'est à l'image de ce contraste que se forgent en grande partie les perceptions à l'égard de l'IA: soit l'IA génère un enthousiasme jusqu'à preuve du contraire excessif, soit un catastrophisme. Il s'agit là d'un schème de compréhension à partir duquel il est difficile de cerner et de définir les véritables enjeux éthiques de l'IA. Bien que les réserves exprimées à son sujet soient de plus en plus fondées sur l'état actuel de son développement, les craintes les plus vives tombent fréquemment du côté de la spéculation proche de la science-fiction. […] Or, une réflexion collective sur l'IA qui repose trop lourdement sur ces scénarios futuristes s'interdit de voir les risques et les bénéfices des applications actuelles de l'IA. (p. 746-747)

Ces auteurs nous permettent d'insister sur le besoin de développer l'I.A. pour des usages intéressants et concrets afin d'éviter de tomber dans des représentations fictionnelles. Se pose alors la question de développer une réflexion autour de l'éthique, incluant le sens moral, la notion de bien ou de mal pour une I.A. (Gelin et Guilhem, 2016; Nomura, 2015) et potentiellement des normes juridiques, ce que nous allons présenter plus avant dans la section suivante.

1.5 Aspects éthiques

Sur ce plan de l'éthique, afin de répondre à la question ''jusqu'où pouvons-nous aller?'', des chercheurs et industriels du monde entier (Musk, Hawking, Chomsky) ont commencé à travailler ensemble avec des initiatives comme la lettre ouverte contre les ''robots tueurs''[45] lancée en août 2015. Elon Musk a également créé l'association *Open AI*, centre de recherche international, afin de mutualiser et réguler les études dans le domaine.

Même si nous ne pourrons pas traiter tous ces thèmes au sein d'une même thèse, il est intéressant de voir que différentes disciplines se penchent sur le sujet de l'éthique associée au développement de l'I.A.: des philosophes comme Damiano et Dumouchel (2016), les essayistes Harari (2017) et Husvedt (2018), des juristes comme l'avocat spécialisé en droit des robots Bensoussan (2016), des psychologues comme Tisseron (2015) qui met en évidence la notion d'empathie artificielle, ou encore des chercheurs en ingénierie informatique comme Devillers

[45] Tual, M. (2015, 27 juillet). Stephen Hawking et Elon Musk réclament l'interdiction des ''robots tueurs''. *Le Monde*. http://www.lemonde.fr/pixels/article/2015/07/27/intelligence-artificielle-hawking-musk-et-chomsky-reclament-l-interdiction-des-armes-autonomes_4701102_4408996.html
Voir aussi: Doaré, R., Danet, D., (de) Boisboissel, G. (dir.) (2015). *Drones et killer robots: Faut-il les interdire?* Rennes, France : Presses universitaires de Rennes.

(2017). Cette dernière prône la conception de robots moraux et défend l'idée d'une éthique robotique. Elle propose « 11 commandements » (p. 227), pour construire les robots sociaux de demain, et a participé au rapport sur l'éthique de la robotique du CERNA[46]. Dans ce même esprit, l'organisation *Robot of the year*[47], initiative internationale lancée en 2018 et visant à sélectionner et élire le projet robotique le plus éthique, est composée d'un jury interdisciplinaire.

Asimov, auteur de fiction, mais scientifique de formation, a largement contribué à diffuser une sorte de mythologie de la robotique, en consacrant une grande partie de sa vie et de son œuvre à décrire un monde où humains et robots vivraient ensemble. Nous retiendrons en particulier les fameuses ‘‘Trois Lois de la Robotique’’, qui ont ensuite été reprises par d'autres romanciers, comme cités plus haut. Elles ont surtout inspiré les chercheurs (Beauvais et Genest, *In* Béland et Legault, 2012) et les concepteurs de robots humanoïdes comme chez *BLUE FROG ROBOTICS* (Hasselvander, 2016, communication personnelle) ou *SOFTBANK ROBOTICS* (Gelin et Guilhem, 2016). Les développeurs de logiciels dédiés aux usages de la robotique dite sociale (Basset et Ben Taieb, 2018; Calzada, 2017, communications personnelles) se basent dessus également.

Exposées pour la première fois dans sa nouvelle intitulée ‘‘Cercle vicieux’’ (Asimov, 1942), mais annoncées dans quelques histoires plus anciennes, les lois sont rédigées selon les trois impératifs ci-après.

- 1) Un robot ne peut porter atteinte à un être humain ni permettre qu'un être humain soit exposé au danger en restant passif;
- 2) Un robot doit obéir aux ordres qui lui sont donnés par un être humain, sauf si de tels ordres entrent en conflit avec la première loi;
- 3) Un robot doit protéger son existence tant que cette protection n'entre pas en conflit avec la première ou la deuxième loi.

Asimov testa ses lois dans diverses situations et amena celles-ci à des modifications en remarquant des imperfections. Il énonça alors plus tard la ‘‘Loi Zéro’’ qui va s'ajouter aux trois

[46] Commission de réflexion sur l'Éthique de la Recherche en sciences et technologies du Numérique d'Allistène (CERNA) (2014). *Éthique de la recherche en robotique. Allistène (Alliance des sciences et techniques du numérique)*. http://cerna-ethics-allistene.org/digitalAssets/54/54000_38704_Avis_robotique_livret.pdf
[47] https://www.therobotoftheyear.com/

lois, pour tenter d'apporter une dimension encore plus sociale et sociétale à l'éthique de la robotique:

- 0) Un robot ne peut pas faire de mal à l'humanité ni permettre, par son inaction, que l'humanité soit blessée.

Avec ces bases éthiques, Asimov (1990) voulait se démarquer de l'héritage (dit ''*Frankenstein*'') des romans de science-fiction de l'époque, où toute créature non humaine finissait par se retourner contre son créateur[48] et exprimait des velléités de destruction de l'humanité en général. Devillers (2017) affirme que l'œuvre d'Asimov de « science-fiction robotique est toujours très actuelle. […] une projection dans le futur de l'acceptabilité éthique et sociale des robots intelligents » (p. 49) et que les développeurs du monde entier n'ont pas encore pu trouver de bases autres que ces lois pour établir un cadre éthique pour réguler le fonctionnement des I.A., notamment celles embarquées dans les robots sociaux (Devillers, 2017; Gelin et Guilhem, 2016). Mais ces lois, pas si simples à interpréter et à programmer sur le plan du codage, sont « insuffisantes pour les robots sociaux, car il faut prendre soin de respecter la vie privée, de réfléchir à la manipulation, au mensonge… et de respecter les règles d'interaction dans la société » (Devillers, 2017, p. 51).

Turkle (2011) soulève également le risque de repli sur soi et de désocialisation pour des individus qui développeraient un attachement démesuré à leur robot. Cette anthropologue et psychologue, qui dirige le département Technologie et autonomie du MIT, travaille en particulier sur les effets sociaux et psychologiques des nouvelles technologies. Elle a observé chez les utilisateurs de robots de compagnie une tendance à les considérer comme vivants et à se laisser duper par leurs réactions préprogrammées.

Si nous faisons un tour du monde des mobilisations gouvernementales et institutionnelles sur ce sujet, soulignons que la Corée du Sud a été la première à lancer un programme robotique dès les années 1970 avec la rédaction d'une charte éthique des robots en 2007 inspirée des lois d'Asimov (Devillers, 2017).

[48] Voir aussi le mythe du Golem.

Le Canada est le premier pays où un gouvernement a pris position officiellement pour une régulation de l'I.A. en publiant la *Déclaration de Montréal*[49] lors du *Forum I.A. Responsable* en novembre 2017. En voici un extrait:

> L'intelligence artificielle peut créer de nouveaux risques et exacerber les inégalités économiques et sociales. Mais elle peut aussi contribuer au bien-être, à la liberté ou à la justice. […] D'un point de vue éthique, le développement de l'IA pose des défis inédits. Pour la première fois dans l'histoire, nous avons la possibilité de créer des agents non humains, autonomes et intelligents, qui n'ont pas besoin de leurs concepteurs pour accomplir des tâches que l'on croyait réservées à l'esprit humain. […] Ces agents artificiels vont donc être amenés à influencer directement nos vies. À long terme, on pourrait créer des « machines éthiques », c'est-à-dire capables de prendre des décisions en se conformant à des principes éthiques. Il faut se demander si ces développements sont responsables et souhaitables. […] Pour cette première phase de la déclaration, nous avons identifié sept valeurs: bien-être, autonomie, justice, vie privée, connaissance, démocratie et responsabilité. (Préambule, s.p.)

La Commission de l'éthique en science et technologie (CEST)[50] du Québec a d'ailleurs choisi, pour son premier document de réflexion portant sur la question de l'I.A., d'explorer les impacts potentiels de celle-ci sur le monde du travail (Maclure et Saint-Pierre, 2018), portant cette réflexion comme un des enjeux sociétaux majeurs du XXI^{e} siècle. « Rejetant la théorie catastrophiste du robot dominant l'humain, les auteurs discutent de risques du développement de l'intelligence artificielle et de certains enjeux éthiques qu'ils soulèvent; de la transparence des algorithmes à la protection de la vie privée, en passant par les impacts de l'automatisation par l'IA sur le monde du travail » (p. 743).

Plus tardivement, la Commission européenne s'est penchée sur le sujet avec notamment la création en 2018 d'un groupe d'éthique des sciences et des nouvelles technologies qui aura pour objectif de proposer et présenter une stratégie européenne globale sur l'I.A., présentée sur leur page web.

> Les technologies d'intelligence artificielle offrent un grand potentiel en matière de création de solutions nouvelles et innovantes pour améliorer la vie des peuples, assurer la croissance de l'économie et relever les défis en termes de santé et de bien-être, de changement climatique et de sécurité. Cependant, comme toute technologie perturbatrice, l'intelligence artificielle comporte des risques et présente des défis sociétaux complexes dans plusieurs domaines tels que le travail, la sécurité, la vie privée, l'éthique, les compétences, etc. Une approche globale de l'intelligence

[49] ©Déclaration de Montréal pour le développement responsable de l'I.A. (2017). Montréal, Canada: Université de Montréal.
https://www.declarationmontreal-iaresponsable.com/ (télé-consulté en novembre 2017)
[50] http://www.ethique.gouv.qc.ca/fr/commission/mandat.html (télé-consulté en janvier 2019)

> artificielle, qui couvre tous les effets de cette dernière, sur la société dans son ensemble, s'avère cruciale, surtout à une époque où les évolutions s'accélèrent. Le groupe d'étude temporaire sur l'intelligence artificielle a été mis en place afin de garantir la continuité des travaux du CESE[51] dans ce domaine.

Cette institution a rédigé un rapport sur le futur du travail et les impacts de l'I.A. et la robotisation en particulier, ce qui appuie la pertinence sociale de notre étude. Dans le cadre d'une audience publique en mai 2018, organisée au Comité Économique et Social Européen (C.E.S.E.) à Bruxelles, un premier projet d'avis du Comité relatif à l'I.A. et ses impacts sur le travail a été débattu avec la rapporteure Franca Salis-Madinier, Secrétaire Nationale de la CFDT Cadres en France.

Selon elle,

> Il convient d'anticiper les impacts de l'intelligence artificielle sur le travail afin d'assurer une transition numérique équitable. Le travail est un espace d'interaction par excellence entre l'humain et la machine. Au-delà de la question de l'emploi, nous devons nous pencher sur la nature du travail, l'organisation du travail et les conditions de travail : des aspects trop peu abordés. Cette anticipation doit être articulée à l'aide des outils existants au niveau européen et national. (CFDT, 2018, s.p.[52])

Ce syndicat, à rayonnement européen, prône à son tour la nécessité d'une réflexion concertée, tant entre les structures privées que les organismes et institutions publics et les chercheurs, sur le développement de l'I.A. et de la robotique afin de les mettre réellement au service d'une amélioration des conditions de travail et non pas de suppression d'emplois.

Enfin, depuis 2016, la France a également lancé différentes initiatives.

> L'étude prospective sur ‘‘la stratégie en intelligence artificielle pour la France’’ devrait permettre à nos dirigeants de construire une vision sur l'intelligence artificielle et la robotique avec des préconisations éthiques, des outils de mesure, des lois juridiques, et des initiatives d'éducation et de formation continue. (Devillers, 2017, p. 221)

Suite au rapport de synthèse sur l'I.A. du Gouvernement français (2016), le Rapport Villani (2018) présente une note de synthèse recommandant cinq piliers pour une ‘‘I.A.

---

[51] CESE (Comité économique et social européen à Bruxelles). *Groupe d'étude temporaire sur l'intelligence artificielle*. https://www.eesc.europa.eu/fr/sections-other-bodies/other/groupe-detude-temporaire-sur-lintelligence-artificielle (télé-consulté en décembre 2018).

[52] https://www.cadrescfdt.fr/actualites/ceseeurope-ia-anticiper-ses-impacts-sur-le-travail-pour-une-transition-equitable

bénéfique pour notre société'': prise de conscience, transparence, implication éthique des acteurs, audit des données et I.A. comme assistant (outil d'aide à la décision).

Afin de prendre en compte ces recommandations, nous comprenons bien ici l'importance d'instances de régulation du développement de l'I.A. et de la robotique comme c'est le cas en médecine avec des comités de bioéthique, qui dépassent les frontières nationales. Nous supposons qu'il s'agit là d'un facteur susceptible d'influencer favorablement tant la société que l'utilisateur final. Il nous faudrait voir comment cette prise en compte de considérations éthiques, dès la conception de l'objet robotique (''*by design*'') pourrait contribuer à l'acceptation sociale, en particulier quand les robots vont être intégrés à des activités dites à haute valeur ajoutée et nécessitant de fortes interactions avec les humains.

Des initiations à la robotique sont proposées aux enfants en milieu scolaire, que ce soit en Europe, en Amérique du Nord, en Asie. Mais qu'en est-il des populations adultes travaillant en entreprise, qui voient des robots de services arriver dans leur environnement de travail comme dans leur environnement quotidien? Cette transformation de leur cadre de travail est-elle accompagnée? Ce changement est-il imposé de fait comme une évolution nécessaire des organisations? Les travailleurs vont-ils accepter les robots comme un outil professionnel à leur service?

En synthèse, dans un contexte de digitalisation et de robotisation accrue des activités de travail, y compris dans le secteur des services, il est crucial de former les salariés à pouvoir continuer à travailler dans ces métiers transformés ou émergents. L'I.A. et les robots peuvent devenir pour eux des outils pour faciliter leurs conditions de travail. À cette fin, il va nous être nécessaire de pouvoir identifier leurs attitudes initiales afin pouvoir mieux les accompagner.

Mais avant de pouvoir utiliser les robots, il nous semble essentiel d'en comprendre le fonctionnement et les limites. Voyons quels en sont les premiers usages et les leçons que nous pouvons en tirer, afin de concevoir de futures démarches de formation à ces technologies et d'accompagnement ou d'adaptation des usages pertinents.

2. Problématisation: usages des robots sociaux dans des activités professionnelles et questions d'acceptation

Après une première sous-partie introductive (2.1), cette section est composée de deux autres sous-parties dédiées aux recensions (ou état de l'art). Nous présentons d'abord en sous-section 2.2 des cas d'usages non documentés scientifiquement ainsi que quelques-uns qui le sont. Puis nous résumons, dans la 2.3, les études empiriques relevées impliquant des interactions homme / robot en situation d'activité professionnelle de service, avec une analyse critique de leurs devis méthodologiques.

2.1 Première approche du terrain (démonstrations robots et entretiens)

Après cette contextualisation sur les usages de la robotique en contexte professionnel, et avant de rédiger la problématique, notre première approche exploratoire en tant que chercheuse a été de découvrir et d'entrer en relation avec des acteurs de l'écosystème robotique français, tel que synthétisés dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1: Principaux acteurs de la robotique française rencontrés (2015 à 2017 +2019)

TYPE D'ACTEURS	**NOM SOCIÉTÉ**	**VILLE**
Concepteurs de robots	*SOFTBANK ROBOTICS (ex. ALDEBARAN)*	Paris
	BLUE FROG	Paris
	CYBEDROÏD	Limoges
	EVENT BOTS	Rouen
	BALYO	Moissy-Cramayel
Développeurs de logiciels liés aux usages des robots sociaux	*INTUITIVE ROBOTS*	Nantes
	HOOMANO	Lyon
	GÉNÉRATION ROBOTS	Bordeaux
	CONSERTO	Nantes
Chercheurs en robotique	*INSTITUT MINES TELECOMS*	Nantes
	CRIIF	Paris
	IRCCyN	Nantes
	INRIA	Paris
	ISIR (La Sorbonne)	Paris
Formateurs et conseillers pouvant envisager d'intégrer des robots sociaux dans leurs dispositifs de certifications professionnelles ou d'accompagnement (aides techniques) auprès d'adultes	*JULHIET STERWEN*	Neuilly
	PERFORMANSE	Nantes
	PAIRFORM	Nantes
	CENTICH (Groupe VyyV)	Angers

Consultants en conduite du changement intéressés par la thématique de l'automatisation des activités (ex. domaines banques et assurance, domaine juridique) telle que la R.P.A. (*Robot Process Automation*) et les développements de l'I.A.	*JULHIET STERWEN*	Neuilly-sur-Seine
	GEODIS	Paris
	SOCIÉTÉ GÉNÉRALE	Paris

Notons que ces acteurs se situent dans les quatre coins du pays et pas seulement en région parisienne, centre administratif et économique de la France. Nous y trouvons des concepteurs, des développeurs-intégrateurs, et des utilisateurs potentiels dans différents secteurs d'activité et types d'organisation, privées comme publiques.

Ces rencontres se sont matérialisées par le biais de différents médias: dans le cadre de salons et forums spécialisés (*INNOROBO*[53], *ROBOTIC DAY*[54], *R2D*[55], *PEPPER WORLD PARIS*[56]); d'échanges professionnels informels (exemple figure 10); d'entretiens semi-directifs présentiels exploratoires; à travers leurs communications via leurs sites web et réseaux sociaux (*Twitter, LinkedIn, Facebook*); sans oublier les comptes rendus des dernières éditions du *C.E.S.*, ainsi que les parutions du magazine spécialisé *PLANÈTE ROBOTS*[57].



Figure 10 (Découverte en images du robot *BUDDY* | Montage photographique personnel)

[53] *INNOROBO*, édition mai 2016: https://innorobo.com/fr/tout-savoir-sur-innorobo/.
[54] *ROBOTIC DAY*, édition septembre 2015.
[55] *Robot Revolution Days* (*R2D*), édition novembre 2016. https://www.balyo.com/.
[56] Information télé-consultée en avril 2017. https://www.softbankrobotics.com/emea/en
[57] https://www.planeterobots.com/

Cette photographie, prise à la suite de nos entretiens avec le fondateur de l'entreprise *BLUE FROG ROBOTICS*, Rodolphe Hasselvander (CEO), et ses équipes, illustre un exemple d'interaction avec le robot *Buddy*. Ce robot social, à qui nous pouvons nous adresser directement en langage naturel oral, est conçu également pour exprimer (en tout cas mimer) des émotions par le truchement d'une variation d'expressions de son visage numérique, par exemple des clins d'œil ou des changements de couleur de son iris virtuel.

Ces entrevues exploratoires (menées de septembre 2015 à mai 2017, et complétés en 2019 pour actualisation) nous ont permis de comprendre les fonctionnalités réelles des robots sociaux actuellement diffusés (majoritairement au sein d'institutions publiques et de laboratoires scientifiques, pour des raisons budgétaires), ou leurs usages à venir en tant qu'assistants personnels. Dans ce cadre, nous avons découvert la dynamique et l'esprit de partage en termes de développement du côté des concepteurs (*hardware* et *software*), notamment en France[58]. Nous avons cependant observé des réactions contrastées de la part des utilisateurs potentiels, même si le sentiment de curiosité domine, du moins dans une première approche.

Ces rencontres ont également mis en lumière les promesses technologiques et les travaux restants à développer par les concepteurs face aux attentes des utilisateurs actuels et potentiels (particuliers et entreprises).

Lors de l'édition 2017 du Salon Innorobo à Paris, les orateurs et le public de la conférence[59] ont souligné la différence entre secteurs industriels des différents pays. Les Européens sont souvent centrés sur les normes et la sécurité, tandis que les marchés asiatiques, comme américains, sont plus focalisés sur l'efficacité. Ceci entraîne des modalités d'intégration et d'adoption des robots différentes dans l'entreprise, avec un déploiement européen géré de ce fait par les équipes techniques plus que par l'humain. Les dimensions formation et conduite du changement auprès des utilisateurs potentiels semblent sous-estimées à ce jour, surtout dans le cadre d'usages proposés, voire imposés, par l'entreprise (ce qui est différent d'un usage à l'initiative de l'utilisateur final).

---

[58] D'ailleurs, à l'échelle européenne, *INTUITIVE ROBOTS, GÉNÉRATION ROBOTS* (France) et *AVATARION TECHNOLOGY* (Suisse) ont décidé d'unir leurs efforts de recherche et développement en créant le consortium *HERA* en octobre 2019: https://www.generationrobots.com/fr/content/128-generation-robots-intuitive-robots-et-avatarion-technology-creent-ensemble-hera.

[59] *INNOROBO*. (2017). *Bilan de l'édition 2017*. https://www.innorobo.com, télé-consulté en mai 2017.

Au cours de nos entretiens semi-directifs, préliminaires à cette recherche, nous avons justement voulu connaître l'avis de celles et ceux qui accompagnent les transformations, en particulier technologiques, dans les entreprises françaises. Dans cette perspective, nous avons rencontré et interrogé des consultants et formateurs, afin de connaître leur vision.

Nous souhaitions ainsi regrouper leurs premières représentations individuelles à l'égard de l'arrivée de robots sociaux dans leurs métiers et/ou chez leurs clients. Nous les avons également questionnés sur ce qui selon eux fonctionne ou pas sur le plan des usages robotiques pertinents et le rôle de l'I.A. Nous avons résumé dans le tableau 2 les facteurs ressortis principalement selon eux comme freins ou facilitateurs d'adoption de robots dans leurs activités professionnelles quotidiennes.

Tableau 2: Freins et facilitateurs d'adoption supposés des robots sociaux, comme outils de travail, selon des consultants en accompagnement du changement.

FREINS à l'ADOPTION	**FACILITATEURS d'ADOPTION**
Peur d'être remplacé (impact sur le métier)	Se définir comme technophile (''*geek*'')
Crainte de ne pas être assez à l'aise avec l'informatique et de ne plus maîtriser les activités professionnelles (perte supposée de compétences et d'expertise)	Lecture des romans d'Asimov
Sécurité des données (R.G.P.D.)[60]	Usage d'objets connectés (à titre personnel et/professionnel)
Impact de la science-fiction: image du robot qui va détruire l'homme!	Usage de robots spécifiques à domicile: aspirateurs, jouets, voiture autonome…
Empathie dite ''artificielle'' de la part de la machine et difficulté d'attachement pour l'homme?	Connaissances en I.A. et sa portée réelle
	Offres de mises à niveau des salariés, d'anticipation des qualifications et des compétences, des connaissances disponibles et de celles à produire
	Habituation/ acculturation par la présence de robots humanoïdes dans son quotidien: Carrefour, SNCF, maison de retraite…

[60] Règlementation Générale sur la Protection des Données: loi européenne de protection des données (entrée en vigueur à fin mai 2018): https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0679

À partir de conversations personnelles avec les professionnels suscités, nous avons ainsi listé des premières pistes de facteurs pouvant impacter négativement ou positivement les intentions d'usage et les processus d'adoption de robots au travail.

Nous avons également rencontré des utilisateurs de robots dans le domaine tertiaire (responsables ressources humaines, équipes innovation dans le milieu bancaire…) qui nous ont fait part de leurs déceptions face à leurs premiers usages de robots tels que le *Pepper*, moins interactifs ou autonomes qu'ils ne le pensaient. De plus, ils ont été ''refroidis'' par le coût élevé et le temps nécessaire au développement de mises à jour logicielles et de nouvelles fonctionnalités. L'une de ces personnes nous a même indiqué que sa Direction de la Transformation a préféré remiser leur robot *Pepper* au placard plutôt que d'engager des frais supplémentaires de mises à jour pour un usage incertain. Et de l'autre côté, *Softbank Robotics* ne propose pas d'actualisation sans frais ni coûts négociés à leurs premiers utilisateurs.

En conclusion de cette partie, il convient de se demander à quel besoin le robot social répond en contexte de travail, surtout dans les secteurs impliquant des prestations intellectuelles plutôt que des activités de production industrielle. Une réponse rapide et pragmatique serait de l'identifier comme une étape supplémentaire dans l'automatisation: automatiser les tâches répétitives, avec un niveau de complexité supplémentaire.

En cobotique[61] industrielle, on travaille sur des actes mécaniques. Ici, avec l'intégration de l'I.A. pour gérer des scripts plus élaborés (qui permettent à la machine d'évoluer dans des environnements ''flous'', c'est-à-dire non prédéterminés), nous pourrions nous projeter vers une perspective de ''cobotique sociale''. En effet,

> […] le robot appréhende son environnement et adapte la mobilisation de ses capacités matérielles en fonction de l'instruction qu'il reçoit. Par design, il devient un auxiliaire universel de proximité avec lequel l'homme interagit à son propre bénéfice ou pour co-réaliser une fonction déterminée. Le concept de cobotique traduit cette possibilité de coproduire un bien matériel ou un service dans des conditions de sécurité qui soient satisfaisantes à la fois pour l'homme et pour le robot. (Roure et Postel-Vinay, 2012, p. 37)

Avec des fonctionnalités toujours plus poussées, renforcées par des représentations issues de la science-fiction, les usages projetés de ces outils robotiques vont-ils générer un

[61] Collaboration entre robot et l'humain.

stress, une appréhension qui pourrait freiner les appropriations individuelles par les utilisateurs potentiels? Ces freins risqueraient d'être d'autant plus forts si les utilisateurs ne sont pas volontaires.

Cette démarche informelle nous a permis de soulever nos premières interrogations quant aux potentielles situations problématiques face aux usages de robots au travail. Toutefois, il est nécessaire de compléter cette approche terrain par une démarche plus documentée.

2.2 Quelques cas d'usages observés de robots sociaux

La suite de nos recherches documentaires internationales a visé à consulter l'état actuel de ce que l'on sait des robots et de leur acceptation par les humains au travail, en particulier dans les domaines industriel, militaire, médical, et surtout celui des services à la personne (avec une complexité d'interactions homme/machine grandissantes, par exemple auprès des personnes âgées et d'enfants autistes) avec un ‘‘robot compagnon’’, assistant personnel ou chargé de l'accueil de clients.

En explorant la documentation, tant dans la presse spécialisée que dans les articles empiriques, nous avons constaté que les premiers usages déployés des robots dits ‘‘sociaux’’ se sont faits prioritairement auprès de publics d'enfants (scolarisés ou en situation de handicap) ou encore de populations à l'autre extrémité de la ligne générationnelle, à savoir les personnes dites âgées (domaine aussi appelé ‘‘*Silver Economy*’’). Voyons de plus près ce qu'il en est dans le champ de l'éducation.

Lors de nos visites de salons robotiques (professionnels ou ceux s'adressant au grand public, exemple figure 11) et d'entretiens avec des concepteurs, nous avons pu constater la facilitation d'accès aux logiciels et à l'information apportée par le robot, qui est programmé pour aider l'humain, sans jamais ne se fatiguer ni émettre de jugement de valeur.

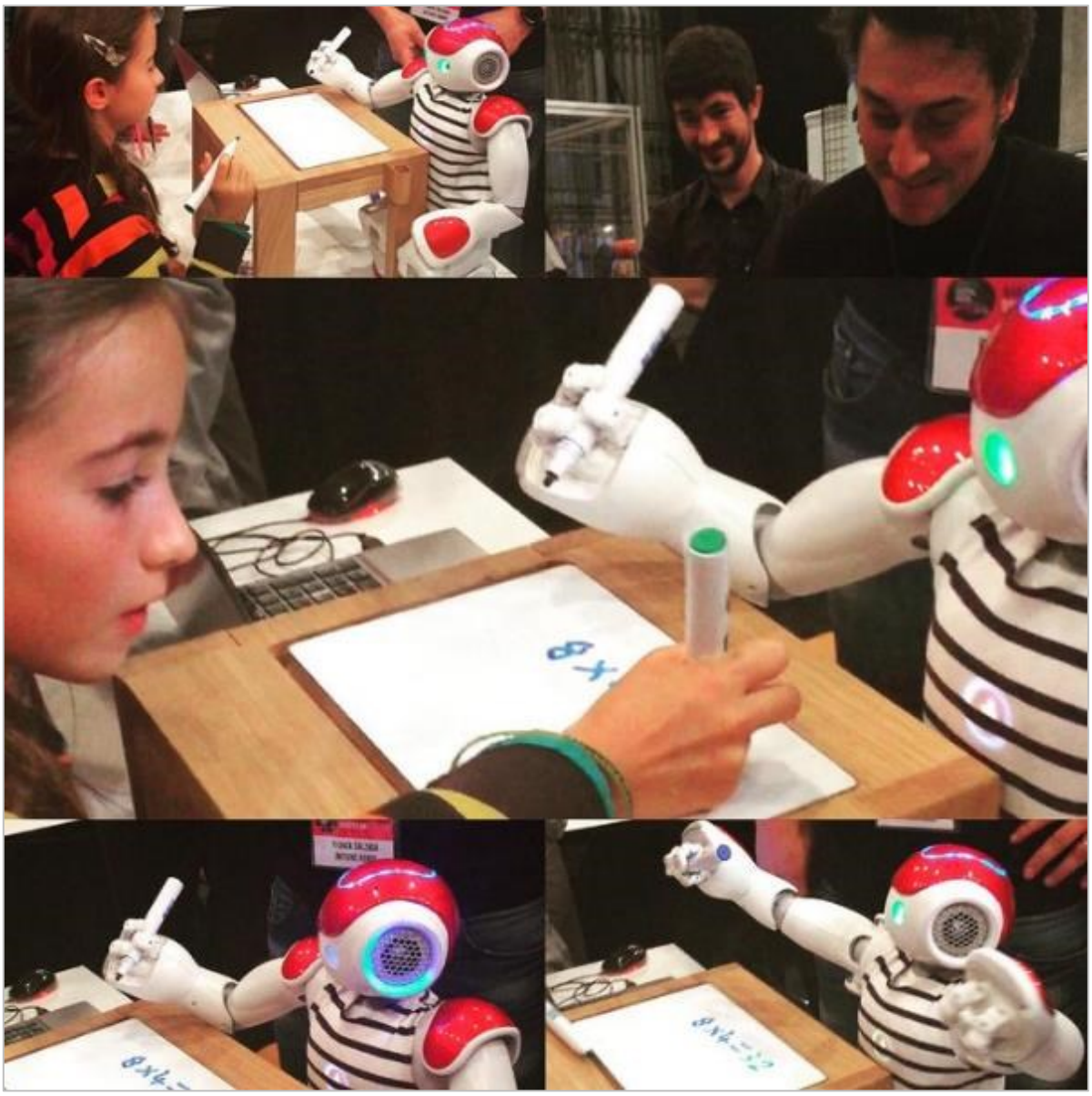


Figure 11 (*NAO* en situation de tutorat en mathématiques - septembre 2015 - *Robotic Day* au salon *Nantes Digital Week* | Montage de photographies personnelles)

Dans ces images, nous voyons une interaction effective entre une enfant de 8 ans et le robot *NAO*, sous les yeux des créateurs de la *start up* nantaise *Intuitive Robots*[62], Franck Calzada (en haut tout à droite, *Chief Executive Officer* [CEO]) et Thomas Pennarun (en haut au centre, *Chief Technical Officer* [CTO]) et d'un public très intéressé. Le robot inscrit une multiplication sur le tableau effaçable et l'enfant note sa réponse après le signe égal, avec un stylo d'une autre couleur. *NAO* rappelle alors à l'enfant de bien écrire ses chiffres distinctement (afin que le

[62] Voir aussi en vidéo la préparation et la démonstration de cet usage du robot *NAO,* en assistant potentiel d'un enseignant lors d'exercices d'apprentissages des multiplications, développé *INTUITIVE ROBOTS*:
France 3. (2015). *Made in France: à Nantes, les robots prennent vie* (*replay* émission du 5 novembre 2015). https://france3-regions.francetvinfo.fr/pays-de-la-loire/loire-atlantique/nantes-metropole/nantes/replay-midi-france-nantes-revoyez-tous-sujets-emission-du-jeudi-5-novembre-845299.html, [0'24-1'10 et 3'17-3'57].

système de reconnaissance visuelle du robot puisse bien les identifier et les traiter). En cas de mauvaise réponse de l'enfant, le robot va l'encourager gentiment à corriger sa réponse. Mais si la réponse est bonne, il le félicite chaleureusement (avec aussi un son d'applaudissements). En tant qu'observatrice extérieure, nous avons été frappée par la facilité d'échanges des enfants avec *NAO*, qui sont allés spontanément vers ''lui'' et se sont laissé guider par ses instructions et propositions d'exercices, sans se poser de questions ni se vexer en cas d'erreur.

De leur côté, F. Calzada et T. Pennarun ont témoigné de leur agréable surprise à constater que les enfants, plus que les adultes et parents accompagnants, s'adressaient en premier et directement à *NAO*, sans passer par eux en tant qu'animateurs du stand.

Cette expérimentation publique nous a interpelée sur le fait que les attitudes et les comportements des enfants et des adultes ne sont pas les mêmes face aux robots. Les adultes semblent avoir plus de freins devant les robots et sans doute besoin de plus de guidance s'ils sont amenés à en utiliser. Les développeurs reconnaissent quant à eux que, bien qu'étant parfaitement conscients d'être confrontés à une machine inanimée, ils ont parfois des scrupules à mettre *NAO* dans une boîte de transport et ont plutôt tendance à le porter dans leur bras pour l'installer sur le salon par exemple.

Ces retours d'expériences nous ont amenée à nous questionner de nouveau quant aux facteurs influençant cette relation spécifique homme / robot. Voyons ce qu'il en est du côté de la relation client / robot et des réactions de travailleurs dans les secteurs des services. Dans ce secteur, des expériences pilotes ont été menées tout autour du monde, mais peu sont documentées sur le plan scientifique (Bahier, 2021), abordées uniquement dans des articles de presse ou des publireportages[63].

Ce sont principalement des projets de co-conception autour des usages qui se mettent en place, par exemple avec les entreprises *SNCF* (accueil et orientation voyageurs en gare) en France, *COSTA CROISIÈRES* (information aux passagers sur leurs paquebots), *HMS Host* pour l'aéroport international d'Oakland[64], quelques banques - assurances comme *HSBC* et *AXA*, sans parler de nombreuses boutiques telles que *NESPRESSO* au Japon. Malheureusement, il ne nous

[63] https://www.relationclientmag.fr/Thematique/techno-solutions-it-1016/Diaporamas/innovations-fablab-gfi-informatique-service-relation-client-313584/innovation-robot-relationnel-hote-accueil-multifonction-313588.htm
[64] https://www.food-management.com/design/hmshost-pilots-humanoid-robot-oakland-international-airport

a pas été possible d'accéder aux données, gardées confidentielles, issues de ces expérimentations.

Les témoignages des entreprises ayant mené ces expérimentations présentent le robot, *PEPPER* principalement, comme un appui à la relation clients. Le robot peut proposer un ensemble de services: information sur un produit en magasin ou une activité disponible (dans un office de tourisme par exemple), suggestion d'achat ou de recette, orientation dans l'espace vers le bon interlocuteur, jeux et enquêtes clients. Il peut en retour fournir, avec l'accord des clients, des statistiques à l'entreprise quant aux motifs des visites et le type d'informations le plus demandées. L'enseigne de grande distribution *CARREFOUR* a ainsi testé l'usage de robots *PEPPER* en magasins en France (2016) et en Espagne (2017), comme nous pouvons le voir en figure 12.



Figure 12 (*PEPPER* en expérimentation à l'accueil clients d'un magasin *Carrefour*[65] à Nantes en septembre 2016 | Photographie personnelle, via l'application *PEPPER PHOTO*)

[65] Application d'usages clients (ludo-commerciales) développées par *Intuitive Robots* (1ère *startup* à créer des applications pour le robot *Pepper* dans la distribution / vente et les services):
https://telenantes.ouest-france.fr/actualite/article/nantes-beaujoire-des-robots-laccueil-de-lhypermarche;
https://pointsdevente.fr/business/un-partenariat-avec-aldebaran-2/;
https://www.youtube.com/watch?v=UDyE6NPyJfo;

À cette fin, *Intuitive Robots* déclare avoir spécifiquement développé le logiciel *SPARK* (annexe A) destiné aux usages de relations clients des robots sociaux. Cette solution intègre aussi bien des agents conversationnels (‘‘*chatbots*’’) que des technologies avancées en I.A. spécialisée en traitement du langage naturel (dans lequel s’expriment les clients et les salariés du magasin ou de l’agence) et en traitement de données Internet.

2.3 Études empiriques sur l’adoption robotique: principaux devis[66] et instruments recensés en robotique sociale

Pour aller plus loin, afin d’assurer la pertinence scientifique de cette étude, nous présentons ici notre exploration de la documentation scientifique relative à la question des usages de robots et de leurs conditions d’appropriation (‘‘*user ownership’’* en anglais) dans le monde du travail. Ainsi, nous établissons que notre objet d’étude s’inscrit dans les préoccupations des chercheurs en sciences sociales: tant en éducation (andragogie en particulier) qu’en psychologie du travail et des organisations, tel que le préconisent Chevrier (2009) et Lenoir, Hasni, Lacourse, Larose, Maubant et Zaid (2012).

Ce travail a eu pour objectif de faire une revue scientifique actualisée des premiers retours d’expérience de la robotique sociale et de cas d’usages, se démarquant des représentations influencées par la science-fiction et les médias de masse. Par ailleurs, nous avions comme but associé d’identifier les construits permettant d’élaborer une problématisation pertinente autour de cet objet de recherche.

Nous ferons état dans ce chapitre de la recension d’articles scientifiques mettant en évidence le construit de *robot acceptance* (et des indicateurs permettant de le mesurer). Commençons par distinguer la *robot acceptance* de l’*user acceptance* au sens de Davis, Bagozzi et Warshaw (1989) et reprise par De Graaf, Ben Allouch et Klamer (2015).

> *The acceptance of social robots is presumed to differ from the acceptance of other technical innovations, because these robots are not always perceived by their users as technologies (Lee, Park, & Song, 2005; Young et al., 2009). It might be that the interaction of social robots is more in line with the principles of human–human communication than with human–machine communication (Heerink et al., 2007; Krämer, von der Pütten, & Eimler, 2012). Just as humans and other living beings*

https://www.relationclientmag.fr/Thematique/strategies-1255/breves/Pepper-quels-resultats-Renault-Axa-Carrefour-316549.htm#SrOiQeTj9ZPKkhZx.97
(vidéo et articles télé-consultées en 2015 et 2017 pour le dernier; encore accessibles en 2021).

[66] Nous utiliserons ici le terme devis pour décrire le *design* méthodologique.

> *differ from each other in terms of internal and external characteristics, social robots also have their autonomous individuality displayed through their design and behavioral configuration (Libin & Libin, 2003). With a minimum of social cues, technological objects can be evaluated as social entities; a theory known as the media equation (Reeves & Nass, 1996), which has also been successfully applied to the field of robotics (Kahn et al., 2007; Lee et al., 2005)*. (p. 2)[67]

Ces auteurs mettent en évidence le caractère spécifique d'adoption des robots par rapport à d'autres technologies, au regard des interactions spécifiques homme / robot, plus proches des relations humaines que des interactions homme / machine. En effet, l'autonomie de déplacement et de fonctionnement du robot social permet de faire appel au construit de ''*media equation*'' où l'objet est considéré comme une entité sociale, capable de relations *a fortiori* avec l'humain et son environnement.

Il s'agit ainsi de repérer les facteurs qui sont les plus documentés et ceux qui le sont moins ou qui posent le plus problème présentement, ce qui permettra de mettre en évidence la possibilité d'un apport scientifique par cette thèse. Notre recension scientifique nous donc a permis de repérer les facteurs d'acceptabilité et d'acceptation: à partir des modèles de *Technology Acceptance Model* (*T.A.M.*), étendus avec les mots clés *robot acceptance in the workplace*[68], afin de voir dans quelles thématiques et dans quels champs les articles ressortent et vérifier ainsi si le domaine des services (hors service à la personne) n'a pas déjà été exploré scientifiquement.

Nous avons constaté que les travaux scientifiques, comme les communications dans la presse spécialisée et les réseaux sociaux, font l'objet d'études interdisciplinaires: génie

---

[67] Traduction libre de l'auteure: L'acceptance des robots sociaux est présumée différer de l'acceptation d'autres innovations techniques, car ces robots ne sont pas toujours perçus par leurs utilisateurs comme des technologies (Lee, Park, & Song, 2005; Young *et al.*, 2009). Il se peut que l'interaction des robots sociaux soit plus conforme aux principes de la communication homme / homme qu'avec la communication homme / machine (Heerink *et al.*, 2007; Krämer, von der Pütten et Eimler, 2012). Tout comme les humains et les autres êtres vivants diffèrent les uns des autres en termes de caractéristiques internes et externes, les robots sociaux ont également leur individualité autonome affichée à travers leur conception et leur configuration comportementale (Libin & Libin, 2003). Avec un minimum d'indices sociaux, les objets technologiques peuvent être évalués comme des entités sociales; une théorie connue sous le nom d'équation des médias (Reeves et Nass, 1996), qui a également été appliquée avec succès dans le domaine de la robotique (Kahn *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2005)

[68] Nous avons constaté que la majorité des articles scientifiques disponibles pendant nos travaux de thèse sur la thématique de la robotique en général et des interactions homme / robot social en particulier est quasi exclusivement rédigée en anglais, avec un consensus sémantique autour des construits de ''*technological acceptance*'', ''*robot acceptance*'' et ''*HRI*''. Dès lors, il devient périlleux de proposer des traductions personnelles. C'est pourquoi, nous privilégierons ici les citations directes anglophones dans le corps de texte, avec une proposition de traduction libre en note de bas de page si nécessaire, ou une explication de type citation indirecte dans le corps de texte.

(robotique, automatique, I.A.), sciences humaines et sociales (psychosociologie, sociologie du travail, éducation, ergonomie, management), mais aussi droit. Notre angle de recherche sera principalement psychosociologique, mais les lectures sur les derniers travaux en sciences robotiques permettent d'éclairer les notions d'utilité perçue et d'anxiété au regard de la technologie robotique.

Nous ignorons à ce stade si les facteurs seraient à différencier selon les pays. Peu d'études ont été menées sur les différences culturelles dans le changement technologique, encore moins robotique. Turja et Oksanen (2019) ont mené une étude transculturelle sur 27 pays d'Europe sur la base des données collectées lors du *Eurobarometer* en 2012 ($n = 26\ 751$) et en 2014 ($n = 27\ 801$). Elles ont mis en évidence les mécanismes possibles par lesquels l'orientation technologique du pays et l'acceptation sociale des robots peuvent être liées.

Après avoir commencé à repérer les facteurs pouvant influencer l'acceptation d'une technologie, un robot social en particulier, nous allons vérifier plus en détail par quelles instrumentations les chercheurs ont-ils pu valider ces effets. La plupart des auteurs consultés font référence au construit d'acceptation technologique issu du *T.A.M.* et de l'*U.T.A.U.T* (*T.A.M.* étendu) appliqué aux robots. Toutefois, sur le plan de la pertinence scientifique, voici une premier état des limites et lacunes en termes d'opérationnalisation méthodologiques dans les études empiriques recensées.

2.3.1 Études de robots dans le champ de l'éducation

Il existe par exemple des projets concluants d'aide à l'apprentissage auprès d'enfants autistes en France (Sakka, Gaboriau, Picard, Redois, Parchantour, Sarfaty, Navarro et Barreau, 2018) et au Canada (Michaud, Laplante, Larouche, Duquette, Caron, Letourneau et Masson, 2005; Karsenti, Bugmann, et Gros, 2017). Bugmann et Karsenti (2018) ont en parallèle testé l'usage du robot *NAO* en classes primaires au Québec.

Park et Kwon (2016) ont étudié, dans un texte qu'ils jugent fondateur en robotique éducationnelle (« *The use of social robots in the educational context has become one of the promising topics in the field of education and robotics research* », p. 355)[69], le processus

[69] Traduction libre: L'utilisation des robots sociaux dans le contexte éducatif est devenue l'un des sujets prometteurs dans le domaine de la recherche en éducation et en robotique.

d'acceptation dans le contexte des robots d'assistance pédagogique (''*Teacher Assistants*'': *T.A.*), à partir des perceptions et des motivations envers ceux-ci.

Ils ont mis en place une enquête quantitative (*items* développés et révisés en trois tours avec un groupe-test de professeurs, puis administrés sur un pilote de 50 chercheurs ayant déjà une expérience avec des *T.A. robots* pour valider la fiabilité du test). Le questionnaire a ensuite été administré par courriel à 1400 professeurs de la population cible et 609 réponses ont été reçues.

Leur n = 300 leur a permis de réaliser des analyses de corrélation structurelle. Nous pouvons toutefois critiquer le fait les auteurs n'ont travaillé qu'avec 50 participants pour leur groupe-test (faible échantillon de leur population cible) et surtout qu'il s'agissait d'un échantillon de convenance (collègues professeurs) ce qui rend les résultats peu généralisables. Ensuite, lors du déploiement de l'étude, Park et Kwon (*Ibid.*) ont contacté une population internationale, sans en maîtriser les caractéristiques, ce qui occasionne un échantillon, certes quantitatif, mais hétérogène.

2.3.2 Études de robots dans le domaine des services à la personne

Dans ce domaine, nous retrouvons chez De Graaf et Ben Allouch (2013), qui avaient déjà travaillé la question de l'acceptation de robots sociaux, une série de facteurs, mesurés par questionnaires (liste des variables et validations des *items* dans le tableau 3 ci-dessous) et d'analyse de contenu d'entrevues.

Toutefois, il s'agit d'une étude expérimentale, en laboratoire, fondée sur une interaction avec une plateforme robotique académique, comme l'expliquent ces auteures pour détailler le recrutement de leur population: « *Students from the faculty of behavioral sciences of a Dutch university were recruited […] in exchange for credits. A total of 60 students, between 18 and 28 years old (M=20) […]. Thirty participants had the Dutch nationality and thirty had the German nationality* » (p. 1481)[70].

[70] Traduction libre: Des étudiants de la faculté des sciences du comportement d'une université néerlandaise ont été recrutés […] en échange de crédits. Un total de 60 étudiants, âgés de 18 à 28 ans (M = 20) […]. Trente participants avaient la nationalité néerlandaise et trente la nationalité allemande.

Tableau 3: Analyse chiffrée des variables de l'étude de De Graaf et Ben Allouch (2013)

Variables: code, example items and its source, mean, standard deviation, and alpha scores.

Variable	Source	Initial items	Final items	Mean	Standard deviation	Cronbach's alpha
Adaptability	Heerink et al. [7]	3	3	3.37	1.21	0.62
Anthropomorphism	Bartneck et al. [25]	5	5	2.46	0.98	0.80
Attitude towards use	Heerink et al. [7]	3	3	3.43	1.20	0.75
Attractiveness	Lee, Jung [38]	4	4	4.56	1.30	0.85
Behavioral control	Bandura [56]	10	10	4.42	1.01	0.84
Companionship	Lee, Jung [38]	8	8	2.40	0.82	0.74
Ease of use	Heerink et al. [7]	4	4	4.40	1.10	0.70
Enjoyment	Heerink et al. [7]	5	5	3.65	1.01	0.71
Image	Venkatesh, Davis [24]	3	3	2.25	0.97	0.67
Intelligence	Bartneck et al. [25]	5	5	3.41	0.90	0.74
Negative attitude towards robots	Nomura et al. [58]	14	14	4.02	0.75	0.75
Personal innovativeness	Agarwal and Karahanna [76]	4	4	4.32	1.25	0.82
Robot related experience	MacDorman et al. [60]	5	4	2.37	1.34	0.63
Realism	Bartneck et al. [25]	6	6	2.92	0.93	0.77
Robot anxiety	Nomura et al. [58]	11	11	4.07	0.98	0.85
Sociability	Rubin, Martin [41]	10	9	2.86	0.67	0.71
Social influence	Karahanna, Limayem [46]	3	3	4.41	1.18	0.71
Use intention	Moon, Kim [83]	3	3	2.98	1.27	0.85
Usefulness	Heerink et al. [7]	3	3	3.92	1.09	0.62

Nous relevons qu'à nouveau très peu d'*items* étaient analysés dans cette étude.

De Graaf, Ben Allouch et Van Dijk (2017) ont développé plus avant ce travail, en l'appliquant cette fois à un environnement réel à domicile (figure 13), avec une méthode longitudinale à devis mixte. Ils ont filmé et interrogé, à plusieurs reprises (correspondant aux six phases du processus d'acceptation modélisé), des utilisateurs de robots compagnons à leur domicile.

> *We present a phased framework for the acceptance of interactive technology in domestic environments. Based on 97 interviews obtained from 21participants living in different household types, the results provide an initial validation of our phased framework for long-term acceptance showing that acceptance phases are linked to certain user experiences which evolve over time when people gain experience with the technology*. (p. 1)[71]



Figure 13 (Robot Karotz déployé chez les participants de l'étude | De Graaf *et al.*, 2017, p. 7)

[71] Traduction libre: Nous présentons un cadre par étapes pour l'acceptance de la technologie interactive dans les environnements domestiques. Basés sur 97 entretiens obtenus auprès de 21 participants vivant dans différents types de ménages, les résultats fournissent une validation initiale de notre cadre par étapes d'acceptance à long terme montrant que les phases d'acceptance sont liées à certaines expériences utilisateurs qui évoluent au fil du temps lorsque les gens acquièrent de l'expérience avec la technologie.

Nous repérons d'après ces photographies que les observations se sont bien faites en contexte écologique, au domicile des participants. Voyons dans le tableau 4 comment était répartie la population de cet échantillon.

Tableau 4: Répartition de la population étudiée (De Graaf et Ben Allouch, 2013)

Acceptance phase	Time points[a]	Interviews
Expectation	2 weeks before	21
Encounter	Day of the introduction	21
Adoption	2 weeks after	18
Adaptation	1 month after	17
Integration	2 months after	13
Identification	6 months after	7

[a]Time points with regard to introduction of the robot.

Notons que la taille de l'échantillon s'est réduite au fil de l'étude, jusqu'à retrouver seulement un tiers de l'échantillon initial sur l'étape finale. Cet élément est toujours compliqué à contrôler dans le cadre, pourtant très riche méthodologiquement parlant, d'études longitudinales.

Dans le même domaine domestique, Louie, McColl et Nejat (2014) ont développé un modèle d'acceptation des robots auprès de personnes âgées, en utilisant un questionnaire de *robot acceptance* tel que repris dans le tableau 5.

Tableau 5: *Items* et construits associés du questionnaire d'acceptation robotique de Louie *et al.* (2014)

Construct	Statement
Attitude toward using the robot (ATT)	1. I think it's a good idea to use the robot 2. The robot would make my life more interesting 3. It's good to make use of the robot
Perceived sociability (PS)	4. I would find the robot pleasant to interact with 5. I think the robot is nice 6. I find the robot would be a pleasant conversational partner
Perceived usefulness (PU)	7. It would be convenient for me to have the robot 8. I find the behaviors of the robot helpful
Trust (TU)	9. I would trust the robot if it gave me advice 10. I find the robot reliable
Anxiety (ANX)	11. If I should make use of the robot, I would be afraid to make mistakes with it 12. I find the robot intimidating 13. I would feel relaxed interacting with the robot 14. I would feel uneasy if I needed to perform a task for which I had to use the robot
Perceived adaptability (PAD)	15. I think the robot would be adaptive to what I need 16. I think the robot would only do what I need at that particular moment
Perceived ease of use (PEOU)	17. I find the robot would be easy to use 18. I think I could use the robot without any help

Le tableau 5 permet d'associer les *items* aux différents construits ciblés par les auteurs. Nous pouvons relever sur le plan de la critique méthodologique qu'un instrument qui utilise seulement deux ou trois *items* par construits (surtout sur un modèle multidimensionnel) ne respecte pas les règles de base de la psychométrie classique (Cohen, Cohen, West et Aiken, 2003) et il serait ainsi périlleux de s'en inspirer pour notre étude.

Selon ces auteurs, « *the results of a robot acceptance questionnaire administered during a robot demonstration session with a group of 46 elderly adults showed that the majority of the individuals had positive attitudes toward the socially assistive robot and its intended*

applications. »[72] (p. 1). Ils précisent que le modèle *Almere* est la seule échelle dédiée à la population d'adultes dits âgés en situation de ''Human Robot Interaction'' (*H.R.I.*). Elle étend l'*U.T.A.U.T.* en y ajoutant les facteurs d'anxiété (ANX), d'attitude envers la technologie robotique (ATT), le plaisir perçu, la sociabilité perçue (PS), la présence sociale, la confiance (TRU) et l'adaptabilité perçue (PAD).

Cette dernière échelle a été spécifiquement conçue pour les plus de 65 ans, c'est pourquoi elle ne nous intéressera pas entièrement dans notre étude concernant des populations d'adultes certes, mais actifs et situés en environnement professionnel. Mais nous retenons l'idée de mettre en balance des attitudes positives et des attitudes négatives au sein d'un même instrument.

Park et Kim (2013) ont de leur côté étudié l'*user acceptance* de robots, dans une perspective à long terme (''*long term evolution'' [L.T.E.]*). Ils ont procédé par questionnaires d'enquête dont les *items* sont présentés dans le tableau 6.

Tableau 6: *Items* du questionnaire d'enquête de Park et Kim (2013)

Construct		Item	Source
Perceived mobility	PM1	Mobility of LTE service makes it possible to get real-time data	Huang and Lin (2007); Kim *et al.* (2011)
	PM2	It is convenient to use LTE service anytime anywhere	
	PM3	Mobility is an outstanding advantage of mobile phones offering LTE service	
Perceived adaptivity	PA1	I think LTE service can be adaptive to my needs	Shin and Choo (2011)
	PA2	I think LTE service will only do what I need at that particular moment	
	PA3	I think that LTE service will help me when I consider it necessary	
Perceived usefulness	PU1	Davis (1989, 1993)	Davis (1989, 1993); Davis et al. (1993); Park *et al.* (2012b)
	PU2	Using LTE service increases my productivity	
	PU3	Using LTE service improves my performance and effectiveness at	

[72] Traduction libre: Les résultats d'un questionnaire d'acceptance de robot administré lors d'une séance de démonstration de robot avec un groupe de 46 personnes âgées ont montré que la majorité des individus avaient des attitudes positives envers le robot d'assistance sociale et ses applications prévues.

Perceived processing speed	PPS1	LTE promptly responses to my requests	Wolters *et al.* (2009); Yang *et al.* (2004); Yang *et al.* (2005)
	PPS2	Applications and services are quickly loaded and displayed at my request	
	PPS3	Rapid processing speed of systems and services is the biggest advantage of mobile phones	
System and service quality	SSQ1	Mobile communication systems with LTE provide more services in line with the purpose of the system	Liu and Arnett (2000); Lee and Chung (2009); Schacklett (2000); DeLone and McLean (2003)
	SSQ2	I have not had any limitations or problems with using LTE mobile systems	
	SSQ3	Mobile communication systems with LTE service fully meet my needs	
Attitude	ATT1	I think using LTE is better than using other mobile network standards (e.g. 3G)	Park *et al.* (2012a); Shin and Choo (2011)
	ATT2	It is easier and better for me to use LTE service, as opposed to other mobile network standards	
	ATT3	I think it is desirable to use LTE service, as opposed to other mobile network standards	

Ils y présentent les facteurs de mobilité perçue (PM), d'adaptabilité perçue (PA), d'utilité perçue (PU), de rapidité des processus de traitement perçue (PPS), de qualité de système et de service perçue, ainsi que les attitudes de l'utilisateur (ATT), et le libellé des *items* associés avec leurs auteurs sources de référence. Il s'agit pour nous majoritairement d'*items* associés à l'aspect physique et fonctionnel des robots, moins sur l'interaction homme / robot, même si quelques questions du T.A.M. (3) et d'attitudes (3) sont retenues. Comme pour l'étude précédente, les facteurs à seulement 3 items chacun nous semblent insuffisants pour mesurer les construits annoncés.

2.3.3 Études au sujet de de l'anxiété robotique

Concernant l'impact de l'anxiété technologique sur les intentions d'usage d'un robot, nous nous sommes intéressés à l'échelle d'attitudes *N.A.R.S.* (*Negative Attitude Towards Robots*), principal outil utilisé pour mesurer les attitudes à l'égard des robots. Cette échelle a été initialement élaborée par Nomura et ses collaborateurs (Nomura et Kanda, 2003; Nomura, Kanda et Suzuki, 2004; Nomura, Kanda et Suzuki, 2011; Nomura, Kanda, Suzuki et Kato, 2004, 2005 et 2008; Nomura, Suzuki, Kanda et Kato, 2006).

Pour aller plus loin, Dinet et Vivian (2015) ont étudié la perception des robots anthropomorphes en France en validant une échelle. Ils se sont intéressés aux attitudes des enfants, des adolescents, des adultes et seniors français. Pour ce faire, ils ont mené deux études dans lesquelles les participants devaient individuellement réaliser trois tâches successives: expliquer ce qu'est un robot pour lui / elle; exprimer leurs opinions à l'égard des robots; classer par ordre croissant de préférence huit robots présentés dans des vidéos. Les résultats montrent que l'apparence physique des robots est le facteur déterminant des attitudes et opinions, quels que soient l'âge et le genre des participants. De plus, la trop grande similitude physique avec l'humain, l'anthropomorphisme, explique en grande partie les attitudes négatives vis-à-vis des robots, quel que soit l'âge.

Du point de vue méthodologique, ils ont évalué les attitudes vis-à-vis des robots par un devis mixte avec la passation de l'échelle d'attitude *N.A.R.S.* et des verbalisations libres. Dinet et Vivian (*Ibid.*) ont validé cet outil pour l'adapter à la population française cible. Cette échelle comprend ici dix-sept *items*, à format de réponse de type Likert, permettant d'examiner trois dimensions liées aux attitudes vis-à-vis des robots:

- Les attitudes concernant les interactions (ex. « je me sentirai très mal à l'aise de devoir parler à un robot » [p. 176]);
- Les attitudes concernant les aspects sociaux (ex. « je pense que dans le futur les robots seront partout dans la société » [*Ibid.*]);
- Et les attitudes concernant les émotions (ex. « je me sens rassuré d'être avec des robots » [*Ibid.*]).

Cette étude a permis d'une part une première traduction française de la *N.A.R.S.* et d'autre part une adaptation de celle-ci à une population d'enfants. Toutefois, les auteurs soulignent que leur étude est limitée par le fait que les participants ont réagi par rapport à des vidéos et non pas des interactions réelles avec des robots sociaux. Cette configuration ne permet pas d'étudier une interaction réelle et naturelle entre l'homme et le robot. Nous restons ici au stade de l'acceptabilité potentielle, fondée sur des perceptions visuelles uniquement. De plus, les participants ont répondu au questionnaire avant le visionnage des vidéos, ce qui laisse une possibilité de confusion avec d'autres types de robots, comme des robots ménagers.

En parallèle, ayant constaté les limites de la *N.A.R.S.*, Lombard (2014), Lombard et Dinet (2015), ont développé un outil psychologique pour mesurer l'*acceptance* auprès de robots

humanoïdes, et particulièrement le critère d'autonomie perçue, absent des protocoles précédents.

> Par cette étude, nous avons voulu répondre aux limitations des recherches actuelles sur les attitudes envers les robots. La littérature donne trois facteurs d'influence : des facteurs individuels, des facteurs liés au robot et des facteurs contextuels. Cependant, ces différents facteurs ont toujours été étudiés de manière isolée, sans interaction entre eux. De cette limitation, on a posé l'hypothèse qu'il existe un quatrième facteur fonctionnant comme médiateur : le degré d'autonomie perçue du robot. A l'heure actuelle il n'existe aucun outil capable de le mesurer; ce mémoire a donc eu pour objectif de créer un outil valide permettant de répondre à ce manque. L'Échelle de Perception d'Autonomie de Robot (EPAR) est valide et se compose de cinq dimensions (développement, énergie, fonctionnalité, sécurité et motricité). Ces dimensions influencent les attitudes mesurées par la NARS. Nos résultats montrent que les femmes ont des attitudes plus négatives que les hommes, tout comme une personne préférant un robot non-autonome présente des attitudes plus négatives qu'une personne préférant un robot autonome. Bien qu'il existe des différences, la tendance de chaque dimension tend vers le même sens, hormis pour l'autonomie motrice. De ce fait, on peut dire que le degré d'autonomie a un impact sur les attitudes envers les robots. (Lombard, 2014, p. 57)

Lombard et Dinet (2015) ont alors conduit une expérimentation auprès d'adultes visant deux objectifs complémentaires: « d'une part, concevoir une Échelle de Perception de l'Autonomie des Robots (E.P.A.R.); d'autre part, établir si un lien peut être décelé entre cette perception de l'autonomie des robots et les attitudes à l'égard des robots » (p. 3).

Leur méthode a été la suivante: 222 participants (160 femmes et 62 hommes; âge moyen 21.4 ans) ont participé à l'étude. Tous les participants étaient volontaires, francophones et étaient étudiants dans la même université. La passation de l'étude se déroulait toujours au même endroit et elle était toujours assurée par le même expérimentateur.

> Trois principaux résultats intéressants ont été obtenus: (1) l'autonomie perçue du robot est effectivement un facteur déterminant dans la constitution des attitudes à l'égard dudit robot; (2) les analyses structurelles montrent que l'échelle EPAR est valide statistiquement et est constituée de cinq dimensions (Développement, Energie, Fonctionnalité, Motricité, Sécurité); (3) si percevoir le robot comme autonome pour certaines tâches et certaines dimensions (e.g., gérer seul ses ressources énergétiques) ne génèrent pas d'inquiétudes pour les êtres humains, les attitudes deviennent très négatives lorsque l'autonomie du robot concerne des dimensions liées à ses capacités d'apprentissage (« Développement »), ses déplacements (« Motricité ») et à la gestion de la sécurité (« Sécurité »). (p. 1)

Notons toutefois que cette étude a été menée à nouveau auprès d'un public d'étudiants (avec plus du double de femmes) et en situation expérimentale, ce qui limite la portée de l'étude.

2.3.4 Synthèse sur les études empiriques

En synthèse, au vu des éclairages préalablement recensés, nous avons repéré la façon dont les autres chercheurs étudient les robots sociaux, mais aussi les limites de certaines des études, comme résumées dans le tableau 7.

Tableau 7: Quelques devis méthodologiques recensés pour l'étude de l'acceptation de robots sociaux en contexte de services

Auteurs (date)	DEVIS	Description	Échantillon (*n*)	Instrument(s) utilisé(s)
Nomura, Kanda, Yamada et Suzuki (2011)	Exploratoire de type quantitatif	Influence de l'anxiété robotique dans les I.H.R.: . Chaque sujet devait faire face à un robot humanoïde, en étant seul dans une salle d'expérimentation. Le robot commençait par saluer le sujet, puis lui posait six questions relatives à son nom, activités de loisir, situation récente et emploi du temps. Dans cette étude, ils se sont focalisés sur le comportement du robot qui devait regarder ailleurs pendant que les sujets répondaient aux questions. D'un point de vue clinique, « *this behavior is assumed to influence human perceptions of others* » (p.1). Dans la condition contrôle le robot regardait bien fixement la personne.	Groupe de 20 Japonais (11 hommes et 9 femmes) avec une moyenne d'âge de 21.6 ans. Étudiants à l'université et de personnel de la faculté reçus au laboratoire.	Anxiété robotique étaient mesurée par l'échelle *R.A.S.* (*Robot Anxiety Scale*) passée par les sujets avant et après l'expérimentation.
Dinet et Vivian (2015)	Mixte	Perception et attitudes à l'égard des robots anthropomorphes en France. 2 études dans lesquelles les participants devaient individuellement réaliser trois tâches successives: expliquer ce qu'est un robot pour lui/elle; exprimer leurs opinions à l'égard des robots; classer par ordre croissant de préférence huit robots présentés dans des vidéos. Les résultats montrent que l'apparence physique des robots est le facteur déterminant des attitudes et opinions, quels que soient l'âge et le genre des participants. De plus, la trop grande similitude physique avec l'humain, l'anthropomorphisme, explique en grande partie les attitudes négatives vis-à-vis des robots, quel que soit l'âge.		Échelle d'attitudes (*N.A.R.S.*), validée pour la France + et des verbalisations libres.
Lombard et Dinet (2015)	Quantitatif	Trois principaux résultats intéressants ont été obtenus: (1) l'autonomie perçue du robot est effectivement un facteur déterminant dans la constitution des attitudes à l'égard dudit robot; (2) les analyses structurelles montrent que l'échelle EPAR est valide statistiquement et est constituée de cinq dimensions (Développement, Energie, Fonctionnalité, Motricité, Sécurité); (3) si percevoir le robot comme autonome pour certaines tâches et certaines dimensions (e.g., gérer seul ses ressources énergétiques) ne génèrent pas d'inquiétudes pour les êtres humains, les attitudes deviennent très négatives lorsque l'autonomie du robot concerne des dimensions liées à ses capacités d'apprentissage (« Développement »), ses déplacements (« Motricité ») et à la gestion de la sécurité (« Sécurité »). (p. 1)	222 participants (160 femmes et 62 hommes; âge moyen 21.4 ans). Tous étaient volontaires, francophones et étudiants dans la même université.	Création d'une échelle d'attitudes *E.P.A.R.*
Park et Kim (2013)	Quantitatif et longitudinal	Étude de l'intention d'utilisation des robots d'assistance pédagogiques ("*T.A. robots*"), par les élèves et les professeurs, avec une méthode de « *structural equation modeling* » (p. 354) et analyse factorielle confirmatoire (Corée du Sud).	609 personnes.	Questionnaires d'enquête.
De Graaf et Ben Allouch (2013)	Quantitatif	Étude expérimentale, en laboratoire, basé sur une interaction avec une plateforme robotique académique	60 étudiants, entre 18 et 28 ans (*M*=20); Hollandais et Allemands.	Questionnaires et analyse de contenu d'entrevues.

Nous retenons que plusieurs de ces études empiriques ont été conduites avec des échantillons très faibles de participants ($n < 100$, voire à 50 pour certaines), et majoritairement auprès de public universitaire (étudiants et professeurs), limitant la généralisation de leurs résultats. Certaines sous-échelles comme celles de Park et Kim (2013) comportent un nombre limité d'*items* par construit ce qui limite la fiabilité de l'instrument.

De plus, peu d'expériences de déploiement de robots sociaux en contexte professionnel tertiaire ont été effectivement réalisées. En plus de la pertinence sociale de notre objet de recherche démontrée précédemment, ce manque nous révèle un champ à investiguer, ce qui offre un indice de pertinence scientifique pour cette thèse (Bahier, 2021). Alors que des cas d'usages se développent sur le terrain, associés à des besoins de formation, ce constat justifie de creuser scientifiquement cet objet de l'adoption des robots sociaux en milieu de travail, secteur tertiaire en particulier. Le questionnaire d'enquête est l'instrument le plus fréquemment relevé dans ces études empiriques.

3. Problème de recherche

Résumons ici le produit de notre démarche de contextualisation et de problématisation. En émergence dans les secteurs industriels ou médicaux, la robotisation de certaines activités professionnelles est arrivée peu à peu dans les activités de services pour se démocratiser dans les années 2015-2016, au travers d'usages d'accueil clients en magasin ou lieux touristiques, d'assistance à personnes âgées à domicile ou encore d'assistants-professeurs auprès de jeunes enfants.

Cette tendance s'observe dans différentes zones géographiques internationales: d'abord l'Asie (avec le Japon, la Chine ou la Corée du Sud), puis les États-Unis et le Canada pour l'Amérique, sans oublier l'Europe, ce qui appuie la pertinence sociale et internationale de notre étude[73].

De quelles façons l'arrivée de robots sociaux sur les lieux de travail destinés aux services va-t-elle interférer spécifiquement dans ces interactions professionnelles et impacter l'usage des robots sociaux par les utilisateurs? Ces populations adultes travaillant en entreprise, qui voient des robots arriver dans leur environnement de travail comme dans leur environnement quotidien, sont-elles accompagnées dans cette transformation? Et qu'est-ce qui fait que les usages ne sont pas encore très développés ni étudiés à l'heure où nous écrivons ces lignes?

Se pose ainsi la question de l'acceptation et de l'adoption de ces instruments robotiques, proposés en contexte professionnel comme des facilitateurs pour l'humain dans le cadre d'activités dangereuses, difficiles ou alors routinières et sans valeur ajoutée.

Ce phénomène a été accentué par la pandémie Covid-19 avec d'une part le télétravail généralisé (pas forcément choisi) par recommandation des gouvernements dans le monde entier sur avis des autorités sanitaires, et d'autre part l'application des gestes barrières dont la distanciation physique sur les lieux de travail. Les robots y trouvent toute leur place en appui aux équipes de sécurité et santé au travail par exemple ou comme objets de téléprésence (Bahier, 2021). Voici un exemple que nous avons directement observé sur le terrain en figure 14.

[73] Nous avons bien conscience qu'il sera pertinent ultérieurement de rédiger et de communiquer en anglais pour une portée scientifique au-delà des frontières française ou québécoise, du moins francophones.

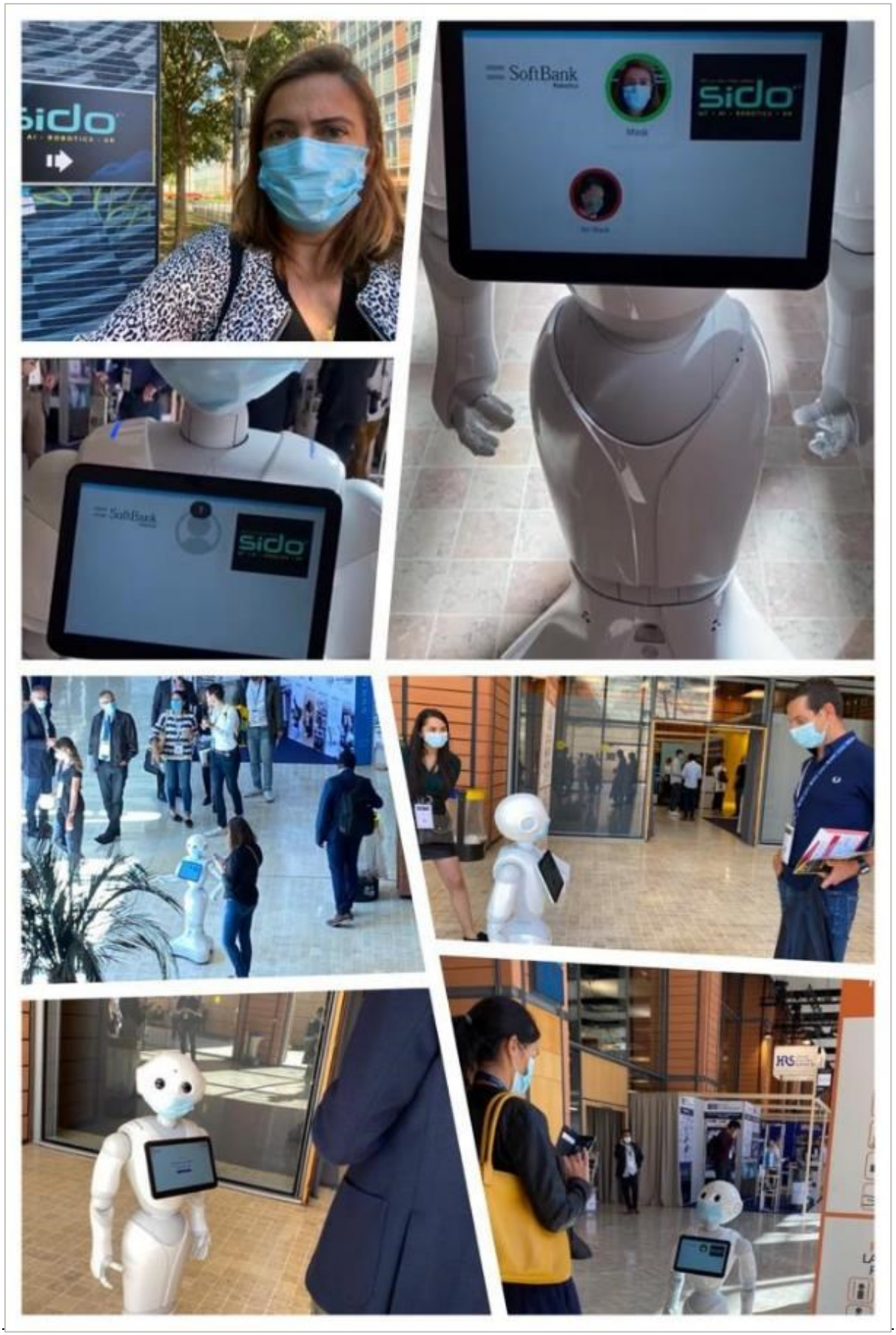


Figure 14 (Robot Pepper au *Salon SIDO* Lyon – septembre 2020 | Photographies personnelles)

Sur le montage ci-dessus, nous voyons que le robot social *Pepper* a été mis en situation d'accueillir les participants[74]. Il interagit avec eux en vérifiant (par caméra et logiciel de détection faciale) le port de leur masque pour leur rappeler si nécessaire. Ces nouveaux besoins au service de la qualité de vie au travail et de la santé renforcent la pertinence sociale de notre étude.

En explorant la documentation scientifique internationale tant empirique que théorique, voire philosophique, nous avons constaté que les premiers usages déployés des robots sociaux se sont faits prioritairement auprès d'enfants avec des robots éducatifs (ex. Michaud *et al.*, 2005), d'enfants scolarisés dans le circuit traditionnel (ex. Bugmann et Karsenti, 2018) ou en éducation spécialisée (ex. Karsenti, Bugmann, et Gros, 2017; Sakka *et al.*, 2018), ou encore auprès de populations à l'autre extrémité de la ligne générationnelle[75]. Ces champs des services à la personne et de l'éducation ayant des activités pouvant se rapprocher de notre terrain d'étude (secteur tertiaire: services aux entreprises), c'est dans ces domaines que nous avons puisé la majorité des matériaux décrits dans cette recension[76].

Pour parler de processus d'adoption et de nouveaux usages, ces auteurs se basent essentiellement sur les construits d'acceptabilité et d'acceptation technologique, que nous développerons dans le cadre conceptuel (deuxième chapitre). L'adoption de l'objet robotique se pose clairement, d'où l'intérêt de pouvoir documenter en première étape (par l'entremise de questionnaires, d'observations et de manière longitudinale) l'acceptance robotique des employés concernés.

En effet, toutes les études précédemment citées présentent des protocoles exploratoires sur des échantillons réduits, ce qui empêche toute généralisation: il s'agit essentiellement d'études empiriques conduites avec des échantillons très faibles de participants ($n<50$). À l'issue de la recension des écrits empiriques, nous notons que les études d'*acceptance* robotique portent encore actuellement en grande majorité sur des populations de particuliers (services à la personne, enfants autistes, élèves en école primaire) ou d'étudiants en laboratoire. Il nous a

[74] À ce qui a été un des seuls salons professionnels organisé en présentiel en France en 2020, grâce à la mise en place de mesures sanitaires strictes, appuyées par des technologies telles que robots d'accueil et robots de désinfection des sols.
[75] À savoir un public auprès de personnes dites âgées (notamment en Asie, au Japon en particulier, dans un contexte démographique de population vieillissante avec peu de famille en soutien).
[76] Laissant par conséquent de côté les écrits relatifs à la robotique industrielle ou médicale.

fallu vérifier les traductions des questionnaires existants et leur validation pour une population française contemporaine. Les études empiriques recensées ont pour la plupart été menées en laboratoire sur des populations d'étudiants volontaires. Les robots humanoïdes utilisables pour ce type d'études restent encore chers (le coût d'investissement minimum pour un *Pepper* est autour de 20 000 euros: achat du robot en tant que plateforme et acquisition de logiciels spécifiques pour en permettre un ou plusieurs usages). Ainsi, il est encore compliqué, faute de déploiements suffisants, d'observer de réelles études terrain situées en contexte professionnel, en dehors des domaines militaire, médical, du service à la personne ou de l'éducation en milieu scolaire.

De plus, il s'agit d'études descriptives uniquement sur des situations qui peuvent être reproduites en laboratoire et donc en environnement contrôlé. Or, dans le contexte professionnel qui nous intéresse, nous voulons aussi identifier et comprendre l'impact de la décision organisationnelle de déploiement des robots au cœur de l'activité de travail et des interactions sociales[77]. Ces paramètres sont absents des études empiriques susmentionnées, c'est pourquoi nous voudrions mettre en place une expérimentation à visée exploratoire pour comprendre ce phénomène d'adoption robotique encore non exploré en situation professionnelle dans le secteur des services (du point de vue des employés).

En conclusion de cette section, il semblerait que la cible d'une population d'adultes, utilisateurs potentiels de robots sociaux dans le cadre de leur travail, soit encore peu investie par la recherche universitaire. Et pourtant, dans ce contexte, de nombreuses questions de formation en situation de travail et d'accompagnement de ces salariés sont soulevées par le terrain. C'est pourquoi, il est nécessaire d'outiller, pour accompagner et en mesurer les effets, cette éducation à la robotique, et le développement des compétences nécessaires à l'adaptation au monde du travail qui se numérise.

[77] Interaction: « réaction réciproque de deux phénomènes l'un sur l'autre »;
Interaction sociale: « relation interpersonnelle entre deux individus au moins, par laquelle les comportements de ces individus s'influencent mutuellement et se modifient chacun en conséquence ».
Larousse. (s.d.). https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/interaction/43595/locution?q=interaction#180273, télé-consultés le 06 janvier 2019.

4. Question de recherche

Nous avons pu observer, tant au travers des médias de masse et d'enquêtes personnelles de découverte du terrain, que par notre recension d'écrits scientifiques, un contexte international de robotisation des activités de travail. Ce contexte est pourtant encore peu étudié académiquement sur le plan de l'accompagnement des équipes intégrant des robots sociaux.

Notre travail préliminaire d'observation du terrain comme de recension des recherches empiriques en robotique sociale, nous a permis de conclure que ce champ était encore assez peu exploré et peu outillé. Ceci nous intéresse particulièrement du point de vue de la psychologie du travail et des organisations, comme des sciences de l'éducation, dans une perspective d'éducation à la robotique comme facilitante des pratiques professionnelles, comme le sont les technologies éducatives.

Nous avons repéré que plusieurs chercheurs contemporains en robotique sociale comme De Graaf, Ben Allouch et Van Dijk (2017), Park *et al.* (2013, 2016), Nomura *et al.* (2003, 2008, 2015), Dinet et Vivian (2014, 2015) se basent sur les construits d'acceptabilité et d'acceptation technologique et le modèle *T.A.M.*, donc sur l'étude des attitudes d'utilisateurs potentiels ou actuels. Ces chercheurs en robotique sociale ont adapté ce modèle en intégrant différents facteurs explicatifs, comme nous allons le développer dans le cadre conceptuel.

Aussi, pour opérationnaliser ce questionnement, tant en termes de faisabilité empirique dans ce cadre de recherche doctoral, qu'après notre revue de littérature concernant le champ de la robotique sociale à usage professionnel, notre question de recherche se formule de la façon suivante:

Dans le cadre d'un processus d'adoption ou de rejet de robots sociaux en situation d'activité professionnelle (secteur tertiaire), quels sont les facteurs déterminants dans l'étude des attitudes d'utilisateurs francophones?

DEUXIÈME CHAPITRE. CADRE DE RÉFÉRENCE CONCEPTUEL:

VERS L'ACCEPTANCE ROBOTIQUE EN SITUATION D'ACTIVITÉ PROFESSIONNELLE

Sachant que l'éducation est une discipline scientifique récente fortement associée à des univers de pratique, les thèses en sciences humaines et sociales privilégient souvent un cadre conceptuel (constitué d'un ensemble de construits et concepts empruntés à de tierces disciplines qui permettront l'analyse de l'objet d'étude). Nous souhaitons montrer que l'adoption des robots sociaux comprend deux dimensions essentielles: l'acceptabilité et l'acceptation technologique.

Après avoir défini et situé, dans le chapitre précédent, l'arrivée spécifique de la robotique sociale dans le secteur tertiaire, nous présenterons ici les construits d'acceptabilité, d'acceptation et d'adoption, pour en faire une synthèse des principaux éclairages scientifiques retenus: vers un processus allant de l'acceptance à l'adoption de la technologie robotique.

1. Définitions des construits à l'étude: acceptabilité, acceptation et adoption

Précisons qu'au cours de notre recension d'écrits scientifiques pour notre problématisation, nous avons repéré que la majorité des études recensées dans le domaine de la robotique sociale internationale sont publiées en anglais. L'un des construits ayant relevé notre attention et semblant faire référence est celui de ‘‘*robot acceptance*’’. L'une de nos difficultés a été de trouver la bonne traduction en français, partagée par la communauté scientifique. Les termes d'acceptabilité (‘‘*acceptability*’’ en anglais) et d'acceptation (‘‘*acceptance*’’) semblent pour certains interchangeables ou du moins ne sont pas utilisés pour la même temporalité par les chercheurs anglo-saxons, nord-américains ou asiatiques publiant en anglais. L'expression ‘‘acceptance’’ robotique semble même faire son apparition en français dans les travaux de Lombard (2014) et de Lombard et Dinet (2015).

Afin de poser les bases, nous amorcerons cette section par une comparaison de définitions des termes retenus en français, et dans le cadre de notre cotutelle franco-québécoise, nous nous baserons sur des ouvrages de référence des deux côtés de l'Atlantique, puis des auteurs de la communauté scientifique internationale.

Dubois et Bobillier Chaumon (2009) ont remis à plat l'étude des technologies de l'information et de la communication (T.I.C.) sous l'angle de la psychologie ergonomique et de la psychologie sociale, avec, au cœur du processus, l'utilisateur qui passe par différentes phases d'acceptation itératives et participatives, avant d'arriver à une véritable adoption. En effet, comme ils le soulignent, les travaux, depuis les années 80, ont « permis de rompre avec une conception un peu trop étriquée d'un utilisateur entendu comme un récepteur passif de la technologie » (p. 305).

Par leurs écrits, ils ont défendu la thèse d'une approche interdisciplinaire, et surtout située, de ce construit d'acceptation. En effet, toujours selon eux,

> Les diverses études menées sur les usages puisent leurs paradigmes dans diverses disciplines (psychologie, sociologie, ergonomie, sciences cognitives, sciences de gestion, anthropologie, sciences et technologies de l'information et de la communication...). Elles s'articulent autour de différentes démarches (de simulation, de test, d'analyse d'activité, d'inspection, d'enquête d'usage, etc.), qui associent généralement l'usager final. Elles cherchent enfin : (i) à évaluer la qualité ou la ''conformité'' de cet usage (en termes de mésusage, d'usages détournés ou contournés) ; (ii) à rendre compte de diverses dimensions et formes de cet usage (principalement en termes d'utilité, d'utilisabilité, d'accessibilité numérique et d'acceptabilité...) ; ou encore (iii) à cerner les incidences (cognitives, affectives, organisationnelles, économiques, sociales, collectives...) de leur diffusion. Malgré la disparité apparente de ces approches et de leurs finalités, toutes ont en commun de servir l'usage et l'usager, c'est-à-dire de déterminer des conditions, des critères, des facteurs, ou des recommandations pour optimiser la conception et/ou favoriser l'appropriation et l'utilisation de ces dispositifs. (*Ibid.*)

Avant de commenter cette approche contemporaine, revenons aux racines étymologiques et scientifiques de ces construits.

1.1 Acceptabilité

Étymologiquement, le terme acceptabilité désigne ce qui est acceptable, du latin ‘‘*acceptare*’’ et ‘‘*accipere*’’ (recevoir et recueillir), donc littéralement « qui mérite d'être accepté » (« Acceptabilité », Robert, Rey et Rey-Debove, 1993, p. 13), au sens de « recevable, valable, correct » (*Ibid.*).

Selon De Landsheere (1979), l'acceptabilité au sens sociologique est une « caractéristique individuelle (parfois fort stable) du degré d'acceptation d'un individu à travers le temps, ou dans divers groupes relativement semblables (culture, âge) »[78]. En complément, l'Office Québécois de la langue française (*Ibid.*) la définit, dans le domaine commercial, comme

> l'aptitude d'un produit ou d'un service, considéré comme étant dans des conditions d'utilisation proches de la réalité, à être acquis par une clientèle potentielle, du fait de ses caractéristiques propres et indépendamment de son prix et de sa commercialisation. (« Acceptabilité », 2005, fiche terminologique [79], *Ibid.*)

Selon Dubois et Bobillier Chaumon (2009), « la notion d'acceptabilité a été développée pour tenter de rendre compte de certains processus psychologiques qui conditionnent l'adoption d'une technologie » (p. 306). L'approche ergonomique définit l'acceptabilité comme une synthèse de l'utilisabilité et de l'utilité notamment pour les concepteurs. Dans son acception la plus large, l'utilisabilité désigne la « facilité d'apprentissage » (ISO 9241, 1998, s.p.[80]) et la « facilité d'utilisation » (*Ibid.*) d'un produit, service ou système technique. C'est le « degré selon lequel un produit peut être utilisé, par des utilisateurs identifiés, pour atteindre des buts définis avec efficacité, efficience et satisfaction, dans un contexte d'utilisation spécifié » (*Ibid.*). Selon ces auteurs, l'utilisabilité prendrait en compte à la fois de l'efficacité, de l'efficience, de la satisfaction, de l'apprenabilité et de la mémorisation.

Par conséquent, pour être acceptable, un système doit « posséder une adéquation suffisante avec l'utilisateur » (Dubois et Bobillier Chaumon, 2009, p. 306), conditionnée par les « caractéristiques d'utilisabilité » (*Ibid.*), à savoir « sa facilité d'utilisation et sa convivialité » (*Ibid.*). Nielsen (1994) décompose le concept d'utilisabilité en cinq caractéristiques: l'efficience (*efficient to use*, la satisfaction (*subjective satisfaction*), la facilité

[78] Fiche terminologique télé-accessible sur http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=8462383#eng
[79] Télé-accessible sur http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=8374031
[80] Norme ISO 9241-11 (1998). France: AFNOR. https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-13:ed-1:v1:fr

d'apprentissage (*easy to learn*), la facilité d'appropriation (*easy to remember*), et la fiabilité (*few errors*). Le construit d'utilisabilité doit être complété par celui d'utilité, qui vise à répondre aux besoins, fonctionnels et opérationnels, et aux attentes des utilisateurs, sinon « un système peut respecter tous les critères d'utilisabilité mais être inutile » (Dubois et Bobillier Chaumon, 2009, p. 306)

En résumé, pour cette approche ergonomique, un système pour être acceptable devra être à la fois utile et utilisable. Cependant, Dubois et Bobillier Chaumon (*Ibid*.) démontrent que « la qualité ergonomique des divers systèmes techniques ne suffit pas à assurer, à elle seule, l'utilisation 'normale', voire optimale, du dispositif, telle qu'elle a été pensée par les concepteurs » (p. 307).

Une approche psychosociologique a vu émerger dès les années 80 des recherches sous l'angle de l'acceptabilité sociale afin de tenter de prédire le comportement des individus à l'égard de la technologie, et des T.I.C. (Technologies de l'Information et la Communication) en particulier, en modélisant la façon dont ils acceptent d'utiliser un objet technique. En plus des concepts d'utilité et de facilité d'utilisation présents dans l'approche précédente, ce courant intègre dans les analyses d'autres facteurs psychosociaux tels que « l'influence sociale, les normes sociales, l'image de soi, etc. aboutissant à des modèles complexes » (*Ibid.*).

Plusieurs auteurs confirment (Béland, 2012; De Graaf, Ben Allouch et Klamer, 2015; Lombard et Dinet, 2015; Pasquier, 2012; Terrade, Pasquier, Reerinck-Boulanger, Guingouain et Somat, 2009) que l'acceptabilité sociale d'une nouvelle technologie est issue des modèles classiques de l'étude des usages: le modèle d'acceptation des technologies, que nous reprendrons au point suivant.

Dubois et Bobillier Chaumon (2009) posent une question qui nous préoccupe également dans le cadre de l'intégration de robots dans le cadre professionnel, à savoir qu'

> en ce qui concerne l'acceptabilité de la technologie dans l'organisation, le problème est plus complexe car si on y retrouve les questions des deux grandes approches précédentes, les dispositifs technologiques s'insèrent cependant toujours dans des enjeux psychosociologiques qui, de plus se déroulent dans une dynamique temporelle. (p. 307-308).

Ainsi, la prise en compte des dimensions organisationnelle et temporelle est également fondamentale. S'agissant de l'acceptabilité d'un robot, qui est un objet technologique pouvant être considéré comme un produit, à la base de services, pour des clients (ses futurs utilisateurs), mais avec aussi une apparence humanoïde, nous pourrions à ce stade proposer une définition mixant ces deux étymologies. L'acceptabilité robotique, située dans le cadre de travail, pourrait représenter la phase d'évaluation, première étape temporelle, par l'utilisateur potentiel (de l'objet ou outil que constitue le robot) qui en projetterait un usage dans la durée.

Dans le domaine du service à la personne (secteur tertiaire principalement non marchand), par exemple dans le cas d'aide technique pour le maintien à domicile de personnes âgées ou avec un handicap, l'acceptabilité du robot social est majoritairement corrélée à l'apport du robot quant à l'amélioration du degré d'autonomie et de confort de vie de la personne bénéficiaire. Les concepteurs[81] et distributeurs de robots sociaux axent d'ailleurs en partie leurs argumentaires sur l'angle de l'utilité perçue (même sans forcément le savoir!), mais surtout sur le plaisir d'utilisation, pour tenter de démontrer aux organisations et aux utilisateurs potentiels la valeur ajoutée du robot[82] dans leurs activités quotidiennes et professionnelles.

Pour finir, nous retenons que l'acceptabilité d'une technologie renvoie au fait d'estimer au préalable son degré d'utilité ainsi que de facilité ou de complexité.

1.2 Acceptation

Le terme acceptation (''*acceptance*'' en anglais) correspond au « fait d'accepter » (« Acceptation », Robert, Rey et Rey-Debove, 1993, p. 13), au sens de « accord, consentement » (*Ibid.*). Il s'agit de « l'acte par lequel une partie accepte ce que l'autre lui offre (consentement formel versus refus) » (*Ibid.*). En droit civil français, « l'acceptation est le consentement d'une personne (appelée ''acceptant'') à une offre de contrat qui lui a été faite ». Selon la fiche terminologique de l'Office Québécois de la langue française (2012), nous pourrons retenir que l'acceptation d'un produit[83], ou objet sociotechnique, correspond dans le

[81] Voir par exemple le site web de *Softbank Robotics (*https://www.softbankrobotics.com/) ou encore celui de *Blue Frog Robotics*: « Notre objectif est de concevoir et développer des robots accessibles pour tous qui rendent la vie plus facile, plus sûre et avec une touche de plaisir » (http://www.bluefrogrobotics.com/fr/home-fr/, télé-consulté en 2016).
[82] https://www.linkedin.com/pulse/what-robot-21st-century-rodolphe-hasselvander/ (par le concepteur de BUDDY; télé-consulté en septembre 2019).
[83] Équivalences anglophones: product acceptance, market acceptance, acceptance.

domaine commercial à « l'approbation d'un produit par une partie du marché suffisamment importante de sorte que sa production continue » (Acceptation[84]).

Dans une perspective de construction sociale de la technologie (*SCOT*), après la phase d'acceptabilité décrite précédemment, Minguet (2016) explique que les acteurs, face à un nouvel objet technologique, passent par des étapes d'expérimentations ''terrain'' dans lesquelles ils découvrent et parfois valident de nouveaux usages pour cet outil, non pensés initialement. Ils « usent et abusent, trahissent, transgressent, dévient » (p. 82). Cette association entre usages prévus par le concepteur et solutions développées par l'utilisateur donne cours à « des dérives imprévues, contre-productives, adverses » (*Ibid.*) mais permet également d'aboutir à une forme d'acceptation.

D'après Béland (2012), « le développement technologique se fait souvent en exagérant l'acceptation des produits offerts au public, sans poser de questions sur les impacts de ces produits lors de leurs usages » (p. 15), questions qui se posent plus souvent après leur utilisation[85].

Si nous revenons aux sources anglo-saxonnes du construit, central ici, d'acceptation de la technologie[86], l'un des modèles majoritairement repris par les chercheurs contemporains en robotique est celui du *Technology Acceptance Model* (*T.A.M.*). Ce modèle initialement élaboré par Davis (1989) pour prédire l'intention d'usage d'une nouvelle technologie par un utilisateur potentiel (influencée par son attitude, elle-même dépendante de l'utilité et de l'utilisabilité perçues de l'objet) a été développé et étendu ensuite par d'autres chercheurs comme Venkatesh, Morris, Davis et Davis (2003) pour devenir le *Unified Theory of Acceptance and Use of Technology*[87] (*U.T.A.U.T.*) (Grenon, 2007; Park et Kwon, 2016; Pasquier, 2012).

Pasquier (*Ibid.*, p. 40) nous donne en figure 15 sa représentation actualisée du modèle *T.A.M.*, adapté de Davis (1989).

---

[84] Fiche terminologique télé-accessible en 2018 sur: http://www.granddictionnaire.com/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=8374083.

[85] C'est pourquoi cet auteur prône en amont une forme « d'acceptabilité éthique » (Béland, 2012, p. 16) des robots, à partir d'une analyse globale d'impacts et d'acceptabilité. Il précise que « plusieurs types de robots dans le monde de l'automobile, le domaine médical et le domaine militaire sont déjà utilisés (acceptés) actuellement » (*Ibid.*, p. 15).

[86] Qui relèvent de la psychologie sociale des années 1990.

[87] Communément traduite en français par: Théorie unifiée de l'acceptation et l'utilisation de la technologie.

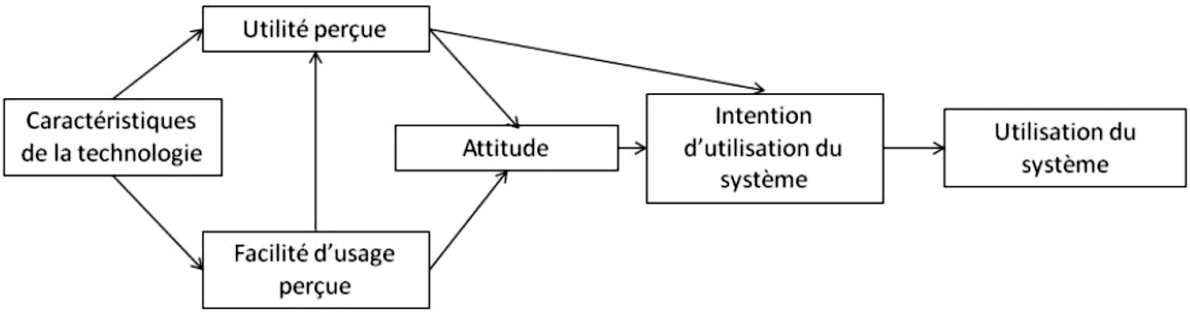


Figure 15 (Le modèle *T.A.M.* | Source: Pasquier, 2012)

Cette auteure synthétise la Théorie unifiée de l'acceptation et de l'usage des technologies (*UTAUT*), comme étant l'intégration de construits issus de huit théories ou modèles:

- La théorie des comportements planifiés (Ajzen, 1985);
- La théorie de l'action raisonnée (Fishbein et Ajzen, 1975);
- Le modèle d'acceptation des technologies (Davis, 1989);
- Le modèle combiné de la théorie des comportements planifiés avec le modèle d'acceptation des technologies (Taylor et Todd, 1995*b*) qui stipule que les normes subjectives sont affectées par l'influence sociale;
- Le modèle motivationnel appliqué (Davis, Bagozzi et Warshaw, 1989), où l'utilité perçue est déterminée en fonction de facteurs motivationnels;
- La théorie de la diffusion de l'innovation (Rogers, 1995);
- La théorie sociale cognitive (Bandura, 1986). Cette théorie comprend les attentes personnelles, les attentes en performance, les affects, l'anxiété et le sentiment d'auto-efficacité;
- La théorie d'acceptation des ordinateurs (Thompson, Higgins et Howell, 1991).

(In Pasquier, 2012)

Ensuite, comme elle l'illustre dans la figure 16, ce modèle complexe intègre quatre modérateurs (âge, sexe, expérience, contexte d'usage volontaire ou contraint) et quatre composantes (l'attente de performance, l'attente d'effort, l'influence sociale et les conditions facilitatrices).

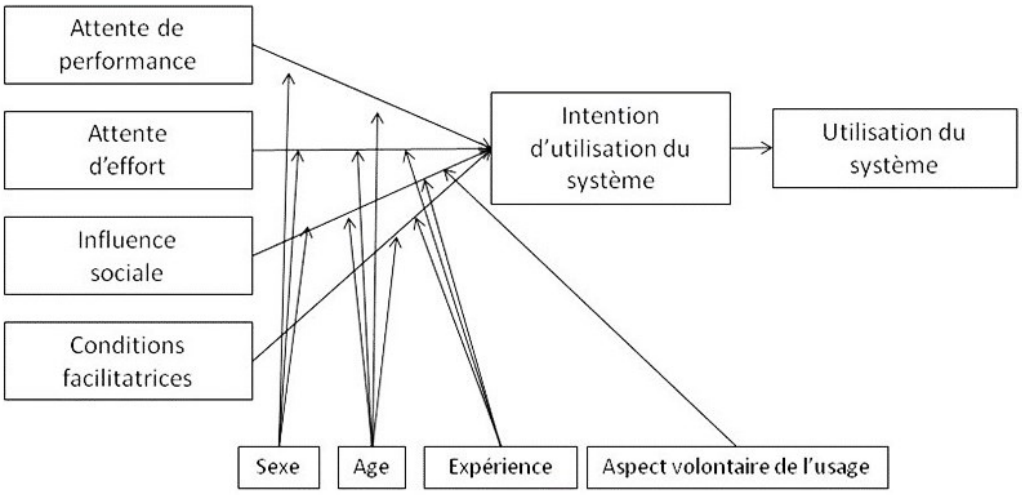


Figure 16 (Modélisation de l'*UTAUT* | Source: traduite par Pasquier, 2012, p. 59)

Toutefois, au vu du nombre de variables et d'influences potentielles tel qu'illustré ci-dessus, il s'avère que ce modèle est très difficile à étudier sur le plan méthodologique. Au moment où nous écrivons ces lignes, nous n'avons pas trouvé d'articles empiriques le mobilisant dans des cas d'usages robotiques effectifs.

À des fins d'opérationnalisation de notre étude, il nous semble par conséquent plus pertinent scientifiquement de nous recentrer sur le *T.A.M.*, à appliquer à l'acceptation robotique comme objet technologique en milieu de travail.

Ici, nous retenons que l'acceptation correspond à la deuxième étape du processus d'acceptance technologique. Elle se définit par le fait de tester et d'évaluer les premières utilisations que nous allons faire de cette nouvelle technologie, ici le robot social, afin de pérenniser ou non cet usage.

1.3 Adoption

Nous pourrions associer l'acte d'adoption[88] d'un robot social à l'étape validant l'adaptation (constat *a posteriori*) par l'utilisateur à son propre usage, en l'intégrant dans des pratiques quotidiennes, ici dans un cadre professionnel. Certains parlent aussi d'appropriation

[88] NB: ici le terme d'adoption ne se veut pas un biais de l'auteure d'anthropomorphiser l'objet robotique, mais simplement une reprise sémantique des termes employés par les auteurs du champ de la robotique sociale et *H.R.I. studies*.

lorsqu'il s'agit d'un objet technologique en général, mais le terme d'adoption revient plus fréquemment dans les communications du champ de la robotique sociale. Le terme appropriation est défini en didactique comme l'« action d'approprier, de rendre propre à un usage, une destination » (« Appropriation », Robert, Rey et Rey-Debove, 1993, p. 108): synonyme d'adaptation.

> '*Appropriation' happens when people are starting to use the technology. The process of acceptance is gradual in that users can continue the use (adoption) or choose to stop using the technology (rejection) during the process of appropriation. 'Incorporation', as part of the appropriation phase, occurs when the technology is used and incorporated into the routines of the user's everyday life. 'Conversion' reconnects the domestic environment with public values where the technology can become a tool for making status claims and for projecting a specific lifestyle to family, friends, and neighbours. It appears that the actual use of the technology feeds back to the commodification stage again, so that designers can learn about how people use the technology in their domestic environment.* (De Graaf, Ben Allouch et Klamer, 2015, p. 3) [89]

De Graaf *et al.* (*Ibid.*) parlent ici d'acceptation graduelle, ou de rejet du robot, qui clôture ce processus par une phase d'appropriation, des états ''d'incorporation'' puis de ''conversion'' qui succèderaient à celui ''d'accommodation'' dans la phase précédente d'acceptation.

Ces différentes phases ne sont pas étanches et font l'objet d'itérations et de rétroactions permettant notamment aux concepteurs de mieux comprendre l'usage réel de la technologie par les utilisateurs. Ces chercheurs ont mis en évidence la limite d'études ponctuelles en laboratoire (phase pilote), tandis que les études longitudinales seules permettent réellement d'évaluer l'acceptation du robot social dans le temps et donc son appropriation par les utilisateurs humains, ce qu'ils ont déployé à plusieurs reprises en environnement domestique (De Graaf et Ben Allouch, 2013; De Graaf, Ben Allouch et Klamer, 2015; De Graaf, Ben Allouch et Van Dijk, 2017).

[89] Traduction libre de l'auteure: ''L'appropriation'' se produit lorsque les gens commencent à utiliser la technologie. Le processus d'acceptance est progressif dans la mesure où les utilisateurs peuvent continuer l'utilisation (adoption) ou choisir d'arrêter d'utiliser la technologie (rejet) pendant le processus d'appropriation. ''L'incorporation'', dans le cadre de la phase d'appropriation, se produit lorsque la technologie est utilisée et incorporée dans les routines de la vie quotidienne de l'utilisateur. La ''conversion'' reconnecte l'environnement domestique aux valeurs publiques où la technologie peut devenir un outil pour revendiquer un statut et pour projeter un mode de vie spécifique à la famille, aux amis et aux voisins. Il semble que l'utilisation réelle de la technologie renvoie à nouveau au stade de la marchandisation, de sorte que les concepteurs puissent apprendre comment les gens utilisent la technologie dans leur environnement domestique.

En synthèse, Dubois et Bobillier Chaumon (2009) confirment que l'adoption des technologies dans le milieu professionnel peut se lire au travers de deux grandes approches portant sur l'acceptabilité (fondée principalement sur la cognition rationnelle de l'individu *a priori*) et sur le processus d'acceptation des technologies (analysant plutôt les usages et les ressentis).

> L'acceptabilité permet d'évaluer les probabilités d'appropriation des technologies et limite ainsi les risques de rejet probables en repositionnant si besoin le projet de changement et/ou la technologie elle-même […]. Partant du vécu et du ressenti des usagers, l'acceptation apprécie les effets concrets de la technologie sur diverses dimensions du système d'activité et permet ainsi de réajuster la place et le rôle du dispositif dans ce système de travail. (*Ibid.*, p. 376)

Ils soulignent en conclusion la relative complémentarité entre les deux paradigmes (même si la première approche a été plus documentée scientifiquement à ce jour); et surtout la « non-linéarité entre les deux perspectives » (processus cyclique plutôt que linéaire, rendant les boucles de rétroaction [*feedback*] tout à fait envisageables) (*Ibid.*, p. 377).

Pour conclure, nous comprenons que l'adoption est un processus où le facteur temps est prépondérant dans l'acceptance d'un objet technologique, *a priori* d'un robot social également.

1.4 Intégration des modèles théoriques d'acceptance technologique

Au terme de la compréhension du cadre conceptuel de l'acceptance robotique (adaptée du modèle *T.A.M.* d'acceptance technologique), nous allons nous centrer sur les principaux éclairages scientifiques retenus pour définir un ensemble de critères susceptibles d'orienter la méthodologie. Nous nous situons dans le cadre spécifique de l'implantation de la robotique sociale, ou encore humanoïde, pour des entreprises de services, notre terrain d'étude.

Dans la figure 17, nous avons schématisé l'articulation entre les construits d'acceptabilité et d'acceptation des robots sociaux, qui formeraient la phase d'acceptance robotique, avant de parler d'adoption effective.

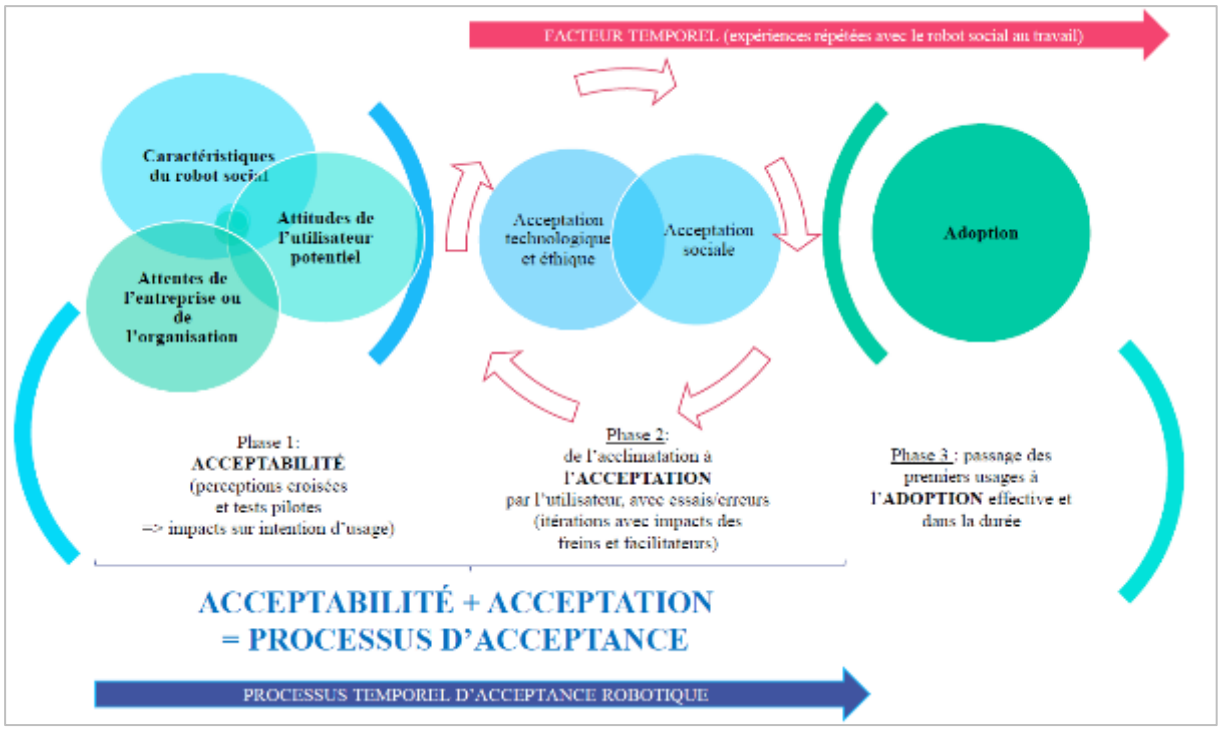


Figure 17 (Proposition d'articulation entre les construits d'acceptabilité, d'acceptation et d'acceptance dans un processus d'adoption robotique)

En contexte de travail, notamment dans des sociétés de services (métiers du conseil), nous avons placé le processus d'adoption de robots par les utilisateurs adultes sur une trame de temps non linéaire (avec des itérations et des actions correctrices en cours de déploiement). Nous parlerons de coévolution homme / machine (Devillers, 2017; Damiano et Dumouchel, 2016) au travail.

En synthèse, nous pouvons considérer que l'acceptabilité est ce que les acteurs pensent en général de la technologie, que l'acceptation est ce qu'ils font et testent avec une technologie nouvelle, pour arriver à une attitude d'acceptance. Et l'adoption est ce qu'il en font durablement.

En nous basant principalement sur le modèle nord-américain du *T.A.M.* (*Technological Acceptance Model*) de Davis (1989), et en le croisant avec les recherches de psychologues du travail contemporains français (Brangier, Hammes-Hadelé et Bastien, 2010; Bobillier Chaumon, 2013; Dubois et Bobillier Chaumon, 2009) sur l'acceptation des technologies à usage professionnel, nous envisageons donc schématiquement une modélisation du processus d'adoption robotique en trois phases, qui se décomposeraient de la façon suivante:

- Phase 1: **Acceptabilité (technologique, éthique et sociale)**, basée sur les représentations individuelles et les attitudes de l'utilisateur potentiel, qui mettraient à l'épreuve les critères d'utilisabilité et d'utilité perçue du robot social en contexte professionnel (amélioration de la pratique professionnelle par: gain de temps, analyse d'un grand nombre de données en un temps court, valeur ajoutée du consultant centrée sur la relation client et la production d'analyse et recommandations complexes, par exemple), ainsi que la conception du robot selon des critères éthiques, et l'alignement avec les attentes de l'organisation. Dans le cadre professionnel, la notion de plaisir perçu ou de dimension ludique serait moins présente.

- Phase 2: **Acceptation (technologique et sociale)**, qui amorce le processus vers l'adoption, par conséquent une étape nécessaire et incontournable. Ce construit central issu du *T.AM.*. (qui couvrirait nos phases 1 et 2) voit l'utilisateur (phénomène d'*user acceptance*) s'acclimater progressivement à de nouvelles façons de travailler, à de nouvelles habitudes avec le robot social en appui. *Via* un processus volontaire d'essais / erreurs, d'actions correctrices, d'itérations, cet utilisateur va pouvoir tester toutes les possibilités du robot ainsi que sa valeur ajoutée dans ses activités professionnelles. Il vivra une phase d'apprentissage en situation réelle et écologique, favorisant l'alignement entre ses interactions sociales et ses interactions matérielles avec le robot.

- Phase 3: **Adoption**, correspondant à usage effectif, bien identifié et reproduit par l'utilisateur (identique ou différent de celui initialement prévu par le concepteur).

L'apprentissage et l'expérience, qui nécessitent un temps de pratique, seront des composantes essentielles pour aboutir à cette étape d'adoption robotique, qu'elle soit individuelle, collective ou accompagnée par l'organisation.

Par ailleurs, Leonardi (2009) souligne que la perception de l'utilisateur potentiel vis-à-vis d'une nouvelle technologie impactera ses possibilités de l'adopter pour un usage plus régulier. Il met en balance le poids des interactions sociales sur la formation des attitudes individuelles. Ce n'est pas parce qu'un outil est décrété utile par l'organisation et déployé par les gestionnaires (*managers*) que les salariés vont nécessairement l'adopter. Au-delà de leur propre résistance au changement, il souligne l'impact des perceptions véhiculées par le groupe

avant même une première expérience directe. Il s'appuie également sur les travaux d'Orlikowski:

> *Orlikowski has made a similar claim, urging scholars to examine not just what a technology is capable of doing, but examining how technologies are used in practice based on what people interpret them as capable of doing*. (p. 411)[90]

Leonardi (*Ibid.*) met ainsi en évidence le phénomène d'alignement ou non-alignement entre les perceptions et attitudes issues des interactions sociales de l'acteur et ses interactions matérielles effectives avec l'objet technologique, qui lui permettra de passer ainsi d'acceptation à rejet ou récalcitrance, comme illustré dans la figure 18 ci-dessous proposée par Minguet (2016).

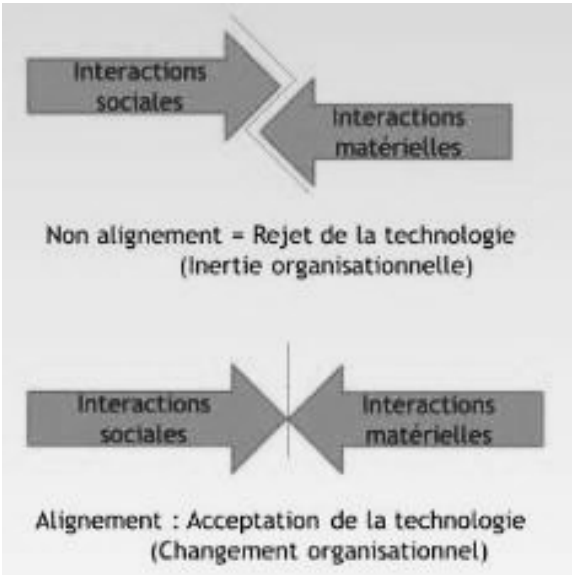


Figure 18 (Alignement permettant l'acceptation technologique | Source: Minguet, 2016, p. 18, inspiré de Leonardi, 2009)

Soulignons enfin que la *Diffusion of Innovation Theory* est aussi souvent utilisée pour soutenir l'intégration des technologies dans les entreprises, de même que dans le cadre de l'éducation aux technologies, à savoir lors d'implantation de technologies dans les formations ou dans les systèmes éducatifs. Les enjeux portent sur l'adoption de la technologie, l'implémentation et l'institutionnalisation de l'usage. Rogers (1983) identifie cinq profils d'adoptants, représentés dans la courbe de diffusion dans la figure 19 et enrichis par Moore (1999, p. 13) et sa notion de notion de gouffre (''*chasm*'').

[90] Traduction libre: Orlikowski a fait une affirmation similaire, exhortant les chercheurs à examiner non seulement ce qu'une technologie est capable de faire, mais aussi à examiner comment les technologies sont utilisées dans la pratique en fonction de ce que les gens les interprètent comme capables de faire.

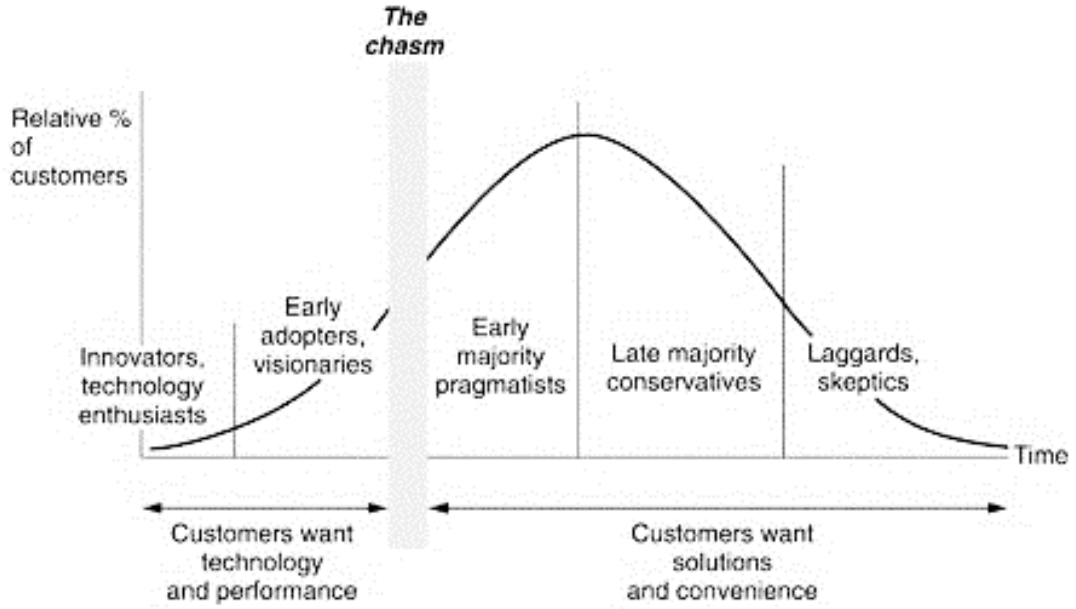


Figure 19 (Distribution des catégories d'adoptants d'une innovation | Source: Rogers, 1983, *In* Moore, 1999, p. 13)

- Les innovateurs qui sont en première ligne et qui sont parfois marginalisés dans leur groupe d'appartenance.
- Les adoptants précoces généralement issus de milieux favorisés et pouvant représenter des leaders d'opinion.
- La majorité précoce qui représente les personnes qui adoptent l'innovation après le décollage du taux d'adoption.
- La majorité tardive qui représente une partie importante de la population adoptant l'innovation après que plus de la moitié de la population l'ait fait.
- Les retardataires qui représentent la frange ‘‘résistante’’ de la population.

À partir de cette première recension, il est possible de problématiser en ces termes. L'adoption technologique, robotique ici, est un processus temporel qui se décompose en plusieurs étapes et qui est sensible à l'expérimentation effective. L'acceptance robotique intègre les deux construits francophones d'acceptabilité puis d'acceptation. Puis les usages répétés et dans la durée amènent progressivement l'utilisateur vers une adoption ou un rejet du robot social.

À l'instar de De Graaf et ses confrères (De Graaf et Ben Allouch, 2013; De Graaf, Ben Allouch et Klamer, 2015; De Graaf, Ben Allouch et Van Dijk, 2017), qui ont exploré l'adoption

robotique dans les environnements domestiques, nous aimerions à terme proposer un modèle d'acceptance robotique appliqué à l'environnement professionnel des services à l'entreprise: **le Modèle d'Acceptance des Robots Sociaux au Travail (M.A.R.S.@T.)**[91].

Dans un contexte robotique, comme dans tout autre contexte technologique, les profils décrits par Rogers risquent d'exercer une influence sur l'adoption des robots. Toutefois, de nombreux auteurs se sont attardés à bien décrire les facteurs qui sont déterminants pour l'adoption dans le cas des robots sociaux.

La prochaine section, et deuxième partie de recension scientifique, aborde ces facteurs et les méthodes de mesure associées.

[91] *Social Robot Acceptance Model at Work (S.R.A.M.@W)* en anglais.

2. Facteurs d'acceptation (ou de rejet) des robots démontrés dans les études empiriques et éclairages scientifiques retenus

Précisons que la notion de ‘‘facteur’’, plus lié à une relation causale, nous permettra par la suite d'être plus précis, dans notre devis méthodologique, qu'avec la notion de ‘‘critère’’. Nous avons repéré parmi différentes recherches présentées dans le chapitre précédent, les facteurs incontournables pour notre étude à venir. Lombard et Dinet (2015) rassemblent les facteurs d'acceptance robotique en trois catégories, dont nous allons nous inspirer, à savoir: les facteurs techniques (liés au robot), les facteurs psychologiques (liés à l'être humain utilisateur) et les facteurs temporels.

2.1 Facteurs techniques et caractéristiques physiques des robots

En plus de la définition et des caractéristiques du robot social présentées dans le chapitre de contextualisation, Devillers (2017) précise que pour « comprendre les risques spécifiques liés aux particularités d'un robot social » (p. 202), il faut également considérer son apparence physique et sa capacité à agir:

- Il peut avoir une apparence anthropomorphe;
- Il peut être doué de diverses capacités d'apprentissage (par renforcement, imitation ou connexion avec d'autres robots);
- Et enfin, il peut être doté d'empathie artificielle et d'émotions artificielles (*Ibid.*).

Lorsque nous interrogeons directement des concepteurs de robots[92], ils abordent assez rapidement les difficultés qu'ils rencontrent pour créer et produire des robots qui puissent correspondre à la fois à l'imaginaire collectif, héritier des ouvrages et films de science-fiction (dans leurs versions ‘‘sympathiques’’ pour ne pas risquer de déclencher un phénomène à la ‘‘*Frankenstein*’’), tout en étant réalisables et fonctionnels à des coûts accessibles au grand public. S'ils parviennent à résoudre cette équation, ils pensent répondre ainsi au défi de l'adoption de leurs robots par les humains (Darling, Bensoussan, Constantinides, Ganascia, McCarthy et Tesquet, 2016; Gelin et Guilhem, 2016; Devillers, 2017; Michaud *et al.*, 2005).

[92] Tels que Hasselvander et Mourier (2015, 19 février, communications personnelles - entretiens exploratoires) de Blue Frog Robotics).

2.1.1 Apparence physique des robots sociaux

Depuis les travaux de Mori (1970), nous savons que l'apparence globale des robots (''*hardware*'' ou enveloppe physique, couleur, présence ou pas d'un visage, de bras et mains…) a un impact fort sur la première impression que l'humain se forgera à son contact. Ce chercheur japonais a mis en évidence la notion de ''vallée de l'étrange'' (''*uncanny valley''*) ou idée de malaise de l'être humain face à un robot androïde, trop ressemblant à l'Homme.

L'un des cas les plus célèbres est celui du professeur japonais Ishiguro qui a créé un double de lui-même, un ''géminoïde'', qu'il envoie même parfois en conférence ou en animation d'un cours universitaire à sa place. Damiano et Dumouchel (2016) ont traduit le schéma représentant les différents états de l'''*uncanny valley*'' (en fonction du degré de ressemblance physique du robot avec l'humain) tel que reproduit dans la figure 20.

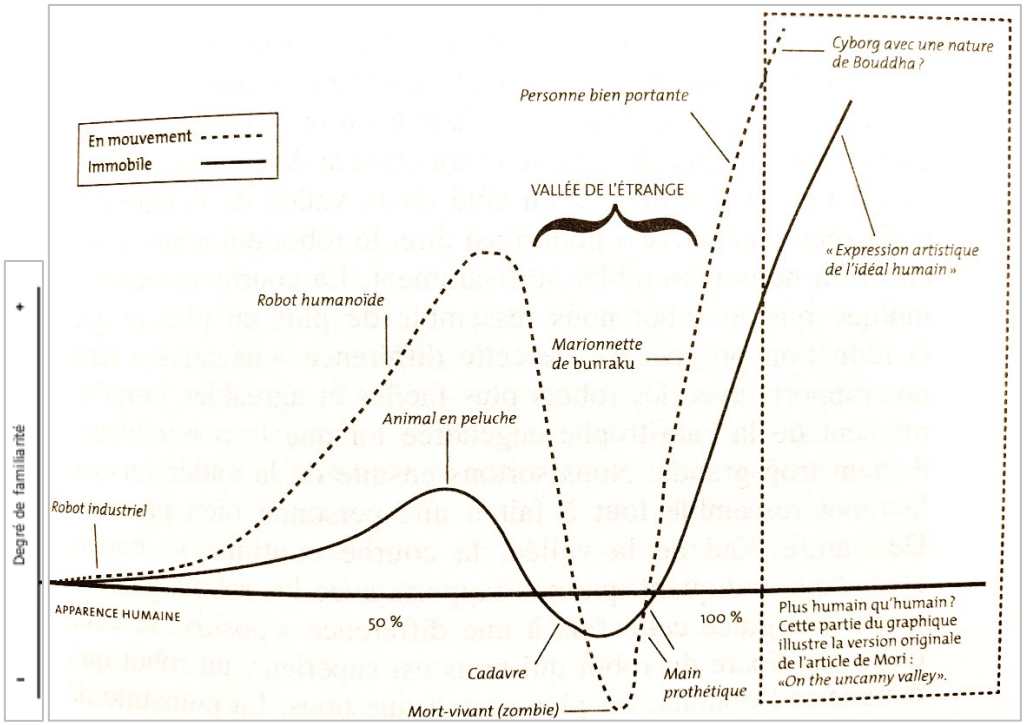


Figure 20 (Schéma de Mori [1970] représentant la ''Vallée de l'Étrange'' | Source: Damiano et Dumouchel, 2016, p. 35)

Par opposition au robot industriel qui est le plus souvent uniquement un bras mécanique articulé, avec des pinces ou autre outils, nous comprenons ici que, plus l'apparence du robot s'approche de celle de l'humain en bonne santé, image familière, et avec une certaine autonomie dans sa mobilité, plus le robot a des probabilités d'être accepté par l'humain. Toutefois, cette ressemblance doit s'arrêter à un degré qui n'engendrerait pas la confusion avec un humain. Car dans ce cas, le robot risquerait d'être rejeté par l'humain. Ce dernier pourrait se sentir mal à

l'aise ne sachant plus vraiment s'il est ou pas face à une machine. L'objet robotique inanimé qui copierait une image humaine le renverrait plus à une image de mort.

Au-delà des constats de Tisseron (2015), Devillers (2017) indique toutefois que les « chercheurs ont depuis viré de bord. Car rien ne vaut un humanoïde pour susciter l'empathie artificielle » (p. 135). Cette théorie semble un peu critiquée du fait de notre incapacité à la tester réellement, des robots très ressemblants aux humains n'étant pas aisément ''accessibles'', comme l'ont questionné Zhang, Zhang, Du *et al.* (2020).

Précisons que les robots doivent rester inférieur à la taille humaine, de préférence à moins d'un mètre cinquante. Cette différence de taille, qui maintient le robot plus petit que l'homme, a été décrite comme étant moins effrayante (Damiano et Dumouchel, 2016; Darling *et al.*, 2016).

À partir du site Internet d'*HOOMANO*[93], nous pouvons visualiser (figure 21) quelques-uns des robots sociaux disponibles à la vente en 2018 pour le marché professionnel.



Figure 21 (Exemples de robots sociaux à usage professionnel | Source: *Hoomano*)

Même si leurs coûts d'achat[94] restent élevés, et pas tous accessibles à grande échelle, ces robots sociaux illustrent le respect de ce ''*design*''. Le plus haut en taille est le *PEPPER*, volontairement limité par ses concepteurs (*Softbank Robotics*) à 1,20 mètres, donc plus petit qu'un être humain adulte moyen[95].

[93] http://hoomano.com/ (télé-consulté en 2016; site Internet modifié depuis après recentrage des activités d'*Hoomano* sur leurs recherches en I.A. plutôt que sur le déploiement de robots physiques).
[94] Pas de location possible sur ces modèles, ni de prêt pour la recherche.
[95] Le fait de limiter la taille du robot peut aussi être dû au fait qu'avec une taille enfant, le robot serait plus facilement accepté voire adopté. Nous pourrions aussi évoquer la taille et la forme des ''yeux'' qui peuvent ainsi faciliter l'adoption en faisant penser à un enfant. Nous retrouvons cela aussi dans le cinéma comme chez *Disney*

2.1.2 Éléments sonores et voix

Vigouroux, Vella, Lepicard, Boudet, Nourashemi, Giacobini et Rumeau (2014) ont relevé plusieurs facteurs impactant négativement l'acceptation de robots sociaux à domicile, dans le cadre de robots d'assistance, dont l'acceptation a été observée auprès des utilisateurs, mais aussi des aidants (conjoint ou membre de la famille vivant avec l'utilisateur) et auxiliaires de vie leur rendant visite régulièrement. Tout d'abord, le bruit du moteur : « Le bruit du ventilateur de refroidissement du robot a été décrit comme 'respiration' par au moins trois personnes (U1, aidant principal, auxiliaire de vie) avec une note effrayante » (p. 4). Ensuite, l'utilisateur principal, comme son entourage, ont pu également être sensibles à la voix du robot, d'autant plus lors d'un usage répété.

« La présence d'une voix de synthèse, nécessaire à la validation des ordres vocaux, peut être effrayante lorsque le déclenchement se fait indépendamment d'un ordre de l'usager, plus particulièrement lorsque celui est en situation de vulnérabilité (dans son lit par exemple) » (*Ibid.*). Enfin, si l'utilisateur a pu s'habituer au fonctionnement plutôt autonome du robot social, capable de se déplacer dans sa maison, la question de l'alimentation électrique le rappelle à son état de machine, perception qui peut être désagréable pour la personne qui doit intervenir sous peine d'alerte sonore. « La répétition ininterrompue d'un message perçu comme inapproprié déclenche une irritation (''je vais me recharger'' en boucle sur des dysfonctions de charge) » (*Ibid.*).

Afin de répondre à ces irritants, Devillers et Dubuisson Duplessis (2015) ont travaillé sur l'aspect émotionnel de la voix des robots sociaux notamment en tentant de simuler, dans la programmation de la machine, une forme d'humour qui pourrait faciliter l'acceptation par les humains en proposant non seulement une interaction orale fluide, mais aussi agréable.

---

avec leur personnage *Le Chat Botté* dont la mimique aux yeux attendrissants a fait le tour du monde ou encore les regards ''mignons'' (notion de ''*kawaï*'' en japonais) de l'enfant *alien* dans la série S.F. *The Mandalorian*.

Biancardi, Mancini, Lerner et Pelachaud[96] (2019) travaillent sur des agents virtuels devant interagir avec des humains. Ils se réfèrent eux aussi à la *N.A.R.S.* et au *Godspeed questionnaire* sur les questions d'acceptation technologique.

Toujours sur le plan de la communication, Chevet[97] (2016, 2017) étudie les pratiques d'écriture et d'oralité dans le cadre de l'interaction homme / machine, en particulier concernant les agents conversationnels type *SIRI*. Elle cherche à comprendre comment le dispositif encourage les utilisateurs à établir un lien affectif avec la machine, via des *scenarii* empreints de sentimentalité. Elle interroge également les différents positionnements des concepteurs face aux attitudes sexistes de leurs usagers, ce qui rejoint certaines des questions éthiques soulevées dans le chapitre précédent.

Hameed, Tan, Thomsen et Duan (2016) soulignent de leur côté que l'''*user acceptance*'' (acceptation des robots par l'utilisateur) pourrait être, en plus de son apparence physique, influencée par la fonction du robot (le rôle qui lui est assigné) et ses capacités sociales ou encore ses compétences telles que l'intelligence sociale et l'expression d'émotions, ce que nous allons approfondir dans le sous-chapitre suivant.

2.1.3 Comportements du robot et Interface Homme-Robot

Dinet et Vivian (2014) font état de leurs recherches sur les robots d'assistance en choisissant de se baser eux aussi sur la *Unified Theory of Acceptance and Use of Technology* (*UTAUT*) de Venkatesh, Morris, Davis et Davis (2003).

> *As Aggelidis and Chatzoglou (2009, 2012) said, an extensive review of past studies as well as new evidence from recent experiments (e.g., Aggelidis & Chatzoglou, 2012; Carter & Bélange, 2005; Fusilier, Durlabhji & Cucchi, 2008; Kijsanayotina, Pannarunothaib, & Speedie, 2009; Oshlyansky, Cairns & Thimbleby, 2007; Schaper & Pervan, 2007) has shown that the UTAUT model explains up to 70 % of the variance in usage intention, which is an extremely high prediction ability (R2) for behavioural research. This result constitutes an important improvement compared to the previous models, which explained over 40 % of the variance in*

96 Et conversation personnelle lors d'une entrevue professionnelle en décembre 2019 à La Sorbonne, avec Catherine Péalchaud, au laboratoire I.S.I.R. (Institut des systèmes intelligents et de robotique: http://www.isir.upmc.fr/.

97 (2019, mai) Conférence-vidéo à l'Université Sorbonne - CELSA, *Clotilde Chevet & les assistants personnels numériques*: https://www.youtube.com/watch?v=jE1TPbXVynI.

> *acceptance (Ajzen, 1991; Venkatesh, Morris, Davis & Davis, 2003; Venkatesh, Brown, Maruping & Bala, 2008). As proposed by Venkatesh and his colleagues, performance expectancy, effort expectancy, social influence and voluntariness are the four main determinants of intention to use technology.* (Dinet et Vivian, 2014, p. 108)[98]

Selon eux, le modèle *UTAUT* explique jusqu'à 70% de la variance quant à l'intention d'usage (prédictibilité élevée). En plus des critères de performance attendue, d'estimation des efforts à fournir, d'influence sociale et de volontariat, facteurs déterminants pour mesurer cette intention d'usage (I.U.). Dinet et Vivian (2014) ont ajouté à leur étude la dimension d'apparence physique du robot et son comportement (I.H.R.) comme critères pouvant générer des attitudes négatives à l'égard des robots sociaux.

En tant qu'objet connecté, le robot social doit *a minima* nous faciliter l'accès à des ressources en ligne (par exemple dans le cadre d'activités de bureau: agendas et rappels, progiciels, documentations, vidéos, réseau social d'entreprise, etc.) et pouvoir se coordonner, selon le degré d'autonomie programmé, à d'autres objets connectés (systèmes de visioconférence, *smartphones,* imprimantes). Toutefois, pour être effectivement adopté, le robot devra faire plus qu'un *smartphone*, c'est pourquoi les concepteurs le nomment ''robot compagnon'' pour les usages domestiques, ''*teaching assistant (T.A.) robots*'' pour des usages éducatifs (Park et Kwon, 2016), ''assistant personnel'' ou ''robot de service'' pour les usages professionnels. Ainsi, le degré de complexité du logiciel de programmation (''*software*'') des comportements du robot social va influencer son autonomie (dispositif d'aide à la décision), son efficacité (utilité perçue) et ses interactions avec les humains. Les critères de performance attendue et de confiance en la machine devraient améliorer l'intention d'usage de l'utilisateur potentiel.

[98] Traduction libre: Comme l'ont dit Aggelidis et Chatzoglou (2009; 2012), un examen approfondi des études antérieures ainsi que de nouvelles preuves d'expériences récentes (par exemple, Aggelidis & Chatzoglou, 2012; Carter & Bélange, 2005; Fusilier, Durlabhji & Cucchi, 2008; Kijsanayotina, Pannarunothaib, & Speedie, 2009; Oshlyansky, Cairns & Thimbleby, 2007; Schaper & Pervan, 2007) a montré que le modèle UTAUT explique jusqu'à 70% de la variance de l'intention d'utilisation, ce qui est une capacité de prédiction extrêmement élevée (R2) pour de la recherche comportementale. Ce résultat constitue une amélioration importante par rapport aux modèles précédents, qui expliquaient plus de 40% de la variance d'acceptation (Ajzen, 1991; Venkatesh, Morris, Davis & Davis, 2003; Venkatesh, Brown, Maruping & Bala, 2008). Comme proposé par Venkatesh et ses collègues, l'espérance de performance, l'attente de l'effort, l'influence sociale et le volontariat sont les quatre principaux déterminants de l'intention d'utiliser la technologie.

2.1.4 Modes de déplacement

L'un des défis des chercheurs en ingénierie robotique reste la question des déplacements des robots. A cause de leur poids et de la complexité de leur système mécatronique, il est encore (au moment où nous écrivons ces lignes) difficile de les faire marcher (avancer sur des jambes)[99]. La majorité des robots sociaux utilisés en laboratoire ou disponibles à la vente grand public se déplacent plutôt sur roulettes (*PEPPER, Buddy, Zenbo, Leenby, CRUZR*), sont de petite taille (*NAO*) et ont des mouvements contrôlés, ou bien encore sont statiques (*Jibo*) pour leur permettre d'être posés près de l'utilisateur.

2.1.5 Modes d'expression et capacités d'interaction sociales

Le robot social est désormais capable de simuler une forme d'empathie dite artificielle (grâce notamment aux progrès de l'I.A., côté *software*, et de capteurs et caméras, côté *hardware*) lui permettant d'interagir avec l'utilisateur, voire de détecter ses émotions pour ajuster sa réponse comportementale (Damiano et Dumouchel, 2016; Darling *et al.*, 2016; Devillers, 2017; Gelin et Guilhem, 2016). L'interaction homme-robot (I.H.R.) est censée être facilitée par ces attributs du robot social:

- On peut s'adresser à lui en langage naturel;
- Il peut répéter les infos et les instructions indéfiniment, sans ne se lasser ni juger;
- Il sait entretenir l'attention et la motivation de son interlocuteur.

La façon de parler du robot, ses intonations et ses expressions du ‘‘visage’’ (qu'il en ait un physique ou animé sur un écran type tablette), ainsi que la reconnaissance faciale des humains et la détection de leurs émotions sont des fonctionnalités au cœur des interactions sociales, notamment en environnement de travail, qui est lui par définition social.

> La préférence des personnes va à celui qui est le plus proche de l'humain, il est surtout celui que l'on pense le plus efficace. Le robot identifie les émotions d'un humain en se basant sur le contexte et des indices expressifs de l'humain, et il répond par des mimiques, des intonations et des attitudes adaptées, voire par des réponses langagières que l'humain interprète facilement lorsque le robot est un humanoïde. (Devillers, 2017, p. 135)

[99] Tual, M. 02-03-2016. *Pourquoi les robots ne savent toujours pas marcher comme l'homme*. Le Monde. http://www.lemonde.fr/pixels/article/2016/03/02/pourquoi-les-robots-ne-savent-toujours-pas-marcher-comme-l-homme_4875087_4408996.html

Devillers, Rosset, Dubuisson Duplessis, Béchade, Yemez, Türker, Sezgin, Erzin, El Haddad, Dupont, Deléglise, Estève, Lailler, Gilmartin et Nick (2018) poursuivent leurs travaux notamment dans le cadre du projet européen ‘‘*the JOKER*’’. Ce projet vise à construire une interface intelligente générique, permettant un système de dialogue doté de capacités de communication incluant l'humour et d'autres capacités d'interactions sociales non verbales.

Ils se basent sur des travaux récents dans le champ des I.H.R. qui permettent d'identifier et de mesurer le degré d'engagement d'un humain dans un dialogue avec un robot, afin d'adapter et d'améliorer en retour le comportement du robot, pour une interaction facilitée. Devillers *et al.* (*Ibid.*) définissent cet engagement comme le processus par lequel un (ou plusieurs) participant(s) établissent, maintiennent et terminent leur connexion perçue durant les interactions lancées conjointement. Ils se sont basés sur 4 types de connexions (habituellement étudiées dans le cadre de collaboration homme-robot orientée vers la réalisation d'une tâche) : « *directed gaze, mutual facial gaze, delay in adjacency pair, and backchannel* »[100] (*Ibid.,* p. 697).

Avec l'analyse de cette documentation scientifique empirique, nous avons pu comprendre et mettre en évidence que les critères mécatroniques et informatiques du robot vont sensiblement impacter les construits d'utilité perçue et d'anxiété au regard de la technologie robotique.

En synthèse, nous avons identifié qu'aussi bien les caractéristiques physiques et les attributs du robot social (‘‘*hardware*’’), que leurs comportements et I.H.R (‘‘*software*’’) peuvent influencer le processus d'adoption par les utilisateurs. Ces facteurs sont intrinsèquement intégrés dans les caractéristiques du robot social que nous utiliserons, à titre d'illustration, lors de la mise en place de notre expérimentation.

[100] Traduction libre: Regard dirigé, regard mutuel du visage, retard (de collaboration) dans la paire adjacente et canal d'interaction retour.

2.2 Facteurs psychologiques (liés à l'utilisateur): ''*user acceptance*'' et intention d'usage

Notre thèse s'inscrivant dans les champs de l'éducation et de la psychologie du travail[101] (formation des adultes au travail), ce sont les facteurs liés à l'humain que nous avons choisi d'explorer en priorité pour cette étude.

Il convient de rester prudent sur les liens mesurables entre attitudes et intention de comportement, mais les travaux de Fishbein et Ajzen (1975) sur l'étude des attitudes et leurs impacts sur les comportements futurs restent une référence. Sans définition consensuelle du concept d'attitude, nous retenons leur approche de l'attitude décomposée en trois composantes: cognitive (informations et croyances sur l'objet considéré), affective (évaluation de l'objet qui peuvent être positive, négative, sans oublier neutre) et conative (après l'évaluation: prédisposition à un comportement).

2.2.1 Attitudes des humains vis-à-vis des robots sociaux

De Graaf *et al.* (2015) ont identifié une première catégorie de facteurs influençant positivement l'acceptation des robots, à savoir les facteurs psychologiques tels que le ''*perceived behavioral control*'' (perception de pouvoir contrôler le robot). Ces auteurs distinguent les facteurs liés à l'utilité (le robot perçu comme un système utilitaire « *usefulness* » et « *ease of use* », p. 3) et au plaisir perçu (le robot perçu comme système ludique: « *hedonism, enjoyment* » et « *anthropomorphism* » (*Ibid.*); ''*life-like attribute*'' [attribution d'un degré de proximité du robot avec un être vivant]).

Dans la lignée des travaux de Nomura *et al.* (2009 à 2015), qui ont étudié l'influence de l'anxiété robotique dans les I.H.R., nous irons également questionner l'impact de l'anxiété technologique comme un frein potentiel à l'acceptance robotique. Nomura, Suzuki, Kanda, Yamada et Kato (2011) se sont d'abord ainsi focalisés sur l'impact des attitudes négatives des humains à l'égard des robots. Ils ont démontré que les:

> *Attitudes toward robots, in particular negative attitudes, are important factors influencing human perception and behaviors toward robots. […] existing studies using the Negative Attitudes toward Robots Scale for measuring these attitudes, and then reports a current study based on a social research, showing influences of experiences of robots, educational backgrounds, and generations into*

[101] Et non pas dans le champ disciplinaire de l'ingénierie robotique.

> *negative attitudes toward robots. In particular, the results of the survey suggested that experiences of humanoid robots decreased negative attitudes toward interaction with the robots.* (p.73)[102]

En d'autres termes, plus l'humain est exposé à des robots, avec lesquels il a des expériences d'interactions satisfaisantes, plus la probabilité de diminuer les attitudes négatives vis-à-vis des robots augmentera, comme nous l'avons synthétisé dans le schéma 22.

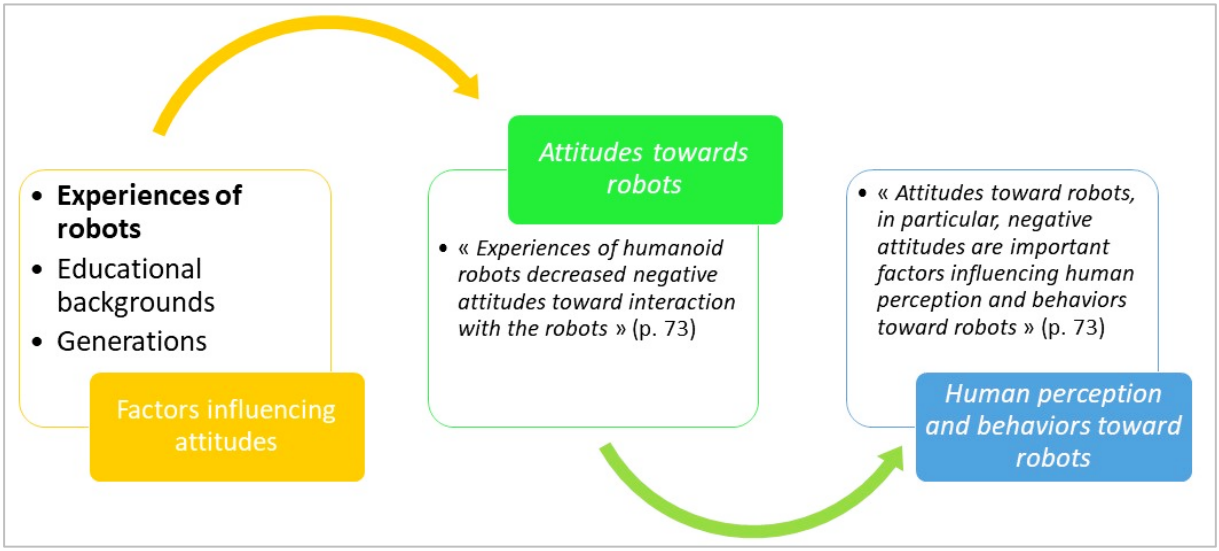


Figure 22 (Synthèse des facteurs impactant la perception humaine et leurs comportements face aux robots, inspirée des travaux de Nomura, Suzuki, Kanda, Yamada et Kato, 2011)

Nomura, Kanda, Yamada et Suzuki (2011) ont conduit une étude exploratoire de type quantitatif, avec un groupe de 20 Japonais (11 hommes et 9 femmes) d'une moyenne d'âge de 21.6 ans. Il s'agissait d'étudiants à l'université et de personnel de la faculté reçus au laboratoire. Chaque sujet devait faire face à un robot humanoïde, en étant seul dans une salle d'expérimentation. Le robot commençait par saluer le sujet, puis lui posait six questions relatives à son nom, activités de loisir, situation récente et emploi du temps.

Dans cette étude, ils se sont focalisés sur le comportement du robot qui devait regarder ailleurs pendant que les sujets répondaient aux questions. D'un point de vue clinique, « *this*

[102] Traduction libre: Les attitudes envers les robots, en particulier les attitudes négatives, sont des facteurs importants qui influencent la perception et les comportements humains envers les robots. […] Des études existantes utilisant l'Échelle des Attitudes Négatives envers les Robots (*N.A.R.S.*) pour mesurer ces attitudes, puis rapportent une étude actuelle basée sur une recherche sociale, montrant les influences des expériences des robots, des formations et des générations sur des attitudes négatives envers les robots. En particulier, les résultats de l'enquête suggèrent que les expériences des robots humanoïdes diminuent les attitudes négatives envers l'interaction avec les robots.

behavior is assumed to influence human perceptions of others » (p. 1)[103]. Dans la condition contrôle le robot regardait bien fixement la personne. L'anxiété robotique était mesurée par l'échelle *R.A.S.* (*Robot Anxiety Scale*) passée par les sujets avant et après l'expérimentation. Un effet d'interaction entre ceux étant plus anxieux dès le départ et un robot qui regarde ailleurs accroît l'anxiété. Nous notons cependant que les données ont été traitées par ANOVA (analyse de variance) mixte sur seulement 20 personnes et avec seulement quatre *items* ce qui rend difficile l'émergence de résultats significatifs.

En complément, Lombard et Dinet (2015) ont démontré que l'autonomie perçue du robot est un facteur déterminant selon eux dans la constitution des attitudes à l'égard dudit robot.

2.2.2 Intention d'usage

Dans le champ de la robotique éducationnelle, Park et Kwon (2016) ont démontré que l'utilité perçue est là le facteur le plus déterminant pour favoriser l'intention d'utilisation (''*intention to use*'': *I.U.*) des ''*T.A. robots*''. Ils disent confirmer les corrélations du *T.A.M.* initial.

Ils ont également mis en évidence l'influence positive du plaisir perçu et de la qualité de service perçu. Ils portent la conviction que ces résultats devraient être partagés aux concepteurs de robots afin d'orienter leurs productions futures dans une optique de services effectives aux utilisateurs, notamment dans le domaine des technologies éducatives. « *Therefore, engineers and researchers should consider user perceptions when designing social robots* » (*Ibid.*)[104], ce que nous voyons de plus en plus avec des approches de conception centrées utilisateurs (''*design thinking*''). Ces auteurs ont nommé cette approche pédagogique le ''*R-learning*'': « *R-learning is referred as 'learning by educational service robots' (Han, 2010). […] Early studies of service robots in educational settings defined TA robots as being able to provide for educational purposes* » (*Ibid.*)[105].

[103] Traduction libre: ce comportement est supposé influencer la perception humaine des autres
[104] Par conséquent, les ingénieurs et les chercheurs devraient tenir compte des perceptions des utilisateurs lors de la conception de robots sociaux.
[105] Le R-apprentissage se réfère à l'apprentissage à l'aide de robots de service éducatifs (Han, 2010). […] Des études exploratoires de robots de service à des fins d'éducation définissent les robots d'assistance pédagogique pour les professeurs comme étant capables de fournir des usages éducatifs.

Ainsi, dans le contexte éducationnel, en Corée du Sud, ils ont confirmé les liens entre les facteurs du *T.A.M.*, avec selon eux une discrimination forte sur le construit d'utilité perçue. Ils complètent avec une mise en évidence de l'influence positive du plaisir perçu et de la qualité de service. Pour ce faire, ils ont étudié l'intention d'utilisation des robots d'assistance pédagogiques (''*T.A. robots*''), par les élèves et les professeurs, avec une méthode de « *structural equation modeling* » (p. 354) et analyse factorielle confirmatoire. La figure 23 présente leur modélisation.

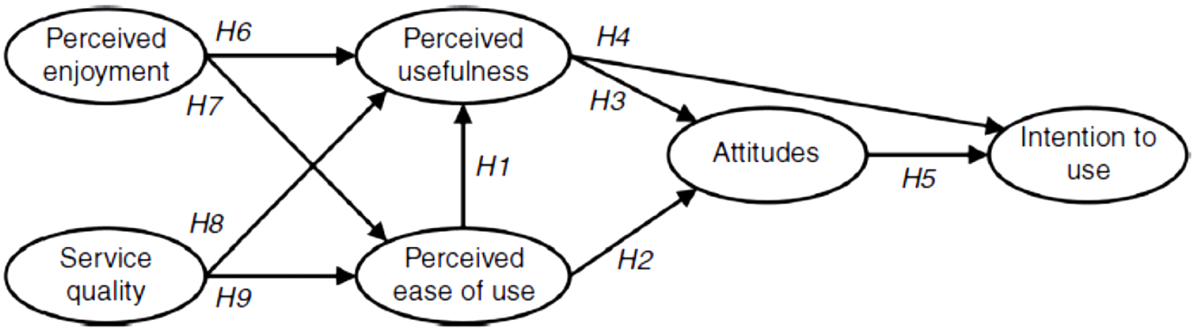


Figure 23 (Modèle de recherche en contexte éducationnel proposé par Park et Kwon, 2016, p. 358)

En résumé, l'intérêt de cette étude porte sur la réidentification de l'importance de l'utilité perçue (P.U.), ce qui est cohérent avec le *T.A.M.*, et son impact positif sur l'intention d'usage. Cette recherche est toutefois légèrement limitée par une population large, mais avec différents types de robots.

Il est à noter que l'utilisabilité (PEOU) est identifiée comme moins importante que la P.U. dans le cadre de l'acceptation robotique, en particulier dans le cadre d'un usage professionnel, comme dans le *TAM*. Comme le souligne Grenon (2007), « les travaux de Yuen et Ma (2002) et ceux de Davis (1989) montrent que l'effet du *perceived ease of use* n'est pas significatif ».

2.3 Aspects temporels

Pour étudier ces processus d'acceptance et d'adoption des robots sociaux, il ne faudrait pas négliger le facteur temporel, que ce soit au travail ou dans la vie quotidienne. « L'adaptabilité que procure l'apprentissage machine peut accroître l'empathie des humains

vis-à-vis des robots. Ainsi l'humain s'adaptera au robot qui s'adaptera à l'humain » (Devillers, 2017, p. 201).

Comme déjà évoqué avec les travaux de Nomura *et al.* (2011), nous supposons également que le degré d'exposition ou acclimatation de l'humain au robot en situation de travail influencera positivement son adoption durable.

Pour aller plus loin, De Graaf *et al.* (2015) soulignent l'importance de mener des études à caractère longitudinal.

> Although previous research studying the user acceptance of social robots have used various methods, long-term studies are still scarce as almost all studies are usually no longer than one day (e.g. Bartneck, Reichenbach, & Carpenter, 2008; Bartneck, van der Hoek, Mubin, & Al Mahmud, 2007; Heerink, Kröse, Evers, & Wielinga, 2007; Nomura, Kanda, Suzuki, & Kato, 2008; Wada & Shibata, 2006). (p.1)[106]

Ainsi, afin d'éviter qu'un effet de découragement ou de lassitude ne s'installe après les premiers cas d'usages pilotes, l'accompagnement du changement par les différentes parties prenantes de l'entreprise sera crucial: présence, rôle et impacts d'acteurs aidant à l'intégration (facteurs sociaux).

Cette temporalité de l'adoption de la robotique en rapport avec les remaniements des activités et des tâches affectées chez les professionnels de services de conseil implique des apprentissages et des désapprentissages cognitifs. Nous parlerons donc de processus d'apprentissages organisationnels et d'apprentissages situés dans des communautés de métiers ou de pratiques, dans lesquelles les managers, designers et ergonomes seront (ou non) des acteurs facilitants.

Ce sont ces facteurs qui auront des effets de renforcement des facteurs précédents et qui permettront de faire le lien avec les facteurs sociaux facilitant l'alignement entre interactions sociales et matérielles, et avec les attentes de l'organisation:

- Effets de l'apprentissage sur le lieu de travail: exposition répétée de l'homme au robot social dans son cadre professionnel et acquisition de nouvelles compétences;

[106] Traduction libre: Bien que des recherches antérieures sur l'acceptance des robots sociaux par les utilisateurs aient utilisé diverses méthodes, les études à long terme sont encore rares car presque toutes les études ne durent généralement pas plus d'un jour (par exemple Bartneck, Reichenbach, & Carpenter, 2008; Bartneck, van der Hoek, Mubin et Al Mahmud, 2007; Heerink, Kröse, Evers et Wielinga, 2007; Nomura, Kanda, Suzuki et Kato, 2008; Wada et Shibata, 2006).

- Effets du ‘‘*machine learning*’’: adaptation du robot à l’environnement de travail et augmentation de son efficacité (qualité de service);
- Influence sociale[107];
- Accompagnement du changement;
- Équation satisfaction du management / des employés / des clients (Tanizaki, Shimmura et Fujii, 2017).

Ainsi, un des points de lacune saillant des recherches en robotique sociale appliquée concerne la dimension temporelle. Beaucoup d’études sont menées à ce jour en laboratoire, avec une exposition de l’humain au robot unique et de courte durée. Il y a aussi un manque sur l’observation de processus d’acceptation ou de rejet par les travailleurs concernés. Comme le soulignent Bobillier Chaumon et Dubois (2013),

> Une dernière réserve reprise de Brangier, Dufresne & Hammes-Adelé (2009) porte sur ce qu’ils appellent le problème de la rétroaction de l’usage sur l’acceptation. Ils indiquent que les études des impacts des technologies sur les personnes, leurs attitudes et l’organisation du travail devraient aussi reposer sur des études longitudinales et pas seulement sur des enquêtes ponctuelles par questionnaires. A titre d’illustration, le TAM ne s’intéresse pas aux effets consécutifs à l’usage d’une technologie, et donc à la rétroaction de l’utilisation d’une technologie sur l’utilisabilité et l’utilité perçues ainsi que sur son intention d’usage. Le feedback de l’utilisation n’est pas prévu par le TAM. De ce point de vue, l’acceptabilité sociale pourrait être vue comme la première étape d’un processus plus large d’appropriation de la technologie par l’individu. (p. 42)

À l’instar de ces auteurs, De Graaf *et al.* (2017) et Nomura *et al.* (2011) ont largement démontré l’importance d’une approche longitudinale et située pour comprendre le processus complet d’adoption.

Les avancées technologiques en robotique ont une courbe exponentielle d’expansion. Ceci ramène le besoin de réactualiser les outils, les questionnaires et les protocoles d’observation terrain, afin de mieux former et accompagner les futurs utilisateurs de robots pour des usages professionnels, ce qui renforce la pertinence scientifique de cette recherche. Dans cette démarche temporelle qu’est l’adoption robotique, il est par conséquent nécessaire au préalable de nous outiller afin de pouvoir, dans des recherches ultérieures, mesurer de façon longitudinale les attitudes d’utilisateurs, francophones, face à des robots sociaux dans un cadre professionnel (travailleurs dans le secteur tertiaire des services).

[107] Avec des apports de la psychologie du travail et des organisations.

A cet effet, le meilleur instrument reste le questionnaire d'enquête. Des mesures par questionnaire, avant, pendant et après une implantation de robot social en entreprise, devraient à terme nous éclairer quant à l'évolution des attitudes des néo-utilisateurs, et par conséquent sur leur adoption ou leur rejet du robot après usage effectif en contexte de travail. Les prochaines études appliquées gagneraient ainsi en objectivité et impact avec une méthodologie et une instrumentation rigoureuse.

2.4 Synthèse

Nous avons mis en balance dans la figure 24, les principaux facteurs repérés dans la documentation scientifique, dans leurs effets positifs ou négatifs sur l'acceptation de l'objet qu'est le robot social humanoïde.

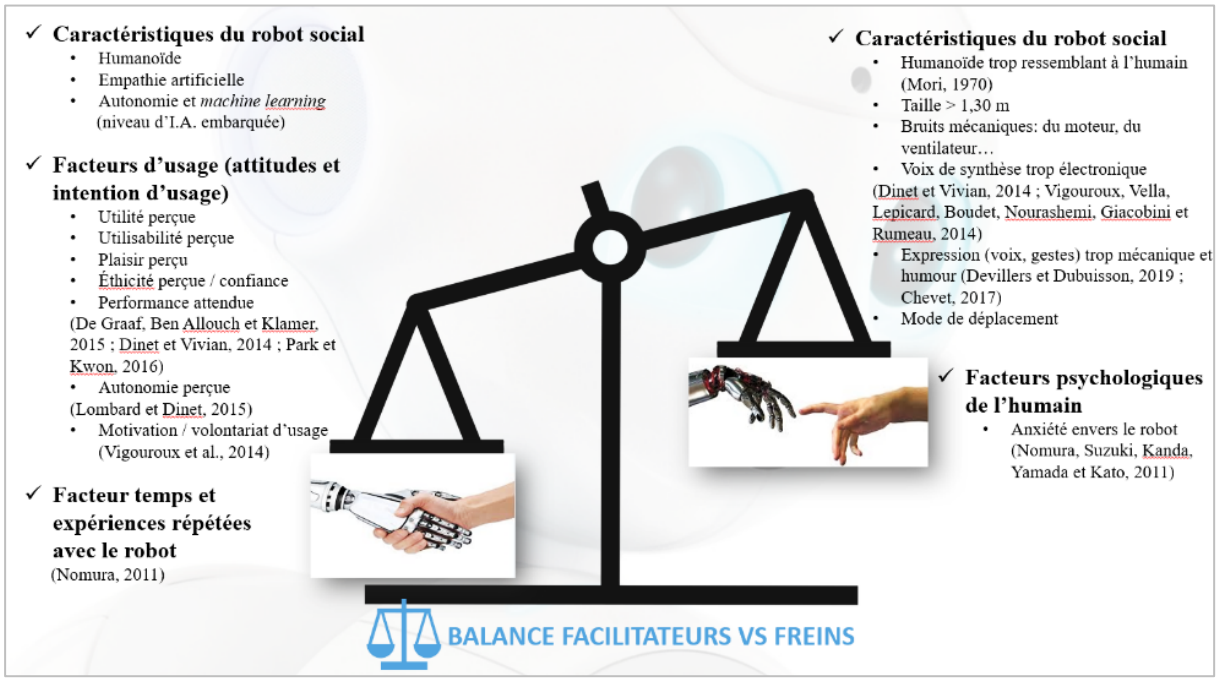


Figure 24 (Synthèse des facteurs d'influence individuels recensés dans la littérature scientifique)

En synthèse de cette recension scientifique, notre cadre conceptuel articulera les concepts qui suivent: le modèle d'acceptation technologique, à savoir le *T.A.M.* de Davis (1989) d'une part, revisité par les travaux de Dubois et Bobillier Chaumon (2009) et De Graaf et Ben Allouch (2013), et d'autre part l'anxiété robotique (Nomura, Kanda, Yamada et Suzuki, 2011), vers un modèle d'acceptance robotique située au travail.

3. Objectifs de recherche

L'étude de la littérature scientifique montre que l'acceptation technologique, et l'acceptance robotique *a fortiori*, s'étudient grâce à la mesure des perceptions et attitudes des utilisateurs. Ces observations et mesures doivent se faire idéalement dans la durée pour comprendre un processus complet d'adoption, en particulier dans l'optique de former et d'accompagner les travailleurs dans leurs nouveaux usages.

Notre recherche étant ancrée dans une approche éducative et psychosociologique, nous avons choisi de nous centrer sur l'étude des attitudes, comme facteurs psychologiques (positifs, négatifs ou neutres) influençant l'intention d'usage d'un futur utilisateur de robot social en contexte de travail. Dans la figure 25, nous avons représenté les facteurs, ou construits, retenus et leurs relations supposées avec les construits d'attitudes et d'intention d'usage robotique.

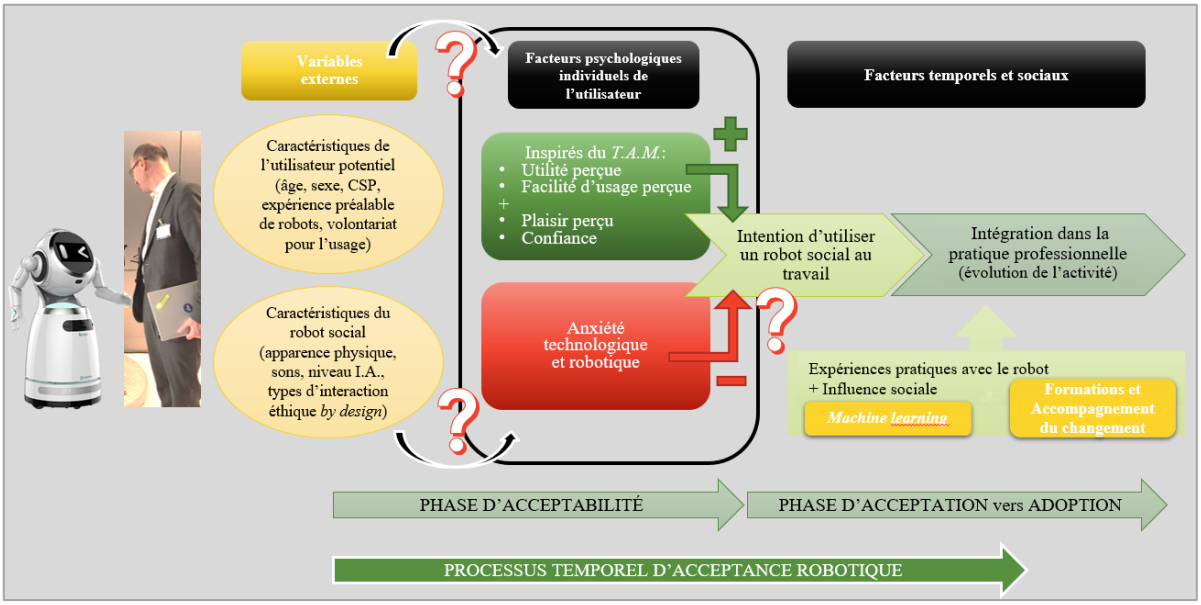


Figure 25 (Modèle d'Acceptance des Robots Sociaux au Travail [M.A.R.S.@T.] | schématisation et montage photographique personnels[108])

Sur cette figure de synthèse, représentant les relations entre les construits à l'étude, nous déclinons notre proposition de Modèle d'Acceptance des Robots Sociaux au Travail (M.A.R.S.@T.). L'acceptance serait pour nous l'addition des phases d'acceptabilité et d'acceptation au niveau intra-individuel. L'usage dans la durée (facteur temps) amènerait à l'adoption effective du robot social. Nous ne savons pas si l'anxiété influence l'intention

[108] Source photographique du robot *CRUZR*: *Intuitive Robots*. https://www.intuitive-robots.com/hera-announce-strategic-partnership-with-ubtech/, téléconsulté en novembre 2019.

d'usage ou si elle intervient même en amont de l'acceptabilité, de même que nous ignorons encore l'impact des CSP et apparence du robot sur les facteurs individuels. Précisons que le cadre noir à bords arrondis entoure les critères sur lesquels nous opérons dans le volet empirique de cette thèse, en nous centrant sur la phase d'acceptabilité, en amont de l'usage effectif, afin d'évaluer les attitudes initiales des travailleurs impactés par l'arrivée d'un robot social dans leur cadre de travail.

Notre objectif général de recherche a visé à étudier les processus d'adoption ou de rejet des robots sociaux par les travailleurs, en situation d'activité, dans le secteur tertiaire. Dans le cadre de notre thèse, nous avons répondu plus particulièrement à la question de repérer, dans ce contexte, les **facteurs les plus déterminants dans l'étude des attitudes d'utilisateurs francophones**, en vue de leur formation à l'usage du robot et du développement de leurs compétences.

Avant de pouvoir déployer une étude applicative, la démarche empirique expérimentale implique la création d'outils de mesure, puisqu'à notre connaissance, les construits d'acceptance et d'adoption robotique n'ont pas été opérationnalisés de façon satisfaisante. Pour atteindre cet objectif de recherche, nous procédons en deux temps: une étape méthodologique d'élaboration de l'instrument qui sera présentée dans le chapitre III, et une étape de validation du questionnaire dont les résultats seront présentés dans le chapitre IV.

A) **Élaborer un questionnaire en français de mesure des attitudes des travailleurs vis-à-vis d'un robot social (facteurs d'acceptation et de rejets)** à partir:
   - De facteurs psychologiques positifs inspirés du *T.A.M.*: l'utilité perçue (PU), et la facilité d'usage perçue du robot social (PEOU), complétés par le plaisir perçu par l'utilisateur et la confiance envers la machine;
   - D'attitudes sur la question de l'intention d'usage (IU);
   - De facteurs potentiels de rejet via la mesure d'attitudes négatives et positives (échelle inversée) de l'utilisateur face au robot social inspirées de la *N.A.R.S.*

B) **Valider la structure factorielle des construits étudiés.**

C) **Estimer la fidélité de l'instrument:** consistance interne et fidélité temporelle (Test / Retest) des sous-échelles construites.

TROISIÈME CHAPITRE. MÉTHODOLOGIE. ÉTUDE EXPLORATOIRE: ÉLABORATION ET VALIDATION D'UN INSTRUMENT DE TYPE QUESTIONNAIRE

Dans ce chapitre méthodologique, nous présentons tout d'abord l'approche et le type d'étude retenus. Nous poursuivons dans un second temps par la présentation du terrain et de la population de recherche cible. Nous nous centrons, dans un troisième temps, sur les principes et méthodes de construction et de validation de l'instrument de recueil de données choisi, à savoir un questionnaire d'étude d'attitudes. Nous y détaillons également la méthode de sélection des populations de validation.

Nous présentons et analysons les résultats de ces études de validation en chapitre IV.

1. Type d'étude et devis

Pour rappel, nos travaux étant recentrés sur l'étude des attitudes des utilisateurs, futurs ou actuels, de robots sociaux au travail, notre objectif spécifique principal a été d'élaborer et de valider un questionnaire d'enquête.

Avant de détailler notre propre choix méthodologique et d'instrumentation en particulier, nous avons recensé dans la problématisation les principaux devis utilisés dans l'étude de l'acceptation des robots sociaux au travail. Nous avons décrit les méthodes, les échantillons et les instruments utilisés, en essayant de repérer les plus exemplaires. Nous avons identifié les lacunes méthodologiques et les pistes à valeur ajoutée pour notre recherche, avant de nous positionner sur le devis méthodologique retenu pour cette recherche exploratoire située dans le cadre d'une activité professionnelle du secteur tertiaire (services).

Le devis méthodologique pour notre étude empirique pourrait se résumer sous le format du tableau 8.

Tableau 8: Synthèse descriptive du devis méthodologique retenu

TYPE DE MÉTHODE	Étude exploratoire à visée descriptive. Méthode quantitative, avec un devis instrumental (élaboration et validation d'un questionnaire).
POPULATION ÉTUDIÉE	**POPULATION CIBLE** Salariés du secteur tertiaire. **POPULATION DE VALIDATION** Ensemble des salariés (consultants, chefs de projets, ingénieurs pédagogiques, personnel administratif, directeurs…) d'un cabinet français de conseil en accompagnement des transformations (environ 400 personnes).
INSTRUMENT POUR LE RECUEIL DES DONNÉES	Questionnaire d'enquête (*items* issus du *T.A.M.* +IU +échelle d'anxiété technologique *N.A.R.S.* +autres *items*), adapté et validé (contenu) en langue française (objectif spécifique A).
MÉTHODE D'ANALYSE DES DONNÉES	Procédure de traitement des données (via le logiciel SPSS): • (Objectif spécifique B) Analyse factorielle exploratoire; • (Objectif spécifique C) Estimation de la fidélité du questionnaire: ✓ Évaluation de la consistance interne des sous-échelles avec l'Alpha de Cronbach, ✓ Estimation de la fidélité temporelle [Test / Retest] via le Coefficient de Pearson (analyse de corrélation bilatérale t1 ⇔ t2), puis via le Coefficient Intra-Classe (ICC) avec son intervalle de confiance.

Nous allons détailler ces étapes méthodologiques dans la section 3 de ce chapitre.

2. Terrain de recherche et population cible

Dans l'optique de recherches applicatives ultérieures, notre population cible finale est composée d'adultes en entreprise ou institution publique (secteur tertiaire), à former à l'utilisation de robots sociaux (humanoïdes) au travail et à accompagner sur l'évolution de leurs compétences.

2.1 Zoom sur le secteur tertiaire

Ainsi, avec un terrain de recherche potentiel se présentant dans les métiers du conseil et services aux entreprises (études et ingénierie), développons ce que recouvre le secteur tertiaire.

L'Institut National de la Statistique et des Études Économiques (I.N.S.E.E.), qui collecte, produit, analyse et diffuse des informations sur l'économie et la société françaises, présente le secteur tertiaire comme « de fait défini par complémentarité avec les activités agricoles et industrielles (secteurs primaire et secondaire) »[109].

Il se décompose en:

- « Tertiaire principalement non marchand (administration publique, enseignement, santé humaine, action sociale) » (*Ibid.*);
- « Tertiaire principalement marchand (commerce, transports, activités financières, services rendus aux entreprises, services rendus aux particuliers, hébergement-restauration, immobilier, information-communication) » (*Ibid.*).

Ce secteur tertiaire, et plus particulièrement le conseil, notre terrain de validation, a la particularité, contrairement à l'industrie manufacturière, de délivrer essentiellement des services. Ils sont centrés sur une production dite intellectuelle (la Fédération française Syntec[110] se présente d'ailleurs comme regroupant les ‘‘métiers de l'intelligence productive’’) et la relation client, mais avec un taux de marge plus restreint que dans l'industrie.

Ceci s'avère être l'une des problématiques pour le développement économique de ce secteur majoritaire sur la surface du globe au XXI^{e} siècle. Minguet, Coste et Perez (1995) situent l'économie des services à l'intérieur d'un champ d'analyse appelé parfois « l'ingénierie

[109] Institut National de la Statistique et des Études Économiques (I.N.S.E.E.). 29-04-2018. *Définitions, méthodes et qualité: secteur tertiaire*. https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1584/.
[110] http://www.syntec.fr/ (voir aussi plus en détail: https://www.syntec-ingenierie.fr/).

du tertiaire supérieur d'affaires » (p. 15). Il faut comprendre que cette configuration se présente au contraire de l'industrie où le robot est venu en soutien d'activités manuelles ou sur des chaînes de production, en général fatigantes ou difficiles physiquement, voire dangereuses. L'acceptabilité du robot dans ce cas ne fait pas tellement débat pour les travailleurs concernés. *A contrario*, « le conseil est […] non stockable, non transportable, plutôt immatériel, repose sur la proximité consultant / client, implique de plus en plus fréquemment un process » (*Ibid.*, p. 16). Le produit d'une activité de services est donc moins facilement visible et identifiable qu'un objet produit par une activité industrielle. L'utilité et la valeur ajoutée d'un robot dans ce contexte est moins évidente.

De plus, il est à noter que les chefs de projets et consultants qui forment la majorité des salariés de cette catégorie de métiers ont comme mission de vendre leurs services aux entreprises et organisations. Ils peuvent éprouver une difficulté à accepter l'usage de technologies et robots pour les seconder. Certains ont la croyance que cela risque de minimiser la valeur ajoutée de leur propre prestation intellectuelle. C'est pourquoi, il nous semble important de nous pencher sur la psychologie individuelle et donc les attitudes de ces utilisateurs potentiels de robots sociaux pour bien comprendre le processus d'adoption à l'œuvre.

2.2 Caractéristiques de la population d'étude

Pour cette étude, nous avons transmis le questionnaire Q.A.R.S.© à tous les salariés d'un cabinet français de conseil en accompagnement des transformations, proches de notre population cible en termes de caractéristiques socioprofessionnelles et de types d'activités professionnelles. Cette première phase de recueil de données, approuvée par le Comité d'éthique de la recherche (CÉR) en Éducation et Sciences Sociales de l'Université de Sherbrooke, s'est déroulée du 01 au 30 septembre 2019.

Au total, 206 répondants sur une population totale[111] de 400 personnes environ, soit la moitié, ont participé à cette étape de la recherche, après nous avoir donné leur consentement écrit en amont du formulaire en ligne[112]. La participation s'est faite sur la base du volontariat à

[111] Effectif global d'un peu moins de 400 personnes à cette période tel que vérifié avec la Responsable des Ressources Humaines de cette société.
[112] Voir formulaire de consentement (annexe B), informatisé et embarqué dans le questionnaire en ligne *Google Form* (en annexe G).

la suite d'une communication par des courriels et des affiches[113] dans les locaux à l'ensemble des salariés de la compagnie, avec l'accord de la Direction, de la Responsable des Ressources Humaines et l'appui en communication de la Directrice Marketing / Communication. Quelques relances collectives ont été opérées *via* le réseau social interne, avant la date butoir annoncée, afin d'atteindre un nombre de répondants supérieur à 200.

Contrairement aux recommandations académiques de Kothari (2004), notre échantillon ne permettra pas de généralisation. Il s'agit d'un échantillon de convenance auprès d'une population qui nous était accessible[114] qui répondait à nos critères d'inclusion (professionnels en activité du secteur tertiaire des services), que nous avons pu contrôler selon les recommandations de Gauthier (2009). Notre préoccupation première a été de récolter un *n* suffisant pour effectuer les A.F.E. et sur un échantillon homogène.

Une fois notre population de validation identifiée, nous pouvons passer à la présentation de notre méthode d'élaboration du questionnaire que nous lui avons administré.

[113] Annexe C.

[114] Par opposition à un échantillon ‘‘tout venant’’ qui aurait pu être plus large si nous avions lancé notre enquête sur des réseaux sociaux professionnels, mais moins maîtrisé en termes de critères CSP (âge, genre, métiers, expérience, langue parlée…).

3. Élaboration de l'instrument de recueil des données: le questionnaire

L'exploration de la documentation scientifique n'a permis d'identifier aucun questionnaire validé en contexte français comprenant l'ensemble des construits ciblés associés à l'acceptance robotique.

Avant tout recueil de données ultérieur, notre premier travail a donc été d'adapter des instruments repérés dans la documentation scientifique. Ceux-ci étant principalement de langue anglaise, nous avons dû également les traduire ou vérifier leur traduction en langue française le cas échéant, avant de procéder à la validation du questionnaire ainsi constitué. « Le questionnaire s'avère être, en effet, le mode de recueil privilégié pour la mesure des construits non directement observables » (Oppenheim, 1966).

3.1 Organisation calendaire et détails d'élaboration du questionnaire

Afin valider le construit d'acceptance robotique, la figure 26 présente les étapes d'élaboration de cet instrument qu'est le Q.A.R.S© . Nous allons les détailler dans cette section. Nous avons suivi en cela les recommandations de Vallerand (1989), qui indique:

> En se basant sur les travaux et méthodes de recherche trans-culturelle, sept (7) étapes sont proposées pour la validation trans-culturelle de questionnaires psychologiques. Ces étapes sont: (1) la préparation d'une version préliminaire; (2) 1'évaluation et la modification de la version préliminaire; (3) 1'évaluation de la clarté des questions par des membres de la population cible dans un prétest; (4) 1'évaluation de la validité concomitante et de contenu du questionnaire; (5) 1'évaluation de la fidélité test-retest et de la consistance interne de l'instrument; (6) l'étude de la validité de construit du questionnaire; et (7) l'établissement de normes. (p. 663)

Nous avons ainsi passé environ un peu plus de six mois sur la construction de notre instrument, en langue française, de la première version (préliminaire) à la version expérimentale au contenu adapté et validé. La validation de l'outil nous aura pris près d'un an et demi (mais pas en temps calendaire continu). Le recueil de données s'est déroulé en deux phases, afin de fiabiliser au maximum le Q.A.R.S.© pour un usage terrain efficient. Les analyses de ces études sont présentées au chapitre IV et discutées au chapitre V.

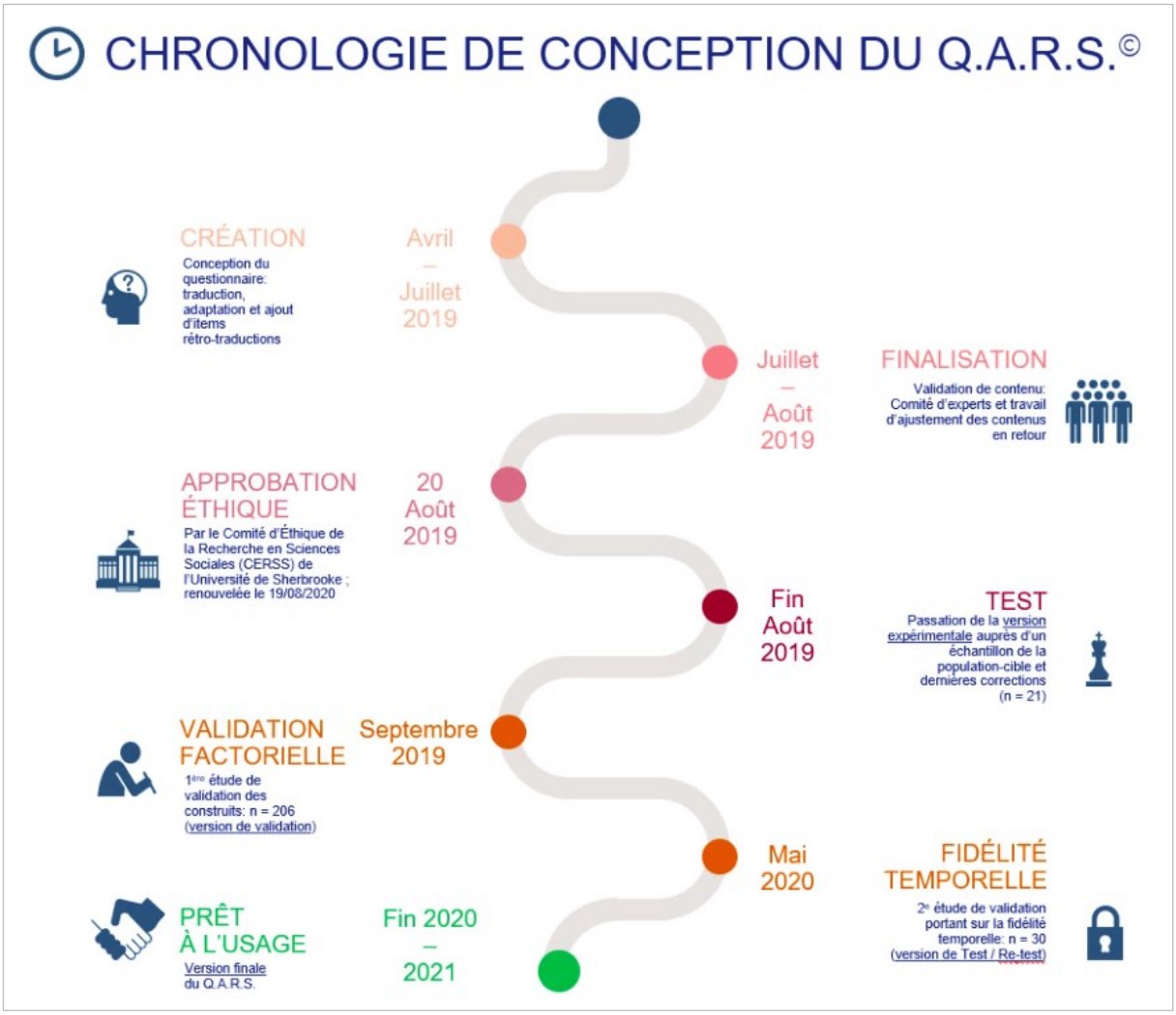


Figure 26 (Répartition dans le temps de la méthode de construction et validation du Q.A.R.S.©)

Dans sa version préliminaire expérimentale, comme représenté en annexe G, le questionnaire débute par une section 1 à caractère sociodémographique (versions différentes entre la version de validation, amendée après les retours du groupe-test, et la version de test de la fidélité temporelle).

En plus des rubriques classiques sur l'âge, le genre, le niveau d'études, la fonction et le type de responsabilités du répondant, nous avons inséré une série de questions visant à identifier le type de technologies numériques déjà connues de celui-ci et pratiquées dans son cadre de travail. Nous nous sommes en cela inspirée des questions du Baromètre annuel *Digital Workplace* (édition 2019[115]) mené par le cabinet de conseil Julhiet Sterwen et l'institut de

[115] Julhiet Sterwen. (2019). https://www.julhiet-sterwen.com/barometre-digital-workplace-2019/, télé-consulté en avril 2019.

sondage IFOP. Nous avons enfin listé des œuvres internationales de fiction cinématographiques ou séries audiovisuelles qui ont pu marquer le répondant.

Le Q.A.R.S.© se découpe ensuite en quatre blocs thématiques que nous allons détailler, visant à mesurer chacun des construits à étudier, tels que décrits dans l'objectif spécifique A (méthodologique) de cette thèse. Chaque section débute par des consignes pour remplir le questionnaire (par exemple ‘‘Pour chaque affirmation, indiquez votre degré d'accord à partir d'une échelle allant de 1 (Totalement en désaccord) à 7 (Totalement en accord)’’ et elle est illustrée par des images au besoin pour guider le répondant (perception d'un robot social). A compter de la section 2.1, le robot *PEPPER* décrit récemment est donné comme support de référence pour visualiser un robot social utilisable en situation de travail.

3.1.1 Sections 2.1 et 2.2

Le premier bloc concerne les sections 2.1 et 2.2 du questionnaire (questions S2.1.1 à S.2.2.23). Comme présenté dans le cadre conceptuel, afin de construire notre questionnaire Q.A.R.S.©, nous sommes tout d'abord partis du questionnaire *T.A.M.* de Davis (1989) dans sa version originale en anglais, que nous avons traduite en française. Nous l'avons adapté avec des termes spécifiques au robot social (à la place du mot générique ‘‘*system*’’). Nous avons inclus ensuite les deux construits de plaisir perçu et de confiance en la machine, proposés dans le *ALMERE Model* de Heerink, Kröse, Evers *et al.* (2010) tel que détaillé dans le tableau en annexe D.

Dans la version en ligne pour les répondants, l'ordre des questions a été mélangé pour ne pas repérer les construits mesurés, en alternant les *items* d'utilité et utilisabilité.

Les variables sont donc réparties sous 4 facteurs attendus au total. Cette sous-échelle est ainsi constituée de 23 variables ordinales, ou *items* (tableau 10), avec des modalités de réponse de type Likert à 7 modalités: de totalement en désaccord [1] à totalement en accord [7]). Nous tenons à préciser que pour les populations d'adultes qui possèdent les capacités cognitives pour distinguer les niveaux, le format à 7 modalités permet d'assurer une bonne cohérence dans les réponses comparativement au format à 5 modalités (Weng, 2004).

La pratique courante consiste pour les modalités à plus de 5 niveaux à indiquer les mots

aux extrémités et à n'utiliser que des nombres entre les deux. En cohérence avec les recommandations de Krosnick (1999), nous avons nommé chacune des 7 modalités afin d'augmenter la clarté du sens accordé (tableau 9) favorisant la validité et la fidélité de nos échelles.

Tableau 9: Libellé des 7 modalités de réponse de type Likert (sections 2.1, 2.2, 2.4, 3)

Totalement en désaccord	Plutôt en désaccord	Légèrement en désaccord	Neutre	Légèrement en accord	Plutôt en accord	Totalement en accord
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**

De surcroît, l'augmentation du nombre de modalités tend à augmenter l'alpha de Cronbach et les coefficients test-retest (Weng, 2004).

3.1.2 Section 2.3

En complément du *T.A.M.*, le deuxième bloc concerne la section 2.3 du questionnaire Q.A.R.S.© (questions S2.3.1 à S2.3.10) directement adaptée du *Godspeed Questionnaire* (Bartneck *et al.*, 2009). Ce bloc est composé de paires d'adjectifs placés aux deux extrêmes d'une échelle en cinq niveaux à l'origine et introduites par la consigne ‘‘Veuillez noter vos impressions au sujet du robot sur les échelles ci-dessous’’. Nous proposons sept niveaux de cotation pour notre part afin de garder une cohérence de modalités de réponses sur l'ensemble de notre instrument.

Nous avons retenu uniquement ses construits d'agréabilité et d'intelligence perçue du robot. Les deux autres facteurs liés à l'apparence physique sont traités par le choix des illustrations de robot dans l'instrument ou à terme directement le robot utilisé pour l'expérimentation. Ce bloc 2 comporte par conséquent 10 variables ordinales (annexe D) sous forme d'une échelle de 1 à 7 permettant au répondant de coter ses impressions par rapport au robot social sur la base d'adjectifs présentés par 2 pôles opposés, par exemple « déplaisant / plaisant ».

3.1.3 Section 2.4

Dans le bloc 3, section 2.4 du questionnaire (questions S2.4.1 à S2.4.12), nous avons repris des *items* portant sur l'intention d'usage (IU). Comme pour le *T.A.M.*, nous sommes repartie des questions originales en anglais du *Almere Model* que nous avons traduites en française. Nous les avons adaptées également avec des termes spécifiques au robot social (à la place du mot générique ''*system*''). Nous avons complété cette section avec quelques questions additionnelles à l'aide de notre comité d'experts.

Ce bloc comporte 12 variables ordinales (annexe D), avec une modalité de réponse de type Likert à 7 modalités: de totalement en désaccord [1] à totalement en accord [7]), regroupées en théorie sous un seul facteur: le construit d'intention d'usage.

3.1.4 Section 3

Enfin, ces échelles ont été également complétées, pour le bloc 4, par l'intégration de l'échelle d'attitudes *N.A.R.S.*[116] en version anglaise de Nomura, Kanda et Suzuki (2006[117], 2011) et Tsui, Desai, Yanco, Cramer et Kemper (2010). Nous l'avons adaptée à partir de la version française de Lombard et Dinet (2015). Cette traduction en français nous avait semblé sujette à certaines reformulations, que nous proposons donc d'intégrer ici pour notre Q.A.R.S.©. Précisons que nous avons mené cette adaptation en concertation écrite avec les Professeurs Nomura et Kanda, les concepteurs, d'une part, et avec l'accord du Professeur J. Dinet, le précédent traducteur en français, d'autre part.

Ce bloc 4 du questionnaire (questions S3.1 à S3.34) aborde le construit d'anxiété robotique, avec trois sous-sections (14 *items* à l'origine) inspirées de Nomura *et al.* (*Ibid.*) : S1 ''*Negative Attitudes toward Interaction with Robots*'', S2 ''*Negative Attitudes toward the Social Influence of Robots*'' et S3 ''*Negative Attitudes toward Emotional Interaction with Robots*''.

De plus, au-delà de la nouvelle traduction en français, nous leur avons ajouté toute une sous-section sur la notion d'anxiété technologique avec des questions additionnelles formulées

[116] *N.A.R.S: Negative Attitudes regarding Robots Scale*, traduite par échelle d'attitudes négatives envers les robots.
[117] Sur les conseils de Piçarra, Giger, Piçarra, Giger, Pochwatko et Gonçalves (2015) qui s'inspirent aussi de Nomura *et al.* (2004, 2006) pour leur adaptation portugaise de la *N.A.R.S.*

avec l'appui de notre comité d'experts. Ce dernier bloc comporte ainsi au total, avant validation factorielle, 34 questions (annexe D), avec modalités de réponse de type Likert à 7 modalités: de totalement en désaccord [1] à totalement en accord [7]).

Pour clôturer, chacun des blocs de la version de validation de notre questionnaire se termine par des questions ouvertes (espace libre d'écriture de quelques lignes) afin de recueillir les retours, du groupe-test en particulier, sur la facilité ou difficulté à répondre aux *items* et les éventuelles suggestions de reformulation par les participants. Dans cette version préliminaire, le questionnaire se termine par une dernière question ouverte (espace de *verbatim* non limité en taille) aux répondants-testeurs: « D'autres commentaires? ».

Nous avons également pris un temps pour nommer notre questionnaire et tester la lisibilité et la sonorité de différents acronymes en français (en vérifiant qu'ils n'aient pas non plus de signification négative ou trop connotée dans d'autres champs scientifiques ou idiomes…). Nous avons par exemple écarté E.A.A.R.H. (pour Échelle d'Attitudes et d'Anxiété envers les Robots Humanoïdes) qui ne ‘‘sonnait’’ pas de façon fluide en français. De plus, ce libellé intègre la notion de robots humanoïdes, trop spécifique par rapport aux *items* du questionnaire construit au sujet des robots sociaux en général. Nous avons par conséquent retenu l'intitulé: Q.A.R.S.© pour Questionnaire d'Acceptance des Robots Sociaux[118].

3.2 Exemples de robots sociaux utilisables pour la recherche: choix du robot *PEPPER* comme illustration principale du questionnaire

Comme présenté dans les chapitres I et II, un ensemble de réflexions et questions éthiques sous-tendent les travaux des chercheurs et des concepteurs en robotique, sociale en particulier, au vu des interactions attendues avec les humains.

Nous avons donc veillé à identifier et retenir le type de robot répondant à des critères éthiques *by design*, afin de ne pas interférer dans notre étude avec des éléments susceptibles d'affecter négativement les perceptions des néo-utilisateurs de robot. En prévision d'études applicatives et d'observations terrain, nous avions initialement choisi de travailler avec le robot

[118] Ce questionnaire pourra facilement se traduire, dans sa version complète finale, en anglais (pour une validation ultérieure dans cette langue) en: *S.R.A.Q.* pour *Social Robot Acceptance Questionnaire*.

social humanoïde *PEPPER*[119], conçu et construit par la société franco-japonaise *SOFTBANK ROBOTICS*, en photo ci-après sur la figure 27, qui répond à ces critères.

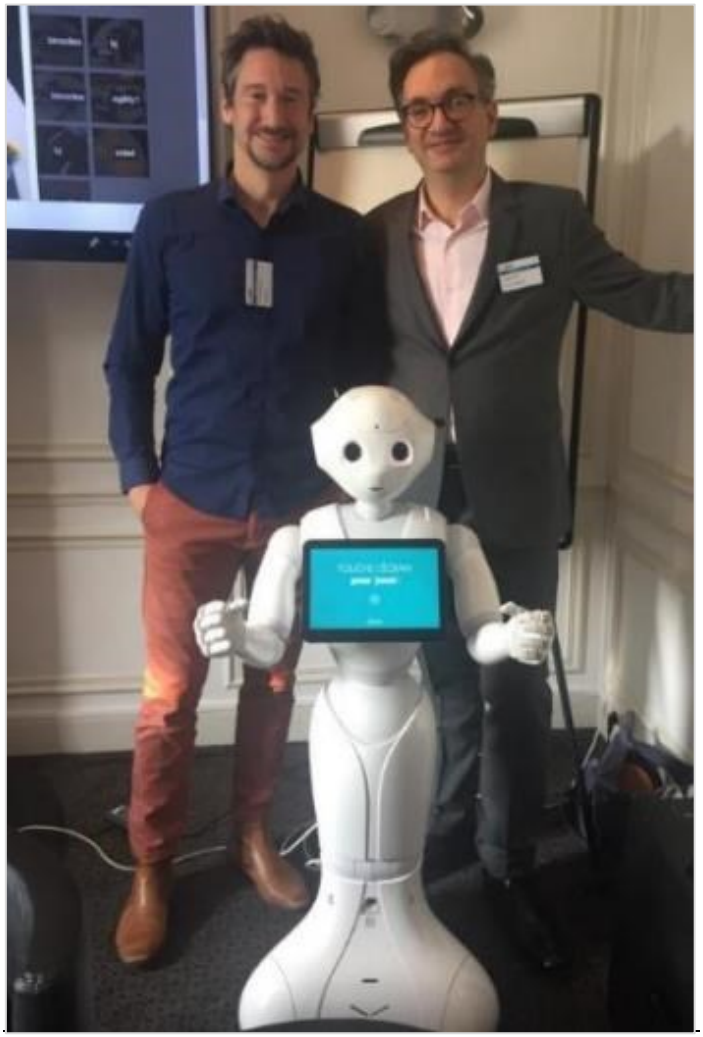


Figure 27 (Démonstration du robot *PEPPER* - photographie personnelle - *USpring* 2019)

Lors de cette conférence en mars 2019, Cyril Maîtrejean de la société *Hoomano*, a présenté le robot *PEPPER* en exemple de situation de formation présentielle, avec l'appui d'un module de détection de l'attention (niveau d'engagement) des participants[120].

Concrètement, *PEPPER* se présente physiquement comme une plateforme robotique mesurant 1m20 et pesant 30kg. Il est doté de 3 caméras (dont une au milieu du ‘‘front’’) et les amplificateurs de son se trouvent dans ses ‘‘oreilles’’. Son socle se compose de la batterie, qui lui permet une autonome électrique de 8 à 12h selon les fonctionnalités mobilisées.

[119] Voir certificat de conformité européenne de construction en annexe E.
[120] https://www.youtube.com/watch?v=s6q6Yss__E8 et https://www.youtube.com/watch?v=cZB1dky8k-0&list=PLpRZL4StSVp0jFoI2QtCkU7Q-YgCSgPfQ&index=3 (vidéos télé-consultables en mars 2019).

Il se déplace en roulant, de préférence sur une surface plane[121]. L'une de ses limites est sa faible vitesse de déplacement, à savoir 1,2 km/h. Il ne peut pas monter un escalier ni même prendre un ascenseur en autonomie, car ses mains ne sont pas équipées pour la motricité fine que lui demanderait le geste d'appuyer sur le bouton d'étage. Il ne pourra donc pas accompagner un client ou un collaborateur vers un interlocuteur de l'entreprise par exemple, mais il pourra indiquer la direction à prendre avec sa main, afficher un plan d'accès sur sa tablette et/ou prévenir l'interlocuteur du visiteur par messagerie (à condition de le connecter au *WIFI*).

Tel que mentionné, les mains de *PEPPER* ne lui permettent pas de préhension. Elles sont destinées à être un complément de l'interaction homme-robot, en soulignant une posture humanoïde, censée engager et favoriser le dialogue avec l'humain. C'est aussi ce qui distingue ce type de robot d'une simple borne d'information interactive.

Il est équipé d'un système de reconnaissance de visages (même si cela nécessite un travail d'apprentissage machine qui peut être assez coûteux en temps). Il peut faire de la synthèse vocale. Cependant, il ne prend pas en compte pour l'instant le sentiment des personnes. Il ne sait pas reconnaître les émotions humaines.

Enfin, relevons une dernière particularité voulue par les concepteurs de *PEPPER*: ce robot n'est pas genré. Tant sa voix que son physique sont conçus pour être neutres. La voix est partie intégrante du robot et elle ne cherche pas à se faire confondre avec un humain. Elle n'est volontairement ni féminine ni masculine, mais un peu enfantine et robotisée. Il est amusant de constater que dans les cas d'usage, les utilisateurs lui donnent en général un genre et parfois même un autre prénom adapté à leur activité.

En général, les développeurs, partenaires du constructeur *Softbank Robotics*, ont pour mission de programmer une application par usage souhaité par l'entreprise utilisatrice: un robot, une mission. L'annexe F présente la solution « *Flex worker* » d'*Hoomano*[122] en exemple d'application disponible dans les métiers de services qui nous intéressent. C'est pourquoi, nous

[121] À noter qu'il doit cartographier son environnement au préalable, sur environ 10m², avant de pouvoir être mis en service dans un espace d'accueil par exemple.
[122] Dont nous pensions nous inspirer pour notre étude de terrain, malheureusement inaccessible avec la pandémie Covid-19 et confinements successifs en France, avec forte recommandation de télétravail dans les métiers tertiaires.

avons conservé le robot *PEPPER* comme illustration principale de nos études de validation de questionnaire afin que les répondants puissent se projeter un minimum sur des usages concrets.

3.3 Méthodologie de validation du questionnaire: validation de contenu

Comme le souligne régulièrement l'ACFAS[123], la fiabilité des instruments mobilisés, c'est ce qui permet de crédibiliser la diffusion de la recherche et l'appropriation par les praticiens. Et « la validation a priori des outils utilisés est une condition essentielle à leur utilisation en contexte réel de recherche. Cette validation est d'autant plus importante lorsque les outils sont composés d'échelles de mesure » (Grenon, 2007, p. 116).

Ainsi tel que nous le présente ce chercheur, les questionnaires d'enquête se doivent d'être valides *a priori*, c'est-à-dire avant leur utilisation auprès de la population cible. Il nous rappelle qu'à cette fin, plusieurs étapes de validation sont recommandées par Bouchard (2000), Mulaik (1972), Pedhazur et Pedhazur-Schmelkin (1991) et Thompson (2004), à commencer par la validation de contenu.

3.3.1 Étape de traduction inversée (ou rétro-traduction)

Cette étape de relecture et de vérification de nos propres traductions a été confiée à une collègue, experte en psychométrie. Cette experte est à l'aise tant avec la langue anglaise (native britannique) qu'avec les concepts psychométriques étudiés et les objectifs de validation d'un tel questionnaire. Un deuxième collègue américain a été sollicité pour confronter leurs points de vue mais il n'a pas pu se libérer sur la période.

Le comité d'experts décrit ci-après, et familier avec la lecture et l'écriture scientifique anglophone, a pu toutefois effectuer une relecture complémentaire intégrant cette question d'adaptation linguistique, notamment après l'ajout de nouveaux *items*.

[123] Association Canadienne Francophone pour Faire Avancer les Savoirs (ACFAS).

3.3.2 Comité d'experts

Soulignons qu'avant d'être administrée, la version préliminaire de ce questionnaire a été revue[124] et commentée par un comité d'experts, toujours selon l'approche de Vallerand (1989). Ce comité pluridisciplinaire était composé de 12 personnes: notre équipe de Direction de thèse, de professeurs d'université (facultés d'éducation, de sciences humaines et sociales et d'autres spécialistes en robotique / informatique), d'experts en psychométrie, et enfin de consultants en accompagnement des transformations numériques et organisationnelles (représentant un petit échantillon de notre population cible).

Après la vérification des traductions (''*backtranslation''*) et le traitement des retours du comité d'experts sur les *items* (version WORD), le questionnaire a ensuite été saisi sous *Google Form* afin de pouvoir être administré au groupe-test, puis à la population de validation tel qu'illustré précédemment sur la ligne de temps en figure 26.

3.3.3 Retours du pré-test du questionnaire

Dans le cadre de cette procédure de validation de contenu, il a été également nécessaire d'étalonner les *items* sur un groupe-test ($n_0 = 21$ répondants), proche de notre population cible et de notre échantillon de validation (Gauthier, 2009).

Au-delà des commentaires et suggestions sur la formulation des questions, les retours du groupe-test nous ont permis d'améliorer l'ergonomie (mise en page des tableaux et découpage en sections plus courtes, tant pour la version Internet pour ordinateurs que pour l'adaptation à des écrans de *smartphones*). Mais ils nous ont incitée aussi à préciser la qualité des consignes, avec notamment une définition plus détaillée[125] du robot social au début de la section 2.

> Un robot dit ''social'' est un robot destiné à interagir avec les humains, sans nécessairement de spécialité particulière (contrairement à un robot industriel ou médical). Pouvant parler, regarder, se déplacer, se connecter à des logiciels utilisés par l'humain, se saisir d'objets, etc. Il est en mesure d'évoluer dans les mêmes environnements que des humains, par exemple leur lieu de travail. Il peut se présenter sous différentes formes: mécanique, animale, ou même de forme similaire à l'humain (androïde si très ressemblant [anthropomorphe], ou humanoïde si on détecte bien qu'il s'agit d'une machine). Il sera plus

[124] Sous logiciel *WORD*.
[125] Définition personnelle reprise également en introduction de cette thèse.

> ou moins autonome selon le niveau d'I.A. (intelligence artificielle) embarquée dans ses logiciels. Dans cette étude, nous nous concentrerons sur les robots humanoïdes ou partiellement humanoïdes comme dans l'exemple qui suit (car se déplaçant sur roulettes et non sur des pieds). (annexe G)

Sur le fond, nous n'avons presque pas touché à la formulation des questions (mais certains *verbatim* seront repris dans la discussion), à part une harmonisation grammaticale des temps. Nous confirmons que chacun des construits que nous souhaitons étudier est bien questionné par un minimum de 4 *items* (De Vellis, 2003) dans la version de validation du Q.A.R.S.©.

La durée moyenne de passation estimée par le groupe-test du questionnaire de validation se situe autour de 20 minutes (au lieu des 30 minutes pressenties par le comité d'experts) même si jugée trop longue par certains répondants. Nous l'avons spécifiée dans les consignes de passation du Q.A.R.S.© et dans les affiches de recrutement de la population de validation.

3.4 Phase de validation factorielle de type exploratoire

L'objet de cette thèse est d'apporter un instrument fidèle d'étude d'attitudes des utilisateurs de robots, afin de pouvoir mener des recherches ultérieures pertinentes quant à l'acceptance des robots sociaux en milieu de travail.

Dans la mesure où nous avons ajouté des *items* aux échelles que nous avons intégrées et traduites dans notre questionnaire, nous nous trouvons dans une configuration où l'analyse factorielle confirmatoire ne s'applique pas. Nous opérerons plutôt une analyse factorielle exploratoire (A.F.E. ou *E.F.A.* en anglais), afin de vérifier la validité structurelle du questionnaire. Plus concrètement, nous cherchons à vérifier que les *items* peuvent bien se regrouper par thèmes (covariances). Anderson et Gerbing (1988) préconisent de procéder d'abord par la détermination de la structure des facteurs par une analyse factorielle exploratoire auprès d'un premier échantillon et de poursuivre avec des techniques confirmatoires pour en ajuster la structure auprès d'un second échantillon distincts du premier.

Cette méthode va nous permettre de déterminer finement si chaque question est valide d'une part, et si d'autre part nous pouvons les regrouper par facteurs. En effet, selon Durand

(2005), « l'analyse factorielle tente de donner un sommaire des patrons de corrélations entre les variables » (p. 1). Ferguson et Cox (1993) nous rappellent que le processus d'analyse factorielle exploratoire se complète en trois étapes, que nous allons appliquer et dont nous présenterons les résultats dans le chapitre IV: les vérifications préanalyse, l'extraction des facteurs et la rotation.

Aussi, afin d'en valider la structure du questionnaire, au niveau des construits mesurés, 206 questionnaires individuels exploitables ont été recueillis, en plus du groupe-test, ce qui répond bien au minimum de 100 à 200 répondants recommandés par Kline (1986). Ce critère est le plus important selon Guadagnoli et Velicer (1988). Des auteurs comme Kline (1986) indiquent que même un *n* de 100 personnes peut parfois s'avérer suffisant.

La base de données est par conséquent constituée de ces 206 réponses aux questions (extraites du *Google Form* sous sortie Excel), qui vont être traitées dans le chapitre IV suivant. Nous avons également pris soin de convertir toutes les données nominales, de la section données sociodémographiques, en chiffres. Nous avons résumé ces recodages dans le tableau 10.

Tableau 10: Légende recodage des données nominales sociodémographiques

Code (=)	0	1	2	3	4	5
Genre	'Je ne souhaite pas le préciser' [NSP]	Femme	Homme			
Niveau d'études	Collège (fin études secondaires)	CAP / BEP (Diplômes d'études professionnelles)	Baccalauréat (équivalent DEC Québec)	Bac+2	Bac+3/4 (équivalent *Bachelor*)	Bac+5 (équivalent *Master*) et au-delà
Statut professionnel	Étudiant / sans emploi	Technicien	Cadre	Cadre dirigeant	Agent de maîtrise	Retraité
Responsabilité exercée	Pas de resp.	Manager	Directeur	Associé	Chef de projet	Chargé d'affaires
Amateur de SF/ Déjà interagi/ pensé utiliser un robot…?		OUI	NON			

Avant de procéder aux vérifications préanalyse factorielle exploratoire, nous opérerons un premier point de contrôle sur deux critères. Le premier est d'avoir un nombre de sujets

répondants *n* idéalement supérieur à 200. Le second est de calculer si le ratio du *n* par variable est bien supérieur à 10 (Ferguson et Cox, 1993; Hair, Gabriel, da Silva et Braga Jr, 2019).

3.4.1 Vérifications préanalyse

La vérification des données, préalablement aux analyses factorielles, est une étape souvent négligée dans les études ou dans leurs présentations (Ferguson et Cox, 1993). Pourtant, six caractéristiques des données, que nous présentons ci-après, sont à examiner.

Nous opérons une première inspection à partir des histogrammes et/ou des tableaux de distribution. Il s'agit ici d'observer que les coefficients d'asymétrie et d'aplatissement qui se situent entre -2 et +2 selon les barèmes de Ferguson et Cox (1993), et que les distributions des variables se présentent sous des distributions normales.

Ensuite, pour vérifier l'absence de colinéarité entre les variables (les *items* ou questions ici), nous avons retenu le seuil de 1E-5 de Field (2000) pour le déterminant de la matrice. Nous faisons l'hypothèse d'une possible colinéarité de certaines de nos questions, s'expliquant par la redondance assumée de certaines d'entre elles pour aide au choix après cette version de validation du questionnaire. Ces *items* seront sans doute à surveiller pour suppression éventuelle à l'issue de l'A.F.E.

La mesure de Kaiser-Meyer-Olkin (K.M.O.) est un indice de référence d'adéquation de la solution factorielle. Il indique jusqu'à quel point l'ensemble de variables retenu est un ensemble cohérent et permet de constituer une ou des mesures adéquates de concepts. Un K.M.O. élevé indique qu'il existe une solution factorielle statistiquement acceptable qui représente les relations entre les variables (Durand, 2005; Bourque, 2016). Nous vérifions le K.M.O. global, pour la mesure de la qualité et précision de l'échantillonnage, avec les critères d'interprétation suivants, toujours selon Durand:

> Une valeur de K.M.O. de moins de .5 est inacceptable
> .5 est misérable
> .6 est médiocre
> .7 est moyenne
> .8 est méritoire
> .9 est merveilleuse. (Durand, 2005, p.10)

Le Test de sphéricité de Bartlett doit ensuite nous donner une signification *p* inférieure à 0.001. Le tableau de résultat se résume sous la formule écrite: (Test de Bartlett = score du Khi^2 approximé (ddl), $p < 0.001$).

Nous regardons alors l'ensemble de la matrice anti-image (K.M.O. individuels). Si tous les coefficients de la diagonale de corrélation anti-image sont bien supérieurs à 0.5, cela valide la recommandation de Ferguson et Cox (1993).

Nous considérons enfin les qualités de représentation des variables (''communalités''), mais après extraction. Si toutes les vérifications préalables sont bonnes et toutes les variables supérieures à 0.2, nous pouvons poursuivre l'A.F.E. Si une des variables est inférieure à 0.2, nous la supprimons et nous recommençons l'extraction avec une nouvelle phase de vérifications préanalyse.

3.4.2 Extraction et sélection des facteurs

En ce qui concerne l'extraction des facteurs, il existe plusieurs approches. Ferguson et Cox (1993) en recommandent six, mais dans cette étude nous ne retenons que les trois principales, intégrées dans le logiciel d'analyses statistiques SPSS, à savoir:

- Le Critère de Kaiser (K1),
- Le Tracé d'effondrement ou test de l'éboulis (*Scree test*) de Cattell (1966),
- Et l'Analyse parallèle (*P.A.*) de Horn (1965).

Si nous les reprenons plus en détail, voici les critères et les seuils sur lesquels nous nous basons pour interpréter les résultats.

Pour le Critère de Kaiser (de base, par défaut dans SPSS), nous ne conservons que les valeurs propres supérieures à 1. Il s'agit de la première règle déterminée historiquement et elle nous donne un premier repère. Toutefois, cette méthode comporte des lacunes. Certains facteurs présentent des valeurs propres supérieures à 1, mais ne veulent rien dire. C'est pourquoi nous poursuivons l'analyse avec les autres critères.

Le *Scree test* de Cattell, également appelé le Test de l'éboulis, est assez intuitif puisque visuel avec la représentation graphique des *eigenvalues* (valeurs propres). Toutefois il est

souvent mal interprété. Afin qu'il soit valide, il faut réellement pouvoir identifier une vraie forme d'éboulis en bas de la pente, et non pas une simple courbe descendante type ‘‘descente à ski’’ sur les valeurs propres. Il n'est donc pas toujours applicable (Hu et Li, 2015; Bourque, Poulin et Cleaver, 2006).

Dans le cas contraire, il nous reste à utiliser l'analyse parallèle de Horn (1965), afin d'aller au-delà de la découverte de facteurs par chance, en simulant des données comme l'aurait fait le hasard. Le logiciel génère aléatoirement des matrices de corrélations théoriques avec le même nombre de sujets et même nombre de variables, sur lesquelles on fait l'analyse. On fait la moyenne des composantes, ce qui génère le hasard et l'on ne conserve pas ce qui est en-dessous. SPSS intègre une syntaxe spécifique pour effectuer cette simulation en ligne, à laquelle il faut juste préciser le nombre de données (ici le nombre de répondants) et de variables (nombre d'*items* étudiés dans le bloc). Nous comparons les valeurs propres de notre matrice de corrélations aux scores obtenus par simulation sur 1000 échantillons simulés.

À l'issue de cette comparaison, si le nombre de facteurs obtenus est différent du Critère de Kaiser, nous relançons une itération de l'analyse factorielle en fixant le nombre de facteurs attendus par l'analyse parallèle de Horn.

Et nous recommençons l'analyse et l'interprétation des résultats aux étapes de préanalyse: déterminant de la matrice, K.M.O., Test de sphéricité de Bartlett et surtout qualités de représentation. Si ces dernières sont toutes supérieures à 0.2, nous poursuivons l'analyse avec la rotation de la matrice factorielle. Sinon, il faut supprimer la variable < 0.2 et faire une nouvelle itération et analyse, jusqu'à obtention d'un tableau de communalités (après extraction) entièrement supérieures à 0.2. Et n'oublions pas qu'en réduisant le nombre d'*items* du questionnaire, il faut refaire une analyse parallèle de Horn sur le nombre de variables restantes.

3.4.3 Rotation de la matrice

Afin de trancher et faciliter la lecture des coefficients de chaque variable, nous utilisons la rotation *Varimax* la plus fréquemment utilisée dans SPSS (Durand, 2005; Ferguson et Cox, 1993). Elle maximise les coefficients les plus élevés et minimise les faibles (*i.e.* ceux qui ne sont pas suffisamment corrélés aux facteurs extraits dans la matrice) en plaçant les facteurs sur des plans orthogonaux.

Pour interpréter les résultats, nous regardons si les coefficients de saturation, classés par taille, sont supérieurs à 0.5, et s'ils présentent un écart supérieur à 0.2 avec les contributions sur les autres facteurs. Ferguson et Cox (1993) recommandent de leur côté de retenir un seuil de 0.4, quand Velicer, Peacock et Jackson (1982) acceptent même 0.3. Nous nous en tiendrons à 0.5 par souci de qualité et de précision dans le cadre de cette étude, exploratoire certes, mais partant de blocs de questionnaires existants.

Dans la mesure où nous ne cherchons pas à tout prix à développer un instrument psychométrique avec des *items* ''purs'', mais des échelles consistantes, les variables complexes, qui contribuent à plusieurs facteurs, mais à plus de 0.2 d'écart, ne sont pas retirées, mais présentées dans l'analyse. Ces variables sont affectées au facteur auquel elles contribuent le plus (*Ibid.*, p.91). Nous ne les conservons que si l'écart entre leurs coefficients de saturation est supérieur à 0.2. Les *items* complexes supprimés sont toutefois lus afin que leur thématique puisse nourrir conceptuellement le libellé des facteurs auxquels ils contribuent.

À l'issue de l'analyse de la rotation pour chaque bloc, nous conservons les facteurs pour lesquels il sera possible de déterminer les variables qui leur sont associées. Nous résumons en fin d'analyse de chaque bloc les variables ou *items* retenus pour chaque facteur.

Dans le cas où des *items* ne sont pas retenus sur un bloc, nous refaisons tourner l'A.F.E. sans ces *items* et en fixant le nombre de facteurs identifiés. Nous répétons cette opération jusqu'à obtenir un ensemble d'*items* avec des scores supérieurs au seuil de 0.5 (et avec un écart de 0.2) de contribution au facteur après rotation.

3.4.4 Sélection finale et labellisation des facteurs

L'aboutissement de l'analyse factorielle exploratoire se trouve dans le décryptage thématique de chaque facteur qui constituera les sous-échelles du questionnaire (Durand, 2005). Cette interprétation nous guidera pour nommer chacun de ces facteurs, en fonction de la signification portée par les *items* le composant et en fonction du poids de leurs contributions.

3.5 Estimation de la fidélité du questionnaire

3.5.1 Évaluation de la consistance interne des facteurs (Alpha de Cronbach)

La consistance interne [126] permet de mesurer en quoi les sujets répondent de manière cohérente aux *items* d'un questionnaire au travers de différentes passations. Nous regardons ici le Coefficient de consistance Alpha de Cronbach (α), dont les bornes varient entre 0 et 1 (Hair *et al.*, 2019). Il nous permet de vérifier que les *items* du questionnaire Q.A.R.S.©, tels que nous les avons regroupés par facteurs après l'A.F.E., mesurent bien un « construit latent unidimensionnel » (Nunnally et Bernstein, 1994). Nous nous basons sur le seuil minimal attendu de 0.8 pour considérer que l'échelle étudiée est consistante, même si Nunnally et Bernstein (*Ibid.*) indiquent qu'un score de 0.7 est satisfaisant en analyse exploratoire.

Pour finir, nous vérifions si l'analyse détaillée propose un meilleur α en supprimant un ou plusieurs *items* du bloc. La suppression de la question est alors envisagée si le gain est significatif en balance avec l'apport conceptuel de l'*item*.

3.5.2 Création et validation des échelles

Une fois les échelles créées dans la base SPSS, nous observons pour chacune d'entre elles leurs statistiques descriptives, à savoir fréquence, moyenne, écart-type, ainsi que minimum et maximum. Nous terminons par leurs distributions (visibles aussi sur histogrammes), avec les scores d'asymétrie et de *Kurtosis* (aplatissement) afin de vérifier si elles présentent des distributions normales.

3.5.3 Phase d'estimation de la fidélité temporelle

La première phase de validation de la structure factorielle de notre instrument a mis en évidence la nécessité d'effectuer une analyse de la fidélité (ou stabilité) temporelle (test / retest), afin de compléter et vérifier la fiabilité de notre échelle (Huteau et Lautrey, 2006; Hair *et al.*, 2019).

[126] Il y a d'ailleurs débats sur le terme usité en français: la formulation académique serait la cohérence interne, mais les usages issus de la littérature scientifique anglophone sont passés à celle de consistance interne, en particulier en français du Canada.

Soulignons que si l'impact de la pandémie Covid-19 et les mesures de confinement associées nous a éloignée de notre terrain de recherche final, il nous a aussi donné l'opportunité de compléter nos travaux statistiques, grâce à la disponibilité à distance de notre population de validation[127].

Cette deuxième phase de validation a été menée entre avril et mai 2020[128], auprès de nouveaux participants issus de la même population de validation que la première étude. Afin de garantir leur anonymat, un format de code d'appariement, entre les deux passations, a été fourni aux participants[129]: les 3 premières lettres du nom de jeune fille de leur mère, accolé à leur propre mois de naissance en chiffres (exemple: ARM09).

Le délai entre les deux passations a été de deux semaines tel que recommandé par Salvia, Ysseldyke et Witmer (2016), pour assurer une cohérence méthodologique entre les chercheurs et permettre des études comparatives. Ce délai a été annoncé dès le départ aux participants dans l'affiche de recrutement (annexe I).

L'échantillon pour cette deuxième étude de validation était de 40 personnes. Précisons que quatre des participants à la première passation n'ont pas fait le retest, même après la relance. Ils se sont prévalus de leurs droits de se retirer à tout moment[130]. Et six autres ont commis une erreur sur leur code d'appariement, ce qui n'a pas permis de relier leurs passations. Leurs réponses demeurent par conséquent inexploitables. Finalement, 30 réponses ont été éligibles au traitement statistique qui sera également présenté en résultats au chapitre IV.

Pour cet objectif de validation spécifique C, nous calculons les échelles de chaque bloc thématique du Q.A.R.S.© selon les facteurs identifiés dans l'A.F.E. Nous appliquons le Coefficient de corrélation de Pearson sur le score obtenu au temps 1 versus temps 2 (exemple PUt1 ⇔ PUt2), pour lequel nous attendons un seuil minimum de 0.8 de corrélation pour marquer la stabilité dans le temps de nos *items*, en appuyant sur les travaux de René, Casimiro, Tremblay, Brosseau, Chea, Létourneau, Silva, Stockwell et Bergeron (2011).

[127] Et avec l'accord et le soutien des Dirigeants et de la Directrice Marketing & Communication de la société Julhiet Sterwen.
[128] À noter que, tel que présenté au Comité d'éthique de la recherche en Éducation et Sciences Sociales, nous avons subi un décalage dans le temps de la phase d'expérimentation terrain: difficulté de recrutement de notre population cible finale, causée par la crise de la Covid-19.
[129] Voir Formulaires d'Information et de Consentement (F.I.C.) en annexes J et K.
[130] Tel que précisé dans le formulaire de suivi annuel au C.E.R.S.S. validé le 19/08/2020.

Ce coefficient calcule la corrélation bilatérale entre les scores des variables (ici à t1 vs à t2), en recherchant l'intensité et la direction d'une relation linéaire entre ces variables quantitatives.

Nous complétons ce traitement par un autre indice de fidélité temporelle: le coefficient de Corrélation Intra-Classe (ICC) de Landers (2015)[131] toujours dans SPSS. Nous lisons la mesure unique doublée d'un intervalle de confiance sur cet ICC.

Nous espérons nous retrouver dans les bornes supérieures acceptables pour les besoins de la recherche, avec un intervalle le plus élevé possible (Weir, 2005). Les résultats de ces étapes de validation, à partir de la validation factorielle (par A.F.E.), et résumées dans la figure 28 (dans la partie gauche du schéma), vont être présentés dans le chapitre IV à suivre, puis discutés dans le chapitre V.

4. Éthique de la recherche

Cette étude implique le recours à des êtres humains, sous la forme d'une population pour la validation du questionnaire[132]. C'est pourquoi nous avons déposé une demande d'approbation auprès du Comité d'éthique de la recherche (CÉR) en Éducation et Sciences Sociales de l'Université de Sherbrooke (« qui est l'un des quatre comités d'éthique chargés d'appliquer la Politique institutionnelle en matière d'éthique de la recherche avec des êtres humains. »[133]): validée le 20 août 2019 et renouvelée en août 2020. Vous trouverez en annexes (B, J et K) l'ensemble des formulaires d'information et de consentement (F.I.C.) et les supports de communication pour le recrutement des populations (annexes C et I).

---

[131] https://neoacademic.com/2011/11/16/computing-intraclass-correlations-icc-as-estimates-of-interrater-reliability-in-spss/.

[132] Et initialement une population d'étude terrain qui aurait intégré le robot social en contexte de travail, c'est pourquoi les formulaires en annexe y font référence.

[133] https://www.usherbrooke.ca/education/recherche/ethique-de-la-recherche/ (consultée en novembre 2018).
Voir aussi: https://www.usherbrooke.ca/gestion-recherche/ethique-sante-securite/rech-humains/cer-educ-sci-soc/

Par ailleurs, nos travaux de recherche se déroulant sur le territoire français, la règlementation européenne de protection des données (R.G.P.D.[134]) s'applique également. Ceci nous a amenée à ajouter un paragraphe à la fin du formulaire de consentement, stipulant l'acceptation de la conservation par la chercheuse de données des participants telles que nom, prénom, âge et profession, et les modalités de suppression de ces données individuelles s'ils ou elles souhaitent se retirer du panel pendant ou après l'étude.

Notre approbation éthique (annexe H) arrivant à échéance en août 2019, nous avons formulé une demande de prolongation à l'occasion du suivi annuel auprès du C.E.R.S.S., intégrant l'ajout d'une phase complémentaire de validation temporelle (Test / Retest) auprès d'un échantillon de la même population de validation que la première. Cette modification a été validée le 19/08/2020 pour un an.

[134] Le règlement général sur la protection des données (R.G.P.D.), applicable en Europe depuis mai 2018, responsabilise les organismes publics et privés qui traitent leurs données: https://www.cnil.fr/fr/comprendre-le-rgpd et https://www.cnil.fr/fr/les-enjeux-de-2018-2-accompagner-linnovation.

QUATRIÈME CHAPITRE. PRÉSENTATION ET ANALYSE DES DONNÉES ISSUES DES ÉTUDES DE VALIDATION DU Q.A.R.S.©

Comme décrit dans le chapitre III, nous présentons ici les résultats des études de validation menées à la suite de la construction de notre questionnaire Q.A.R.S.© (Questionnaire d'Acceptance des Robots Sociaux). Le schéma en figure 28 résume l'ensemble des étapes de d'élaboration et de validation que nous avons menées pour élaborer et proposer une version finale exploitable et validée du Q.A.R.S.© en langue française.

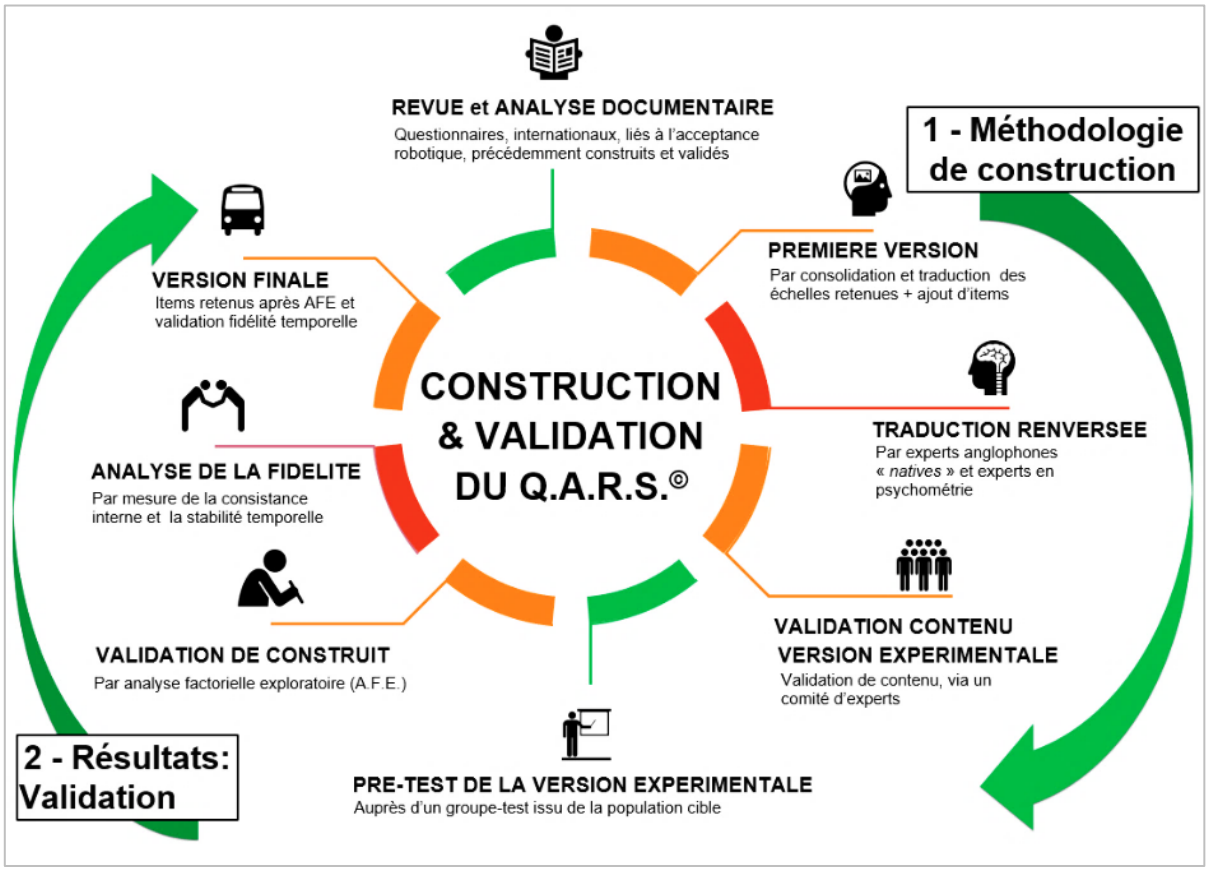


Figure 28 (Schéma de synthèse de notre méthode de construction et de validation du Q.A.R.S.©)

Cette validation s'est déroulée en deux phases principales. La première est centrée sur la validation factorielle du questionnaire (ou validation de construit) en réponse à l'objectif spécifique de recherche B. La seconde porte sur l'estimation de la fidélité en réponse à l'objectif spécifique de recherche C: consistance interne (analysée sur la première population de validation) et fidélité temporelle étudiée sur une deuxième population.

Nous clôturons ce chapitre par la version finale validée du Q.A.R.S.© avec les *items* retenus.

1. Validation de construit via A.F.E.

Afin de procéder à l'extraction des facteurs, nous avons adopté, dans le logiciel SPSS[135], la méthode d'extraction ''factorisation en axes principaux''. Notre jeu de données a été importé à partir du fichier Excel recodé, avec uniquement les données chiffrées, tel que présenté au chapitre III. Au total, rappelons que 206 répondants ont participé à cette étape de la recherche. Les caractéristiques de la population de validation sont présentées dans le tableau 11. Celui-ci détaille la répartition de cet échantillon de validation, par tranches d'âge et autres éléments sociodémographiques.

Tableau 11: Répartition de la population de validation (n_1 = 206) par pourcentages

Âge	20-30 ans: 37.37%	31-40 ans: 28.64%	41-50 ans: 24.76%	51-60 ans: 7.77%	+ de 60 ans: 1.46%
Genre	F: 48.5%	H: 49.5%	NSPP: 2%		
Niveau d'études	Bac+5 et+ (équivalent Master, Diplôme ingénieur, Doctorat): 83.5%				
Statut	Cadres: 84%			Dirigeants: 11.2%	
Responsabilité exercée*	Non: 36.41%	Chef de projet / Chargé affaires: 22.33%	Manager: 21.84%	Directeur / Associé: 19.42%	
Ancienneté	1 an et moins: 11.65%	2-3 ans: 42.23%	4 – 7 ans: 23.79%	8-11 ans: 8.25%	12 ans et plus: 14.08%

(*plusieurs réponses possibles)

Nous obtenons donc une répartition homogène entre les genres, niveaux d'études, et entre ceux exerçant ou pas des responsabilités. Nous avons confirmé avec la Responsable des Ressources Humaines que cet échantillon est bien représentatif (plus de la moitié de la de la population totale du cabinet).

Enfin, nous pouvons voir dans la figure 29 la répartition entre les répondants ayant déjà

[135] Version SPSS utilisée: IBM SPSS STATISTICS 25 (accessible via le Bureau Virtuel de l'UdeS).

été ou non confrontés à un robot (sans préciser s'il s'agit d'un robot physique ou logiciel[136]).

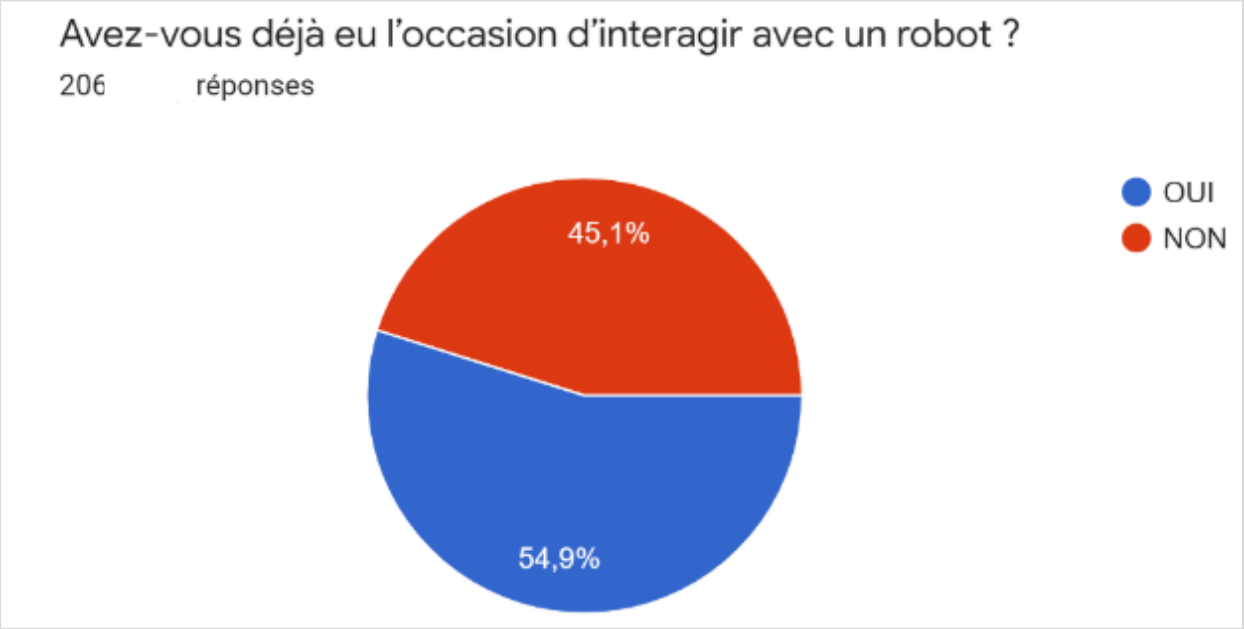


Figure 29 (Expérience préalable du répondant avec un robot)

Nous observons que cette répartition est assez homogène avec quasiment 50% dans les deux catégories. Pour cette étude de validation, aucune donnée quantitative n'est manquante, car il était obligatoire de répondre à chacune des questions (en dehors des éléments de CSP complémentaires), pour pouvoir passer à la suivante dans le formulaire en ligne. Le *n* dépasse bien ainsi le seuil de 200 répondants pour tous les blocs. En critère favorable supplémentaire, le bloc 2 (avec un ratio de 21 sujets par variable) et le bloc 3 (avec 17 sujets en moyenne) dépassent largement les recommandations de Ferguson et Cox (1993).

Avant de débuter cette analyse factorielle exploratoire (A.F.E.), nous nous sommes assurés que les données recueillies s'y prêtaient bien. Nous avons opéré par statistiques descriptives, et ce dans chacun des blocs thématiques.

1.1 Premier bloc: questions liées au *T.A.M.*

Pour mémoire, ce premier bloc est constitué de 23 variables ordinales (sections 2.1 et 2.2; questions S2.1.1 à S.2.2.23), regroupées théoriquement sous 4 facteurs (ceux du *Technological Acceptance Model* ''classique'', additionnés de 2 autres).

[136] Ce que les répondants ont précisé dans leurs *verbatim* à la sous-question suivante portant sur les circonstances de cette interaction (cf. annexe G pour la version complète du questionnaire Q.A.R.S.© sous *Google Form*).

Après une première inspection visuelle des distributions des variables (à partir des histogrammes) et de leurs statistiques descriptives (coefficients d'asymétrie et d'aplatissement qui se situent entre -2 et +2), nous avons constaté que les distributions de 22 de ces variables sur 23 se présentent sous des allures normales selon les barèmes de Ferguson et Cox (1993). Une seule (la question S2.2Q22) a un coefficient d'aplatissement supérieur à 2, ce qui demeure dans les balises (*Ibid*.) de moins de 25% des variables.

1.1.1 Vérifications préanalyse

Ici le déterminant global de la matrice de corrélation est de 1.02E-7, ce qui peut sembler un peu bas au regard du seuil de 1E-05 recommandé par Field (2000). Cette observation est logique ici, étant donné que certains *items* de cette version de validation sont redondants. L'objectif de cette analyse vise justement à les identifier, afin de pouvoir les supprimer à l'issue de ce travail d'exploration.

L'indice de Kaiser-Meyer-Olkin (K.M.O.) global rejoint ici largement, avec une valeur de 0.904, le seuil qualifié d'excellent à partir de de 0.9 (Durand, 2005). Ceci valide l'adéquation de l'échantillonnage, et nous confirme « l'unicité de l'apport de chaque variable » (*Ibid.*) aux facteurs.

L'ensemble de la matrice anti-image est très bon, avec tous les coefficients de la diagonale de corrélation anti-image supérieurs à 0.8, ce qui est très supérieur au seuil de 0.5 recommandé par Ferguson et Cox (1993). Nous pouvons ainsi considérer que l'échantillonnage est adéquat sur chacune des variables (K.M.O. individuels).

Le Test de Bartlett est concluant et nous permet de rejeter l'hypothèse nulle, selon laquelle toutes les corrélations entre les variables seraient égales à zéro (Test de Bartlett = 3162.895 (253), $p < 0.001$). La matrice n'est donc pas une matrice identité.

Ceci nous a bien permis d'appliquer une analyse factorielle exploratoire, en suivant la méthode explicitée en chapitre III, et dont les résultats des analyses sont présentés ci-après.

Le tableau 12 présente les qualités de représentation des variables lors de la première itération.

Tableau 12: Qualités de représentation des variables du bloc 1 (*TAM+*) - 1ère itération

	Initiales	Extraction
S2.1Q1	,660	,656
S2.1Q2	,537	,525
S2.1Q3	,792	,806
S2.1Q4	,446	,445
S2.1Q5	,810	,816
S2.1Q6	,615	,631
S2.1Q7	,821	,852
S2.1Q8	,469	,420
S2.1Q9	,823	,823
S2.1Q10	,677	,736
S2.1Q11	,701	,709
S2.1Q12	,716	,740
S2.2Q13	,492	,460
S2.2Q14	,725	,769
S2.2Q15	,573	,525
S2.2Q16	,710	,710
S2.2Q17	,605	,616
S2.2Q18	,504	,495
S2.2Q19	,508	,578
S2.2Q20	,372	,641
S2.2Q21	,458	,489
S2.2Q22	,515	,566
S2.2Q23	,504	,512

Cette première observation (tous les scores > 0.2) nous permet de conserver l'ensemble des *items* pour la suite de l'analyse.

1.1.2 Extraction et sélection des facteurs

Par défaut, SPSS va extraire le nombre de facteurs qui correspond au critère de Kaiser (où les valeurs propres doivent être supérieures à 1). Ici, selon le critère de Kaiser, 5 facteurs seraient proposés. Nous allons appliquer d'autres critères pour aller plus loin et confronter ce premier résultat.

Le test de l'éboulis de Cattell n'est pas applicable comme l'illustre la figure 30.

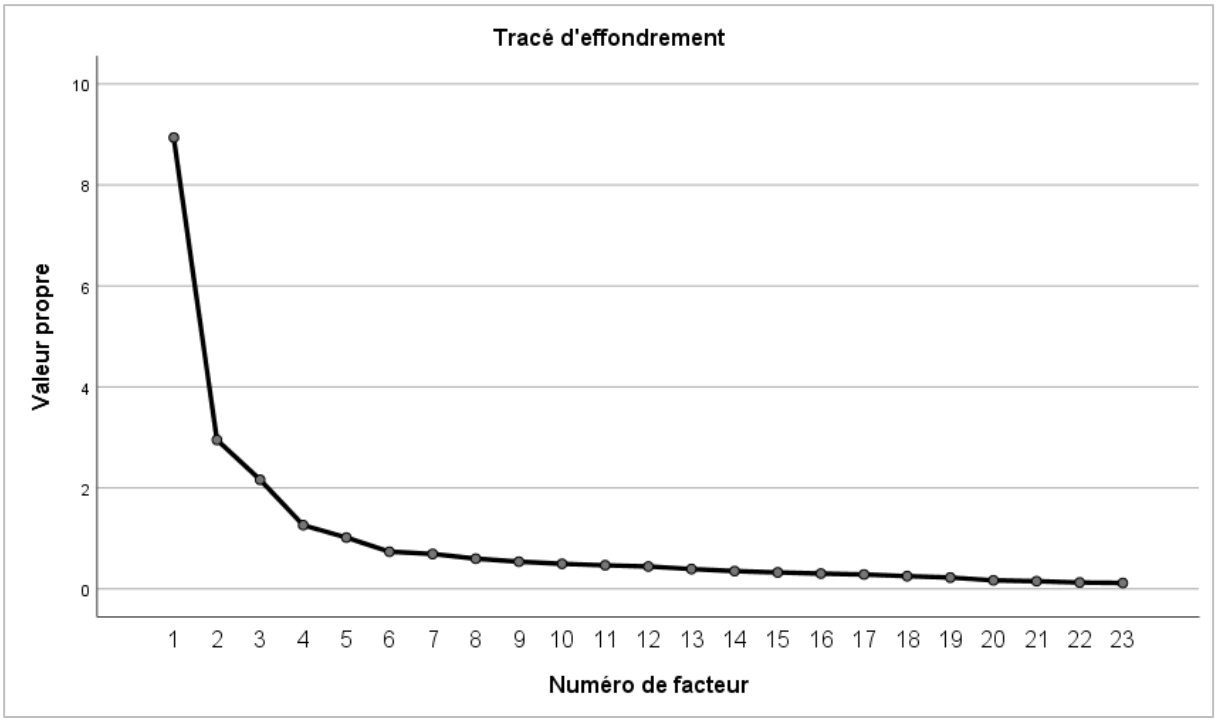


Figure 30 (Tracé d'effondrement [*Scree test*] de Cattell pour le bloc 1 - sections 2.1 et 2.2 - du Q.A.R.S [échantillon de validation])

En effet, sans éboulis ou coude visible sur le graphique, il n'est pas possible de déterminer un niveau de facteurs pertinents à extraire.

Afin de nous confronter à d'autres modèles de choix, nous procédons à une Analyse Parallèle de Horn, que nous pouvons visualiser dans la colonne de droite du tableau 13, à comparer avec la colonne des valeurs propres à gauche.

Tableau 13: *Items* sections 2.1 et 2.2 - Valeurs propres, pourcentage de variance expliquée (1ère itération) et analyse parallèle de Horn

Composante	Valeur propre	% de variance expliquée	Analyse parallèle de Horn
1	**8,937**	38,856	1,771
2	**2,951**	12,829	1,625
3	**2,162**	9,400	1,524
4	1,262	5,485	**1,446**
5	1,016	4,419	1,377
6	0,736	3,201	1,312
7	0,692	3,008	1,125
8	0,599	2,605	1,197

9	0,539	2,345	1,149
10	0,497	2,161	1,099
11	0,467	2,032	1,053
12	0,443	1,927	1,006
13	0,393	1,708	0,960
14	0,352	1,529	0,917
15	0,326	1,417	0,878
16	0,304	1,321	0,836
17	0,285	1,240	0,795
18	0,253	1,099	0,756
19	0,224	0,974	0,714
20	0,169	0,734	0,674
21	0,152	0,661	0,631
22	0,125	0,546	0,590
23	0,116	0,505	0,539

Les valeurs propres des trois premiers facteurs sont supérieures à celles de l'analyse parallèle de Horn, où la première est à 1.77, la deuxième à 1.62 et la troisième à 1.52. Ensuite la valeur propre descend à 1.26 < à Horn à 1.45.

En résumé, le critère de Kaiser nous propose d'identifier cinq facteurs. Le test de Cattell n'est pas applicable. Et enfin l'analyse parallèle de Horn détecte la présence de trois facteurs dans ce bloc 1 quand la construction préliminaire repose sur une échelle à quatre facteurs. Il est par conséquent nécessaire de refaire une itération en fixant 3 facteurs tel que démontré par le test de Horn.

La matrice de corrélations n'a pas changé puisque nous avons conservé les mêmes *items* pour cette seconde itération. Les K.M.O. (global et individuels) sont également identiques de fait. Nous vérifions en revanche dans le tableau 14 ce que donne la qualité des représentations après extraction (colonne de droite).

Tableau 14: Qualités de représentation des variables du bloc 1 - 2e itération

	Initiales	Extraction
S2.1Q1	,660	,658
S2.1Q2	,537	,463
S2.1Q3	,792	,799
S2.1Q4	,446	,442
S2.1Q5	,810	,810
S2.1Q6	,615	,627
S2.1Q7	,821	,839
S2.1Q8	,469	,415
S2.1Q9	,823	,823
S2.1Q10	,677	,719
S2.1Q11	,701	,696
S2.1Q12	,716	,747
S2.2Q13	,492	,411
S2.2Q14	,725	,579
S2.2Q15	,573	,525
S2.2Q16	,710	,542
S2.2Q17	,605	,589
S2.2Q18	,504	,477
S2.2Q19	,508	,378
S2.2Q20	,372	,208
S2.2Q21	,458	,334
S2.2Q22	,515	,377
S2.2Q23	,504	,431

Cette deuxième analyse nous permet de conserver l'ensemble des *items* dans la version finale du questionnaire Q.A.R.S.©. Nous resterons vigilants quant à la pertinence de la question 20 « Je ferais plus confiance au robot qu'à mes collègues pour des conseils professionnels » (à 0.208 = à peine > 0.2).

1.1.3 Rotation de la matrice

Pour procéder à cette étape de rotation, nous avons utilisé la Méthode de rotation *Varimax* avec normalisation Kaiser (disponible dans SPSS). La matrice obtenue pour la deuxième itération est représentée dans le tableau 15.

Tableau 15: Rotation de la matrice des facteurs (bloc 1 – *TAM+*) - 2e itération

Items	Facteurs		
	1	**2**	**3**
S2.1Q7	**,877**	,144	,221
S2.1Q9	**,875**	,150	,187
S2.1Q5	**,861**	,169	,201
S2.1Q3	**,839**	,226	,213
S2.1Q1	**,775**	,134	,196
S2.1Q11	**,745**	,295	,232
S2.2Q14	,128	**,748**	,051
S2.2Q17	,066	**,740**	,191
S2.2Q16	,217	**,699**	,080
S2.2Q15	,099	**,697**	,171
S2.2Q13	,122	**,620**	,106
S2.2Q18	,350	**,596**	,017
S2.2Q22	-,002	**,569**	,231
S2.2Q23	,301	**,565**	,147
S2.2Q19	,147	**,553**	,225
S2.2Q21	-,050	**-,546**	-,184
S2.2Q20	,229	,388	,072
S2.1Q10	,160	,067	**,830**
S2.1Q12	,190	,212	**,816**
S2.1Q2	,095	,104	**,665**
S2.1Q6	,330	,317	**,646**
S2.1Q4	,283	,241	**,551**
S2.1Q8	,263	,274	**,520**

Cette nouvelle analyse reflète finalement la présence de 3 facteurs dans ce bloc 1, avec des valeurs conformes aux recommandations de Ferguson et Cox (1993):

- Facteur 1: composé, par ordre décroissant de coefficient de saturation, des variables (S2.1Q)7, 9, 5, 3, 1 et 11;
- Facteur 2: composé des variables (S2.2Q)14, 17, 16, 15, 13, 18, 22, 23, 19 et 21;
- Facteur 3: composé des variables (S2.1Q)10, 12, 2, 6, 4 et 8.

Gardons en tête que l'*item* 21 est inversé[137] et qu'il faudra donc le recoder pour la construction des échelles.

[137] Formulation sémantique à l'inverse des autres questions, et que nous identifions ici comme inversement corrélé aux facteurs.

La deuxième itération confirme que l'***item* 20** ne contribue à aucun des facteurs. Nous allons par conséquent le **supprimer** de la version finale du Q.A.R.S.© après vérification dans une troisième itération de l'A.F.E., dont la rotation *Varimax*.

Le déterminant de la matrice monte alors légèrement à 1.627E-7. L'indice de K.M.O. général passe à 0.906 et les K.M.O. individuels sont aussi très bons. Le Test de Bartlett reste concluant (Test de Bartlett = 3076.733 (231), $p < 0.001$). D'après la qualité des représentations après extraction, nous pouvons cette fois conserver les 22 *items* restants pour la troisième analyse. Nous présentons dans le tableau 15 la dernière rotation de la matrice. Précisons que les 2e et 3e itérations restent fixées sur 3 facteurs, et que par conséquent nous fonctionnons avec la même Analyse parallèle de Horn que pour la première itération (tableau 16).

Tableau 16: Rotation de la matrice des facteurs (bloc 1 – *TAM*+) - 3e itération

Items	Facteurs		
	1	**2**	**3**
S2.1Q7	**,881**	,141	,218
S2.1Q9	**,878**	,145	,186
S2.1Q5	**,863**	,162	,200
S2.1Q3	**,842**	,220	,212
S2.1Q1	**,776**	,125	,197
S2.1Q11	**,746**	,286	,233
S2.2Q17	,075	**,752**	,183
S2.2Q14	,135	**,742**	,051
S2.2Q15	,107	**,701**	,166
S2.2Q16	,223	**,688**	,083
S2.2Q13	,132	**,633**	,097
S2.2Q18	,355	**,589**	,017
S2.2Q22	,006	**,576**	,226
S2.2Q21	-,058	**-,554**	-,178
S2.2Q19	,151	**,546**	,225
S2.2Q23	,300	**,539**	,156
S2.1Q10	,159	,065	**,833**
S2.1Q12	,191	,212	**,815**
S2.1Q2	,096	,109	**,663**
S2.1Q6	,332	,315	**,646**
S2.1Q4	,284	,239	**,551**
S2.1Q8	,265	,272	**,520**

Cette troisième et dernière analyse pour ce bloc confirme la répartition en 3 facteurs décrits ci-avant (avec un classement légèrement différent des contributions pour le facteur 2: 17, 14, 15, 16, 13, 18, 22, 21, 19 et 23). Nous pouvons passer à l'étiquetage des facteurs ainsi extraits, puis à la construction des échelles associées, après vérification de leur consistance interne.

1.1.4 Sélection finale et labellisation des facteurs

Le bloc 1 a été construit à partir du modèle de référence du *T.A.M.* (les deux sous-construits théoriques d'utilité perçue et d'utilisabilité perçue, validés par nos prédécesseurs). Il a été complété par deux autres sous-construits autour des notions de plaisir perçu et de confiance en la machine-robot social.

Les différentes itérations d'A.F.E. ont révélé en réalité une structuration statistique en 3 facteurs. Voyons dans le tableau 17 les libellés complets de chaque *item* pour choisir un nom adéquat pour ces facteurs extraits de l'A.F.E. (*items* classés par ordre d'importance de contribution au facteur).

Tableau 17: Variables section 2.1 et 2.2 (*TAM* +) – Libellés des *items* retenus

FACTEUR 1		
N° Q.	(Code initial)	
S2.1Q7	**PU4**	Le fait d'utiliser le robot social améliorerait mon efficacité au travail.
Q9	**PU5**	Le fait d'utiliser le robot social rendrait plus facile de faire mon travail.
Q5	**PU3**	Le fait d'utiliser le robot social au travail augmenterait ma productivité.
Q3	**PU2**	Le fait d'utiliser le robot social améliorerait ma performance professionnelle.
Q1	**PU1**	Le fait d'utiliser le robot social dans mon travail me permettrait d'accomplir des tâches plus rapidement.
Q11	**PU6**	Je trouverais le robot social utile dans mon métier.
FACTEUR 2		
S2.2Q17	**JOY3**	Je trouve le robot social agréable.
Q14	**TRUST1**	Je ferais confiance au robot social s'il me donnait des conseils.

Q15	**JOY2**	J'aime faire des activités avec le robot social.
Q16	**TRUST2**	Je suivrais les conseils que le robot social me donne.
Q13	**JOY1**	J'aime que le robot social me parle.
Q18	**TRUST3**	Je vais demander conseil au robot social dans le cadre de mon activité professionnelle.
Q22	**JOY6**	Je trouve le robot social amusant à observer.
Q21	**JOY5***	Je trouve le robot social ennuyeux.
Q19	**JOY4**	Je trouve le robot social fascinant.
Q23	**JOY7**	Je pense que le robot social rendrait ma vie plus intéressante.
FACTEUR 3		
S2.1Q10	**PEOU5**	Il me serait facile de devenir habile à utiliser le robot social.
Q12	**PEOU6**	Je trouverais le robot social facile à utiliser.
Q2	**PEOU1**	Apprendre à utiliser le robot social serait facile pour moi.
Q6	**PEOU3**	Mon interaction avec le robot social serait claire et compréhensible.
Q4	**PEOU2**	Je trouverais facile de faire en sorte que le robot social fasse ce que je veux.
Q8	**PEOU4**	Je trouverais le robot social flexible en termes d'interaction.

(*NB : *item* inversé sémantiquement)

Il est intéressant de réaliser que le facteur 1 réunit les questions initialement associées à l'UTILITÉ PERÇUE (PU1 à 6), posées dans le désordre (alternés avec ceux de l'utilisabilité) dans le questionnaire. Nous avons en effet appliqué à l'objet ‘‘robot social’’ et adapté en français les *items* proposés par Davis (1989) dans son *T.A.M.* Nous retenons l'intitulé d'**UTILITÉ PERÇUE**, avec le code déjà consacré **PU** (pour *Perceived Usefulness*) pour nommer le facteur 1 du bloc 1.

Le facteur 2 semble regrouper les *items* associés au plaisir d'usage perçu et à la confiance (TRUST) du ALMERE MODEL (Heerink *et al.*, 2010). Nous proposons donc l'appellation de **PLAISIR (d'USAGE) PERÇU et CONFIANCE PROJETÉE DANS LE ROBOT**, synthétisés avec le code JOYTRUST.

Le facteur 3 rassemble tous les *items* originellement issus du sous-construit d'UTILISABILITÉ PERÇUE toujours selon Davis (1989). Nous conservons donc l'appellation

d'**UTILISABILITÉ (ou FACILITÉ d'USAGE) PERÇUE**, encodée **PEOU (**pour *Perceived Ease of Use*).

1.1.5 Analyse de la consistance interne des facteurs (via Alpha de Cronbach)

À la suite des différentes itérations d'A.F.E., nous avons extrait 3 facteurs pour ce premier bloc. Nous allons maintenant vérifier, par le biais de l'Alpha de Cronbach (α), la consistance interne des trois échelles à construire:

- UTILITÉ PERÇUE (PU) – 6 *items*: PU1 à PU6 (addition S2.1Q1 +Q3 +Q5 +Q7 +Q9 +Q11)
  ➔ $\alpha = 0.951$
- FACILITÉ d'USAGE PERÇUE (PEOU) – 6 *items*: PEOU1 à 6 (S2.1Q2 + Q4 +Q6 +Q8 +Q10 +Q12)
  ➔ $\alpha = 0.875$
- PLAISIR & CONFIANCE ENVERS LE ROBOT (JOYTRUST) – 10 *items*: JOY3(S2.1Q17) +TRUST1(Q14) +JOY2(Q15) +TRUST2(Q16) +JOY1(Q13) +TRUST3(Q18) +JOY6(Q22) +JOY5[138] inversé (Q21INV) +JOY4(Q19) +JOY7(Q23)
  ➔ $\alpha = 0.885$

Chacune des trois sous-échelles présente un score d'α supérieur à 0.7 (critère attendu en phase exploratoire), et même supérieur à 0.8, ce qui permet de conserver tous les *items* restants pour la version finale du questionnaire.

1.1.6 Création et validation des échelles

Toujours dans SPSS, nous créons les trois sous-échelles dont nous venons de valider la consistance interne:

- PU = S2.1Q1 +Q3 +Q5 +Q7 +Q9 +Q11
- PEOU = S2.1Q2 + Q4 +Q6 +Q8 +Q10 +Q12
- JOYTRUST = S2.2Q13 +Q14 +Q15 +Q16 + Q17 +Q18 +Q19 +Q21INV +Q22 +Q23

[138] Analyse descriptive (fréquence) observée, avant de recoder cet *item* S2.1Q21 = JOY5 dans SPSS en créant S2.1Q21inv (en transformant l'échelle de 1 à 7 en 7 à 1). Recodage vérifié ensuite dans un tableau croisé.

Nous regardons ensuite leurs statistiques descriptives (fréquences) respectives synthétisées dans le tableau 18.

Tableau 18: Statistiques descriptives des variables PU / PEOU / JOYTRUST

		PU	PEOU	JOYTRUST
N	Valide	206	206	206
	Manquant	0	0	0
Moyenne		24,6602	27,8252	42,5825
Écart-type		8,39460	6,34984	10,25197
Asymétrie (*Skewness*)		-,214	-,298	-,489
Erreur standard d'asymétrie		,169	,169	,169
Aplatissement (*Kurtosis*)		-,583	,224	,530
Erreur standard de *Kurtosis*		,337	,337	,337
Minimum		6,00	9,00	10,00
Maximum		42,00	42,00	66,00

Nous obtenons des distributions normales (coefficients d'asymétrie et kurtosis inférieurs à 1 en valeur absolue) pour ces 3 facteurs. Ce constat valide la création de ces trois sous-échelles **UTILITÉ PERÇUE** (PU), **FACILITÉ d'USAGE) PERÇUE** (PEOU) et **PLAISIR & CONFIANCE ENVERS LE ROBOT (JOYTRUST)** pour le bloc thématique 1 lié à l'acceptation technologique appliquée au robot social.

1.2 Deuxième bloc: *items* issus du *Godspeed Questionnaire*

Comme présenté au chapitre III – Méthodologie, ce deuxième bloc est composé de 10 *items* (section 2.3 du questionnaire Q.A.R.S.©: S2.3.1 à S2.3.10) et est théoriquement constitué de 2 facteurs.

Après une première inspection visuelle des distributions des variables (à partir des histogrammes) et de leurs statistiques descriptives (coefficients d'asymétrie et d'aplatissement qui se situent entre -2 et +2), nous avons constaté que les distributions des dix variables se présentent bien sous des allures normales selon les barèmes de Ferguson et Cox (1993).

1.2.1 Vérifications préanalyse

Ici, le déterminant de la matrice de corrélation est de 0.004, ce qui est correct et qui semble démontrer que l'ensemble des 10 *items* est pertinent pour la version finale de ce bloc.

L'indice de K.M.O., à 0.850, est considéré comme excellent. L'ensemble de la matrice anti-image est très bon avec tous les coefficients de K.M.O. individuels supérieurs à 0.82. Le Test de Bartlett est concluant (Test de Bartlett = 1115.501 (45), $p < 0.001$). La matrice n'est donc pas une matrice identité.

Ces vérifications préalables présentent de bonnes conditions d'application de l'analyse factorielle exploratoire, comme nous pouvons le voir dans le tableau 19.

Tableau 19: Qualités de représentation - variables bloc 2 (extraits du *Godspeed Questionnaire*)

	Initiales	Extraction
S2.3Q1	,624	,600
S2.3Q2	,684	,697
S2.3Q3	,679	,683
S2.3Q4	,681	,757
S2.3Q5	,553	,455
S2.3Q6	,446	,472
S2.3Q7	,515	,574
S2.3Q8	,389	,382
S2.3Q9	,561	,683
S2.3Q10	,481	,476

Nous constatons et confirmons que chacune de ces 10 variables offre bien une bonne qualité de représentation (> 0.2).

Ainsi, ces vérifications préalables valident de très bonnes conditions d'application de l'analyse factorielle exploratoire. Elles nous permettent d'amorcer sereinement l'étape suivante d'extraction des facteurs pour ce deuxième bloc thématique.

1.2.2 Extraction et sélection des facteurs

Toujours via le logiciel d'analyse statistique SPSS, le Critère de Kaiser proposerait 2 facteurs pour ce deuxième bloc thématique, avec des valeurs propres initiales respectivement de 4.869 et de 1.713 (supérieures à 1), issues de la première analyse du tableau de ‘‘Variance totale expliquée’’. Afin de consolider cette première lecture, le test de l'éboulis de Cattell est représenté dans la figure 31.



Figure 31 (Test de Cattell appliqué au bloc 2 - section 2.3 – *Godspeed*)

Toutefois, sans éboulis notable sur le tracé d'effondrement, ce test n'est pas applicable ici non plus. C'est pourquoi nous poursuivons notre investigation avec l'Analyse Parallèle de Horn. Dans le tableau 20, nous visualisons la répartition de la variance expliquée pour chacune des composantes, complétée par l'analyse de Horn dans la colonne de droite.

Tableau 20: *Items* section 2.3 - Valeurs propres, pourcentage de variance expliquée et analyse parallèle de Horn

Composante	Valeur propre	% de variance expliquée	Analyse parallèle de Horn
1	**4,869**	48,695	1.457
2	**1,713**	17,132	1.326

3	0,762	7,619	**1.222**
4	0,693	6,932	1.136
5	0,506	5,061	1.064
6	0,417	4,170	1.003
7	0,342	3,425	0.940
8	0,270	2,698	0.879
9	0,236	2,360	0.817
10	0,191	1,910	0.747

Dans ce cas, l'analyse parallèle de Horn nous permet d'opérer la réduction en 2 facteurs. En effet, les valeurs propres des deux facteurs mis en évidence (cases en vert dans le tableau) sont bien supérieures à celles de l'analyse parallèle de Horn, où la première est à 4.87 et la deuxième à 1.71. Ensuite, la valeur propre suivante descend à 0.762 < à Horn à 1.22.

En résumé, le critère de Kaiser identifie deux facteurs. Le test de Cattell n'est pas applicable. Et enfin l'analyse parallèle de Horn confirme la présence de deux facteurs dans ce bloc 2.

1.2.3 Rotation de la matrice

La matrice obtenue pour le bloc 2 (*items* issus du *Godspeed Questionnaire*) est représentée dans le tableau 21.

Tableau 21: Rotation de la matrice des facteurs (bloc 2)

	Facteurs	
Items	1	**2**
S2.3Q4	**,839**	,229
S2.3Q2	**,818**	,166
S2.3Q3	**,799**	,209
S2.3Q1	**,733**	,250
S2.3Q5	**,631**	,240
S2.3Q9	,202	**,801**
S2.3Q7	,154	**,742**

S2.3Q6	,116	**,677**
S2.3Q10	,347	**,597**
S2.3Q8	,277	**,552**

Ce tableau illustre indubitablement la présence de 2 facteurs dans ce bloc, avec des valeurs conformes aux recommandations de Ferguson et Cox (1993):

- Facteur 1: composé, par ordre décroissant de coefficient de saturation, des variables (S2.Q)4, 2, 3, 1 et 5.
- Facteur 2: composé des variables (S2.4Q)9, 7, 6, 10 et 8.

1.2.4 Sélection finale et labellisation des facteurs

L'A.F.E. sur ce bloc 2 a permis d'identifier et de confirmer la présence de deux facteurs distincts, que nous allons devoir nommer.

Lisons, dans le tableau 22, les formulations exactes des *items* corrélés à chaque facteur, classés par poids décroissant, afin de nous positionner sur une labellisation de chacun de ces deux facteurs.

Tableau 22: Variables section 2.3 (extraits du *Godspeed*) – Libellés de chaque *item*

N° Q	**FACTEUR 1**			
S2.3Q4	LIKE4	Désagréable	⇔	Agréable
Q2	LIKE2	Inamical	⇔	Amical
Q3	LIKE3	Détestable	⇔	Aimable
Q1	LIKE1	Déplaisant	⇔	Plaisant
Q5	LIKE5	Méchant	⇔	Gentil
N° Q	**FACTEUR 2**			
S2.3Q9	INTELL4	Idiot	⇔	Intelligent
Q7	INTELL2	Ignorant	⇔	Cultivé
Q6	INTELL1	Incompétent	⇔	Compétent
Q10	INTELL5	Insensé	⇔	Sensé
Q8	INTELL3	Irresponsable	⇔	Responsable

Les *items* du bloc 2 sont des échelles d'adjectifs (permettant au répondant de qualifier son impression vis-à-vis d'un robot social sur une échelle de type Likert, graduée de 1 à 7), dont nous avons adapté et révisé la traduction en français. L'extraction factorielle a finalement reproduit leurs rattachements aux deux construits initiaux retenus de Bartneck *et al.* (2009).

Par conséquent, nous pouvons conserver les intitulés d'origine pour ces 2 facteurs, à savoir:

- Le facteur 1, associé à la section III du *Godspeed Questionnaire*, porte sur l'appréciation du robot par l'utilisateur: **AGRÉABILITÉ PERÇUE** du robot social (''*Likeability*''), que nous codons sous l'étiquette **LIKE**, pour les traitements ultérieurs dans SPSS et la version finale du questionnaire;
- Le facteur 2, lié à l'**INTELLIGENCE PERÇUE** du robot social par l'utilisateur (''*Perceived intelligence*''), codé en **INTELL**.

1.2.5 Analyse de la consistance interne des facteurs

Grâce à l'extraction en deux facteurs pour le bloc 2, nous pouvons par conséquent construire deux échelles, LIKE et INTELL, de perceptions du robot social par l'utilisateur, sur lesquelles calculer la consistance interne.

Pour le facteur 1 (LIKE 1 à 5 = S.2.3Q1 à 5 – 5 *items*), l'Alpha de Cronbach est de 0.895.

Pour le facteur 2 (INTELL 1 à 5 = S2.3Q6 à 10 – 5 *items*), l'Alpha de Cronbach est de 0.829.

Les statistiques n'indiquent pas d'*item* qui améliorerait l'Alpha de Cronbach par sa suppression, que ce soit pour l'un ou l'autre de ces 2 facteurs. Nous conservons par conséquent l'ensemble des *items* d'origine pour cette échelle.

1.2.6 Création des échelles

Ici, nous confirmons la création de 2 échelles:

- LIKE - 5 *items* = (S.2.3)Q1 +Q2 +Q3 +Q4 +Q5
- INTELL - 5 *items* = (S.2.3)Q6 +Q7 +Q8 +Q9 +Q10

Nous découvrons leurs statistiques descriptives (fréquences) dans le tableau 23.

Tableau 23: Statistiques descriptives des variables LIKE / INTELL

		LIKE	INTELL
N	Valide	206	206
	Manquant	0	0
Moyenne		24,6602	24,9369
Écart-type		8,39460	5,66555
Asymétrie (*Skewness*)		-,214	-,662
Erreur standard d'asymétrie		,169	,169
Aplatissement (*Kurtosis*)		-,583	,991
Erreur standard de *Kurtosis*		,337	,337
Minimum		6,00	5,00
Maximum		42,00	35,00

Les deux variables affichent une distribution normale.

1.3 Troisième bloc: questions liées à l'intention d'usage

Ici, nous traitons de la section 2.4 (questions S2.4Q1 à S2.4Q12), qui comporte 12 variables ordinales ou *items*, avec réponse sur une échelle de type Likert à 7 modalités: de totalement en désaccord [1] à totalement en accord [7].

Après une première inspection visuelle des distributions des variables (à partir des histogrammes) et de leurs statistiques descriptives (coefficients d'asymétrie et d'aplatissement qui se situent entre -2 et +2), nous avons constaté que les distributions de dix de ces douze variables se présentent sous des allures normales selon les barèmes de Ferguson et Cox (1993). Deux variables (Q7 et Q12) ont des coefficients d'aplatissements supérieurs à 2, ce qui demeure dans les balises de Ferguson et Cox (*Ibid.*) de moins de 25% des variables.

1.3.1 Vérifications préanalyse

Le déterminant de la matrice est de 7.050E-5, ce qui est correct au regard du seuil attendu de 1E-5 (Field, 2000). L'inspection de la matrice de corrélations avec toutes les variables, même si avec des taux inégaux, nous permet d'amorcer l'analyse. Nous repérons également que certaines corrélations entre *items* sont plus fortes que d'autres, nous laissant déjà supposer quelques regroupements de variables.

L'indice de K.M.O. lui est idéal puisqu'exactement à 0.9 (Durand, 2005). L'ensemble de la matrice anti-image est correct, avec tous les coefficients de la diagonale de corrélation anti-image supérieurs à 0.79. Nous pouvons ainsi considérer que l'échantillonnage est adéquat sur chacune des variables (K.M.O. individuel).

Le Test de Bartlett est concluant et nous permet de rejeter ici également l'hypothèse nulle selon laquelle toutes les corrélations entre les variables seraient égales à zéro (Test de Bartlett = 1913.569 (66), $p < 0.001$).

Comme pour les blocs précédents, ces vérifications préalables présentent de bonnes conditions d'application de l'analyse factorielle exploratoire, comme nous pouvons le voir dans le tableau 24.

Tableau 24: Qualités de représentation des variables du bloc 3 (IU)

	Initiales	Extraction
S2.4Q1	,693	,703
S2.4Q2	,527	,518
S2.4Q3	,628	,594
S2.4Q4	,764	,767
S2.4Q5	,557	,434
S2.4Q6	,706	,653
S2.4Q7	,712	,759
S2.4Q8	,768	,757
S2.4Q9	,489	,481
S2.4Q10	,779	,872
S2.4Q11	,767	,722
S2.4Q12	,662	,687

Nous constatons que chacune de ces 12 variables offre une bonne qualité de représentation. Nous pouvons poursuivre l'analyse.

1.3.2 Extraction des facteurs

Le Critère de Kaiser nous propose d'extraire ici deux facteurs (valeurs propres initiales de 6.481 et 2.072). Poursuivons les investigations avec les autres critères pour vérifier. Le test de l'éboulis de Cattell est représenté dans la figure 33.

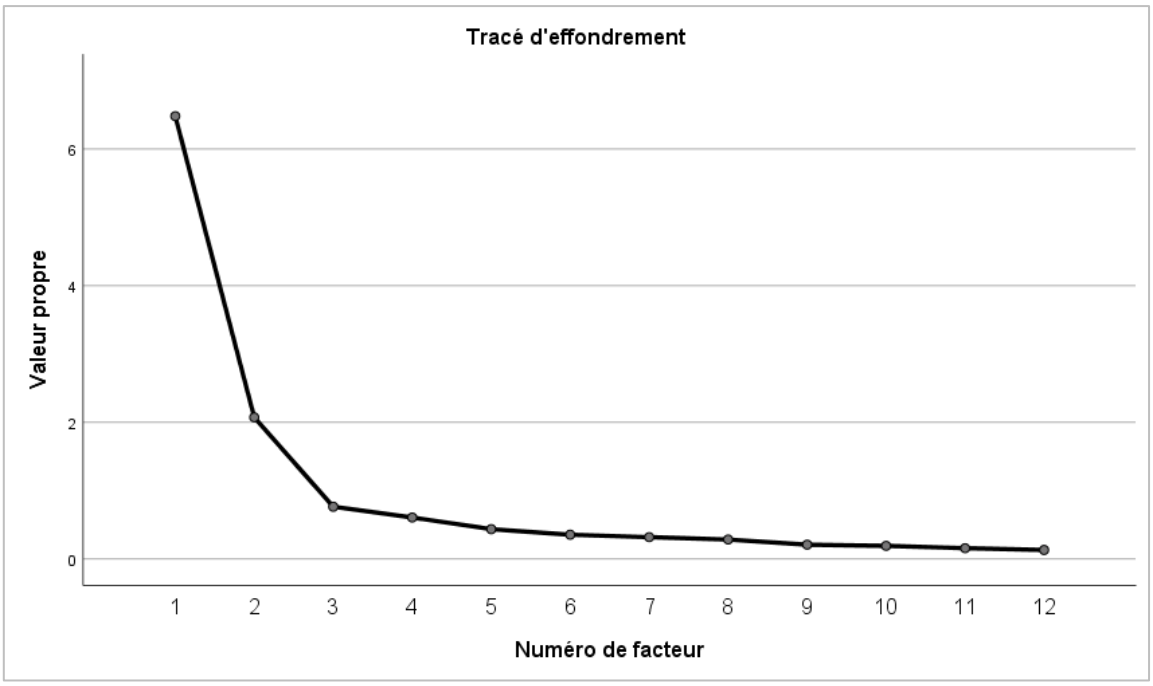


Figure 32 (Test de Cattell appliqué au bloc 3 - section 2.4 - Intention d'usage)

Nous constatons encore une fois que, sans présence d'éboulis sur le graphique, ce test n'est pas applicable, ce qui nécessite d'aller plus loin avec l'analyse parallèle de Horn, résumée dans le tableau 25.

Tableau 25: *Items* section 2.4 - Valeurs propres, pourcentage de variance expliquée et analyse parallèle de Horn

Composante	Valeur propre	% de variance expliquée	Analyse parallèle de Horn
1	**6,481**	54,007	1,519
2	**2,072**	17,266	1,373
3	0,763	6,362	**1,277**
4	0,606	5,050	1,195

5	0.435	3,628	1,122
6	0,354	2,949	1,061
7	0,318	2,650	1,000
8	0,284	2,363	0,942
9	0,209	1,738	0,886
10	0,191	1,590	0,8305
11	0,157	1,305	0,77
12	0,131	1,093	0,704

Les valeurs propres de nos deux facteurs repérés sont bien supérieures à celles de l'analyse parallèle de Horn, où la première est à 1.52 et la deuxième à 1.37. Ensuite, cela descend à 0.763 < à Horn à 1.28.

En résumé, le critère de Kaiser nous permet d'identifier deux facteurs. Le test de Cattell n'est pas applicable. Et enfin, l'analyse parallèle de Horn nous permet de confirmer la présence de deux facteurs dans ce bloc 3.

1.3.3 Rotation de la matrice

Comme pour les deux blocs précédents, nous avons utilisé la Matrice de rotation *Varimax* (orthogonale) dans SPSS, afin de simplifier et affiner l'identification des corrélations entre les facteurs et les 12 variables de ce bloc. Cette matrice est représentée dans le tableau 26.

Tableau 26: Rotation de la matrice des facteurs (bloc 3 – IU)

	Facteurs	
Items	**1**	**2**
S2.4Q8	**,849**	,192
S2.4Q4	**,848**	,219
S2.4Q11	**,828**	,190
S2.4Q1	**,791**	,277
S2.4Q6	**,773**	,236
S2.4Q3	**,746**	,192
S2.4Q9	**,688**	,088
S2.4Q5	**,562**	,343
S2.4Q10	,139	**,924**
S2.4Q7	,271	**,828**

S2.4Q12	,143	**,816**
S2.4Q2	,304	**,652**

Même si contre-intuitif sur le plan théorique, ce tableau met clairement en évidence, et confirme, la présence de 2 facteurs dans ce bloc, avec des valeurs conformes aux recommandations de Ferguson et Cox (1993):

- Facteur 1: composé, par ordre décroissant de coefficient de saturation, des variables (S2.4Q)8, 4, 11, 1, 6, 3, 9 et 5;
- Facteur 2: composé des variables (S2.4Q)10, 7, 12 et 2.

1.3.4 Sélection finale et labellisation des facteurs

L'A.F.E. sur ce bloc 3 d'**INTENTION D'USAGE** a permis d'identifier et de confirmer la présence de deux facteurs distincts, que nous allons étiqueter d'après le poids décroissant des différents *items* (tableau 27).

Tableau 27: Variables section 2.4 (IU) – Libellés complets de chaque *item* par facteurs

FACTEUR 1		
N° Q.	(Code initial)	
S2.4Q8	**IU8**	Si j'avais l'occasion d'utiliser un robot social dans le cadre de mon travail, je m'imagine l'utiliser pendant plusieurs années.
Q4	**IU4**	Je pense que c'est une bonne idée d'utiliser un robot social dans mes activités professionnelles.
Q11	**IU11**	Si j'avais l'occasion d'utiliser un robot social dans le cadre de mon travail, je m'imagine l'utiliser pendant plusieurs mois.
Q1	**IU1**	Je m'imagine bien utiliser un robot social dans mes activités professionnelles.
Q6	**IU6**	Si je pouvais posséder un robot social, je m'imagine l'utiliser pendant plusieurs mois.
Q3	**IU3**	Je pense que c'est une bonne idée d'utiliser un robot social.
Q9	**IU9**	J'aimerais que le robot soit développé pour faire plus de choses dans mon travail.
Q5	**IU5**	Si je pouvais acheter un robot social, j'aimerais en acheter un dès maintenant.
FACTEUR 2		
S2.4Q10	**IU10**	Je suis certain(e) que je vais utiliser le robot social dans les prochains jours.
Q7	**IU7**	Je pense que je vais utiliser le robot social dans les prochains jours.

Q12	**IU12**	J'ai prévu d'utiliser le robot social dans les prochains jours.
Q2	**IU2**	Je parle souvent aux autres du fait de pouvoir utiliser un robot social dans mon travail.

Au regard de ces regroupements, l'intitulé qui nous vient naturellement pour le facteur 1, lié essentiellement à des questions d'usage en situation de travail, est le construit latent d'**INTENTION D'USAGE PROFESSIONNEL (IUP)**, en français.

Le facteur 2 porte lui plutôt, selon nous, sur la projection dans le temps quant à cet usage éventuel. Nous le nommerons: **INTENTION TEMPORELLE D'USAGE (ITU)**.

1.3.5 Analyse de la consistance interne des facteurs

Comme pour le bloc précédent, à la suite de l'identification de deux facteurs pour ce bloc 3 lié à l'intention d'usage, nous créons deux échelles, IUP et ITU, dont nous allons pouvoir vérifier la consistance interne grâce au calcul de l'Alpha de Cronbach.

L'Alpha obtenu pour le facteur 1 (IUP = IU1 +3 +4 +5 +6 +8 +9 +11) est de 0.929. Le score peut monter à 0.931 en supprimant l'***item* 5**. Au vu de sa formulation bimodale, cette question est supprimée de la version finale du Q.A.R.S.©.

L'Alpha obtenu pour le facteur 2 (ITU = IU2 +7 +10 +12) est de 0.895. Toutefois, l'analyse recommande de se séparer de l'***item* 2** ($\alpha = 0.910$). Nous retiendrons donc uniquement les *items* 10, 7 et 12 dans la version finale du questionnaire, ce qui renforce la pertinence du libellé de ce facteur lié à la temporalité.

1.3.6 Création des échelles

Comme pour les 2 blocs précédents, à l'issue de ces analyses factorielles exploratoires, nous procédons à la création de 2 échelles pour ce bloc 3:

- IUP – 7 *items* = S2.4Q1 +Q3 +Q4 +Q6 +Q8 +Q9 +Q11
- ITU – 3 *items* = S2.4Q7+ Q10 +Q12

Leurs statistiques descriptives sont visibles dans le tableau 28.

Tableau 28: Statistiques descriptives des variables IUP / ITU

		IUP	ITU
N	Valide	206	206
	Manquant	0	0
Moyenne		27,3786	5,3058
Écart-type		10,27297	3,52118
Asymétrie (*Skewness*)		-,230	1,699
Erreur standard d'asymétrie		,169	,169
Aplatissement (Kurtosis)		-,871	2,445
Erreur standard de Kurtosis		,337	,337
Minimum		7,00	3,00
Maximum		49.00	21.00

La variable IUP présente une distribution normale.

La variable ITU est en revanche beaucoup plus asymétrique sur la gauche (vers les réponses 1 à 3 de l'échelle: totalement [1] à légèrement [3] en désaccord), à savoir des attitudes négatives en ce qui concerne l'intention d'usage de robots à court terme. Elle présente également un fort aplatissement sur les autres réponses, point que nous discuterons dans le chapitre V.

1.4 Quatrième et dernier bloc: questions liées à la *N.A.R.S.*

Comme indiqué précédemment, ce dernier bloc est composé de 34 *items* (questions S3.1 à S3.34), issus de la N.A.R.S de Nomura *et al.* (2009), et complété par quelques *items* proposés ou validés par le comité d'experts.

Après une première inspection visuelle des distributions des variables (à partir des histogrammes) et de leurs statistiques descriptives (coefficients d'asymétrie et d'aplatissement qui se situent entre -2 et +2), nous avons constaté que les distributions des 34 variables se présentent toutes sous des allures normales selon les barèmes de Ferguson et Cox (1993).

1.4.1 Vérifications préanalyse

Ici le déterminant de la matrice est de 6.40E-009, ce qui peut sembler trop bas au regard du seuil attendu de 1E-05, laissant supposer la présence de colinéarité entre certains *items*. Mais cette observation est logique ici, étant donné que certains *items* sont redondants dans leurs formulations. Ceux-ci seront donc potentiellement à supprimer, après identification, à l'issue de cette analyse.

L'indice de K.M.O. de 0.839 est considéré comme très bon ici, même « méritoire » (Durand, 2005, p. 10). L'ensemble de la matrice des corrélations est correct là aussi (très supérieur à 0.5). Les données apparaissent ainsi factorisables.

Le Test de Bartlett est concluant et nous permet de rejeter ici encore l'hypothèse nulle selon laquelle toutes les corrélations entre les variables seraient égales à zéro (Test de Bartlett = 3638.252 (561), $p < 0.001$).

Par conséquent, ces vérifications préalables vont nous octroyer globalement ici aussi de bonnes conditions d'application de l'analyse factorielle exploratoire, comme nous pouvons le vérifier dans le tableau 29.

Tableau 29: Qualités de représentation des 34 variables du bloc 4 (*N.A.R.S.*+)

	Initiales	Extraction
S3.1Q1	,439	,387
S3.1Q2	,244	,216
S3.1Q3	,584	,621
S3.1Q4	,423	,391
S3.1Q5	,657	,699
S3.1Q6	,556	,504
S3.1Q7	,455	,387
S3.1Q8	,542	,490
S3.1Q9	,748	,808
S3.1Q10	,728	,779
S3.1Q11	,497	,448
S3.1Q12	,531	,513
S3.1Q13	,365	,402
S3.1Q14	,628	,605
S3.1Q15	,758	,818

S3.1Q16	,771	,839
S3.1Q17	,622	,691
S3.1Q18	,621	,587
S3.1Q19	,370	,301
S3.1Q20	,830	,792
S3.1Q21	,858	,888
S3.1Q22	,568	,573
S3.1Q23	,484	,479
S3.1Q24	,307	,293
S3.1Q25	,404	,358
S3.1Q26	,545	,552
S3.1Q27	,617	,673
S3.1Q28	,632	,685
S3.1Q29	,615	,597
S3.1Q30	,450	,375
S3.1Q31	,541	,547
S3.1Q32	,597	,593
S3.1Q33	,514	,501
S3.1Q34	,522	,514

Nous constatons que, malgré la question 2 qui s'approche tout juste du seuil (> 0.2), les 34 variables offrent une bonne qualité de représentation. Ceci nous permet d'appliquer une fois encore une méthode d'analyse factorielle exploratoire.

1.4.2 Extraction et sélection des facteurs

Pour ce quatrième et dernier bloc, le Critère de Kaiser nous emmènerait sur l'extraction de 8 facteurs, ce qui est trop élevé. Pour le vérifier, continuons l'analyse avec le test de l'éboulis représenté dans la figure 33.

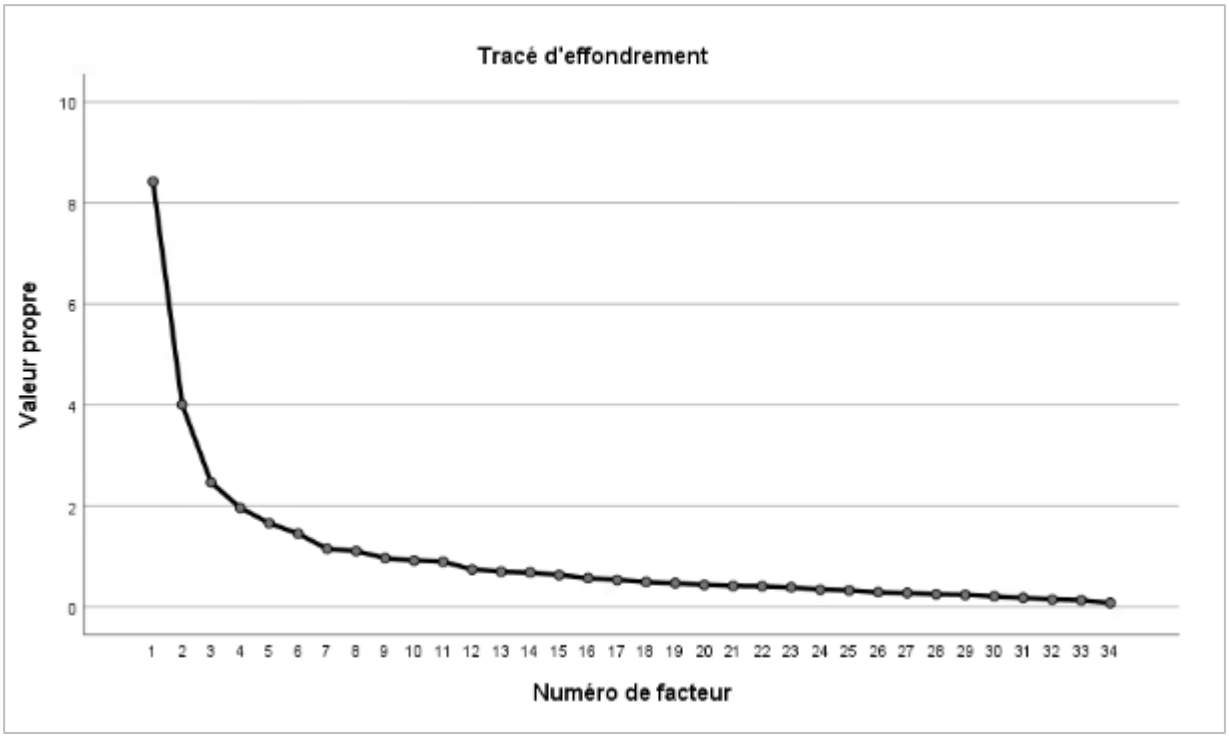


Figure 33 (Test de Cattell appliqué au bloc 4 - section 3 - Anxiété robotique

Ce test de Cattell ne présente pas du tout d'éboulis et il n'est donc pas non plus applicable ici. C'est pourquoi nous poursuivons notre investigation avec le Test de Horn, résumé dans le tableau 30.

Tableau 30: *Items* section 3 (bloc4) - Valeurs propres, pourcentage de variance expliquée et analyse parallèle de Horn

Composante	Valeur propre	% de variance expliquée	Analyse parallèle de Horn
1	**8,423**	24,773	1,972
2	**4,008**	11,789	1,828
3	**2,467**	7,257	1,727
4	**1,964**	5,778	1,650
5	**1,662**	4,888	1,579
6	1,451	4,267	**1,512**
7	1,151	3,385	1,449
8	1,109	3,261	1,395
9	0,967	2,843	1,342
10	0,921	2,708	1,297
11	0,897	2,638	1,250

12	0,744	2,187	1,204
13	0,700	2,060	1,160
14	0,683	2,008	1,119
15	0,635	1,867	1,076
16	0,571	1,679	1,038
17	0,537	1,580	1,002
18	0,496	1,457	0,966
19	0,472	1,387	0,931
20	0,438	1,288	0,896
21	0,417	1,227	0,857
22	0,411	1,210	0,827
23	0,389	1,145	0,793
24	0,345	1,014	0,761
25	0,328	0,965	0,729
26	0,291	0,857	0,695
27	0,276	0,813	0,664
28	0,252	0,742	0,634
29	0,241	0,708	0,602
30	0,211	0,621	0,570
31	0,182	0,535	0,537
32	0,148	0,435	0,503
33	0,134	0,394	0,467
34	0,080	0,236	0,426

Les valeurs propres des cinq premiers facteurs sont supérieures à celles de l'analyse parallèle de Horn, où la première est à 8.42, la deuxième à 4.00, la troisième à 2.47, la quatrième à 1.96 et la cinquième à 1.66. Ensuite, la 6^{e} valeur propre descend à 1.45 donc légèrement inférieure à Horn à 1.51.

Comme le nombre de facteurs retenus (5) à l'issue des 3 méthodes est différent du critère de Kaiser, nous allons refaire l'analyse parallèle de Horn avec **5 facteurs fixés**.

La matrice de corrélations n'a pas changé puisque nous avons conservé les mêmes *items*. Les K.M.O. (global et individuels) sont également identiques de fait, de même que le Test de Bartlett.

Nous vérifions en revanche dans le tableau 31 la qualité des représentations après extraction (colonne de droite) pour cette deuxième itération.

Tableau 31: Qualités de représentation des variables (34) du bloc 4 - 2e itération

	Initiales	Extraction
S3.1Q1	,439	,366
S3.1Q2	,244	,217
S3.1Q3	,584	,515
S3.1Q4	,423	,358
S3.1Q5	,657	,640
S3.1Q6	,556	,424
S3.1Q7	,455	,389
S3.1Q8	,542	,459
S3.1Q9	,748	,655
S3.1Q10	,728	,542
S3.1Q11	,497	,417
S3.1Q12	,531	,503
S3.1Q13	,365	,263
S3.1Q14	,628	,517
S3.1Q15	,758	,755
S3.1Q16	,771	,782
S3.1Q17	,622	,542
S3.1Q18	,621	,597
S3.1Q19	,370	,292
S3.1Q20	,830	,716
S3.1Q21	,858	,829
S3.1Q22	,568	,538
S3.1Q23	,484	,423
S3.1Q24	,307	,083
S3.1Q25	,404	,218
S3.1Q26	,545	,498
S3.1Q27	,617	,553
S3.1Q28	,632	,543
S3.1Q29	,615	,559
S3.1Q30	,450	,336

S3.1Q31	,541	,432
S3.1Q32	,597	,513
S3.1Q33	,514	,315
S3.1Q34	,522	,372

Nous réalisons que la question 24 présente une valeur inférieure à 0.2, ce qui démontre qu'elle n'est pas corrélée aux autres. Ceci indique que les 5 facteurs ne parviennent pas à l'expliquer.

Nous opérons donc une troisième itération de l'analyse après avoir **supprimé l'*item* 24** (« Je me sens à l'aise en présence de robots industriels »). Le déterminant monte alors à 9.23E-009, l'indice de K.M.O. général à 0.841, et les K.M.O. individuels sont très bons (à part la Q13 à 0.542 sur la diagonale anti-images). Le Test de Bartlett reste concluant (Test de Bartlett = 3573.780 (528), $p < 0.001$).

En complément, nous faisons tourner une Analyse parallèle de Horn sur 33 variables. Nous présentons en face les nouvelles valeurs propres dans le tableau 32.

Tableau 32: *Items* section 3 - Valeurs propres, pourcentage de variance expliquée et analyse parallèle de Horn (3e itération - 33 variables)

Composante	Valeur propre	% de variance expliquée	Analyse parallèle de Horn
1	**8,366**	25,353	1,956
2	**4,008**	12,144	1,814
3	**2,440**	7,395	1,707
4	**1,957**	5,930	1,627
5	**1,661**	5.033	1,559
6	1,290	3,908	**1,495**
7	1,144	3,467	1,434
8	1,052	3,189	1,378
9	,945	2,864	1,326
10	,909	2,754	1,278
11	,770	2,332	1,232
12	,708	2,147	1,189
13	,700	2,121	1,145

14	,671	2,032	1,102
15	,634	1,920	1,060
16	,568	1,722	1,021
17	,501	1,517	0,986
18	,478	1,449	0,949
19	,446	1,350	0,912
20	,424	1,286	0,879
21	,417	1,264	0,841
22	,396	1,200	0,808
23	,350	1,059	0,775
24	,328	0,994	0,742
25	,293	0,888	0,709
26	,282	0,853	0, 676
27	,260	0,787	0,646
28	,241	0,731	0,613
29	,215	0,651	0,578
30	,183	0,553	0,546
31	,149	0,452	0,513
32	,134	0,406	0,477
33	,081	0,246	0,434

Sur cette troisième itération, l'analyse parallèle de Horn sur 33 variables nous permet de rester sur 5 facteurs à extraire à ce stade. Et d'après la qualité des représentations, nous pouvons cette fois conserver les 33 *items* restants et poursuivre l'analyse, avec un point de vigilance sur l'*item* 25 à 0.218 et le 2 à 0.217.

1.4.3 Première rotation de la matrice (3e itération A.F.E.)

La matrice de rotation de ce bloc 4 (*items* issus de et associés à la *N.A.R.S.*), obtenue à la suite de la troisième itération (sur 5 facteurs et sur 33 variables: S3.1Q1 à S3.1Q23 + S3.1Q25 à S3.1Q34), est représentée dans le tableau 33.

Tableau 33: Rotation de la matrice des facteurs (bloc 4 – *N.A.R.S.*) - 3e itération

	Facteurs				
Items	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
S3.1Q27	**,734**	-,009	-,040	,037	,104
S3.1Q28	**,680**	,206	,065	,155	,093
S3.1Q29	**,677**	,216	,158	,138	,106
S3.1Q26	**,668**	,076	,056	-,029	,200
S3.1Q31	**,582**	,009	-,040	,302	,076
S3.1Q30	**,528**	-,032	-,017	,226	,082
S3.1Q33	**,515**	,175	,079	,043	,101
S3.1Q34	,501	,327	-,058	-,020	,102
S3.1Q5	,267	**,742**	-,046	,049	,204
S3.1Q3	,215	**,646**	-,176	,010	,201
S3.1Q1	,037	**,577**	-,173	,107	,049
S3.1Q6	,289	**,556**	-,060	,125	,151
S3.1Q23	-,001	-,478	,383	-,100	-,150
S3.1Q2	,116	,443	,012	,080	-,031
S3.1Q4	,059	,423	-,332	,167	,195
S3.1Q19	,104	-,362	,345	-,165	-,029
S3.1Q21	,131	-,114	**,874**	-,100	,152
S3.1Q20	,092	-,145	**,810**	-,060	,172
S3.1Q22	,028	-,073	**,727**	-,051	-,095
S3.1Q8	,134	-,025	-,459	,255	,399
S3.1Q25	,057	-,283	,327	-,077	-,101
S3.1Q16	,105	,157	-,131	**,837**	,168
S3.1Q15	,147	,212	-,091	**,803**	,191
S3.1Q18	,097	,153	-,170	**,692**	,239
S3.1Q32	,314	,032	-,099	**,631**	,047
S3.1Q11	,137	,283	-,316	,353	,306
S3.1Q12	,251	,224	,020	,222	**,583**
S3.1Q9	,181	,046	-,421	,332	**,574**
S3.1Q17	,196	,357	,129	,112	**,569**
S3.1Q10	,179	,111	-,343	,260	**,557**
S3.1Q7	,111	,252	,018	,110	**,547**
S3.1Q14	,266	,307	,177	,140	**,544**
S3.1Q13	,024	-,292	-,016	-,018	,414

Voici comment nous décomposons les 5 facteurs identifiés grâce à l'A.F.E.:

- Facteur 1: variables (S3.1.Q)27, 28, 29, 26, 31, 30 et 33;
- Facteur 2: variables (Q)5, 3, 1 et 6;

- Facteur 3: variables (Q)21, 20 et 22 (conservant un minimum de 3 variables);
- Facteur 4: variables (Q)16, 15, 18 et 32;
- Facteur 5: variables (Q)12, 9, 17, 10, 7 et 14.

Tous les *items* mis en blanc (Q23, Q2, 4, 19, 8, 25, 11 et 13) sont à supprimer de la version finale car leurs seuils sont insuffisants et parfois complexes (en rouge). La question 34 ‘‘Je ne saurais pas comment m'adresser au robot social’’ est juste sur le seuil de 0.5, mais elle est complexe avec 0.32 sur le facteur 2 aussi[139] et écart < 0.2. Elle est donc supprimée à son tour.

1.4.4 Quatrièmes à sixièmes itérations d’A.F.E.

Après la suppression de ces variables, nous opérons donc une quatrième itération d’A.F.E., en **supprimant** de la matrice les *items* aux scores insuffisants, à savoir les questions **S3.1Q2, Q4, 8, 11, 13, 19, 23 et 25** (et sans la question 24 déjà supprimée pour la 3e itération). Nous ôtons de ce bloc également la **question 34**. Étant donné le nombre de changements opérés sur cette quatrième itération, nous refaisons une analyse complète.

Sur ces *items* retenus, le déterminant de la matrice remonte à 9.780E-007, même s’il reste encore bas. L’indice de K.M.O. général est à 0.827 et les K.M.O. individuels sont toujours très bons. Le Test de Bartlett est encore valide (Test de Bartlett = 2714.503(276), p < 0.001). Par acquit de conscience, nous observons le test de Cattell (figure 34).

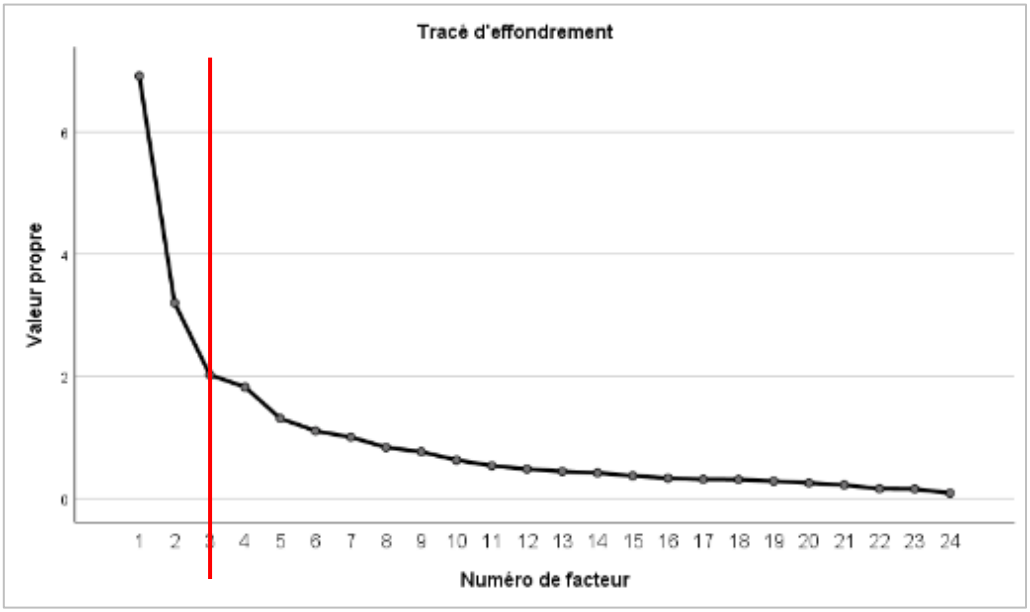


Figure 34 (Test de Cattell appliqué au bloc 4 - 4e itération sur 5 facteurs et 24 variables)

[139] Pour rappel, l’écart entre ses coefficients de saturation sur les facteurs doit être > 0.2 pour être conservé.

Cette fois nous avons la surprise de détecter un éboulis, ce qui nous fait douter sur la présence de 4 facteurs seulement dans ce bloc finalement. Pour le vérifier, nous devons mener une nouvelle Analyse parallèle de Horn sur 24 variables. Nous la décrivons, avec les nouvelles valeurs propres dans le tableau 34.

Tableau 34: Valeurs propres, variance expliquée et A.P. Horn (4e itération - 24 variables)

Composante	Valeur propre	% de variance expliquée	Analyse parallèle de Horn
1	**6,918**	28,825	1,795
2	**3,202**	13,343	1.645
3	**2,026**	8,444	1,548
4	**1,825**	7,602	1,466
5	**1,311**	5,464	**1,397**
6	1,290	3,908	1,332
7	1,144	3,467	1,271
8	1,052	3,189	1,2175
9	,945	2,864	1,165
10	,909	2,754	1,117
11	,770	2,332	1,069
12	,708	2,147	1,025
13	,700	2,121	0,982
14	,671	2,032	0,937
15	,634	1,920	0,897
16	,568	1,722	0,859
17	,501	1,517	0,816
18	,478	1,449	0,774
19	,446	1,350	0,737
20	,424	1,286	0,700
21	,417	1,264	0,660
22	,396	1,200	0,621
23	,350	1,059	0,578
24	,328	0,994	0,529

Effectivement, sur le cinquième facteur, la valeur propre 1.31 est légèrement inférieure à celle obtenue par le calcul théorique de Horn à 1.40. Cette découverte nous amène par conséquent à mener une **nouvelle itération de l'A.F.E**, fixée désormais sur **quatre facteurs**.

Le déterminant de la matrice est toujours de 9.78E-007. L'indice de K.M.O. général à 0.827, et les K.M.O. individuels restent corrects, en majorité supérieurs à 0.8 et au moins à 0.6 pour les deux plus bas d'entre eux. Le Test de Bartlett est valide (= 2714.503 (276), $p < 0.001$). Nous analysons dans le tableau 35 les qualités des représentations après extraction pour cette cinquième itération.

Tableau 35: Qualités de représentation des variables (24) du bloc 4 - 5e itération

	Initiales	Extraction
S3.1Q1	,338	,272
S3.1Q3	,517	,491
S3.1Q5	,626	,597
S3.1Q6	,520	,398
S3.1Q7	,415	,353
S3.1Q9	,713	,457
S3.1Q10	,691	,391
S3.1Q12	,478	,440
S3.1Q14	,615	,508
S3.1Q15	,736	,669
S3.1Q16	,750	,695
S3.1Q17	,583	,511
S3.1Q18	,581	,624
S3.1Q20	,820	,758
S3.1Q21	,841	,879
S3.1Q22	,513	,447
S3.1Q26	,510	,467
S3.1Q27	,599	,592
S3.1Q28	,616	,574
S3.1Q29	,581	,555
S3.1Q30	,433	,333
S3.1Q31	,502	,426
S3.1Q32	,550	,485
S3.1Q33	,415	,265

D'après ces communalités, nous pouvons conserver les 24 *items* restants et poursuivre l'analyse, avec un point d'attention sur les *items* 1 et 33 respectivement à 0.272 et à 0.265.

Pour finaliser cette étape, nous reprenons l'Analyse parallèle de Horn sur 24 variables (identique à celle de l'itération précédente puisque même nombre de variables). Nous pouvons enfin poursuivre l'A.F.E. avec une rotation de la matrice, dont nous lisons les résultats dans le tableau 36.

Tableau 36: Rotation de la matrice (bloc 4) - 5e itération (4 facteurs - 24 variables)

	Facteurs			
Items	**1**	**2**	**3**	**4**
S3.1Q5	,724	,024	,238	-,123
S3.1Q3	,638	,024	,179	-,226
S3.1Q17	,615	,258	,139	,215
S3.1Q14	,575	,266	,205	,255
S3.1Q6	,543	,095	,283	-,121
S3.1Q7	,531	,238	,068	,098
S3.1Q12	,501	,365	,196	,130
S3.1Q1	,457	,064	,051	-,238
S3.1Q16	,150	,803	,126	-,109
S3.1Q15	,222	,766	,159	-,085
S3.1Q18	,184	,755	,086	-,115
S3.1Q32	,013	,620	,310	-,060
S3.1Q9	,347	,515	,129	-,235
S3.1Q10	,395	,418	,152	-,192
S3.1Q27	,095	,054	,761	-,020
S3.1Q28	,258	,131	,699	,035
S3.1Q29	,266	,119	,670	,146
S3.1Q26	,237	,012	,636	,077
S3.1Q31	,049	,322	,566	,003
S3.1Q30	,034	,250	,519	,018
S3.1Q33	,196	,094	,455	,103
S3.1Q21	-,001	-,139	,138	,917
S3.1Q20	-,016	-,079	,087	,863
S3.1Q22	-,107	-,182	,064	,631

Cette cinquième A.F.E. nous oriente bien sur un découpage final selon les 4 facteurs suivants pour le bloc 4:

- Facteur 1: les variables (S3.1.Q)5, 3, 17, 14, 6 et 7;
- Facteur 2: (Q)16, 15, 18 et 32 (déjà identifié en facteur 4 dans l'itération précédente);
- Facteur 3: (Q)27, 28, 29, 26, 31 et 30 (facteur 1 en 3e itération);
- Facteur 4: regroupement constant des questions 21, 20 et 22 (facteur 3 au tour d'avant).

Les *items* en blanc (Q1 ''Je me sentirais mal à l'aise si on me donnait un travail dans lequel je devrais utiliser des robots sociaux'' et Q33 ''Je ne suis pas sûr(e) d'être assez compétent(e) pour utiliser un robot social''), déjà repérés sur leurs faibles qualités de représentation) sont à supprimer (seuils < 0.5). Pour mémoire, les *items* complexes en rouge ne sont conservés que si leur écart de coefficients de saturation sur les facteurs est supérieur à 0.2, ce qui nous amène à supprimer en complément les questions:

- 9 ''Quelque chose de mal pourrait se produire si les robots sociaux se développaient comme des êtres vivants'';
- 10 ''J'ai le sentiment que si je dépends trop des robots, quelque chose de mal pourrait arriver'';
- Et 12 ''J'ai l'impression que dans le futur notre société sera dominée par les robots''.

Fort de ces constats, nous lançons une sixième, et dernière, itération, toujours fixée sur 4 facteurs, mais en **supprimant[140] les *items* 1, 9, 10, 12 et 33**.

Le déterminant de la matrice atteint le nouveau score très satisfaisant de 2.705E-5. L'indice de K.M.O. général affiche 0.809, et les K.M.O. individuels sont à peu près au même niveau de satisfaction que pour la 5e itération. Le Test de Bartlett est encore valide (= 2080.775 (171), $p < 0.001$). Nous analysons dans le tableau 37 la qualité des représentations après cette sixième extraction.

Tableau 37: Qualités de représentation des variables (19) du bloc 4 - 6e et dernière itération

	Initiales	Extraction
S3.1Q3	,474	,435
S3.1Q5	,603	,611
S3.1Q6	,505	,387
S3.1Q7	,378	,334

[140] Il nous reste donc, sur cette 6e itération, 19 variables sur les 34 initiales: S3.1Q3, 5 à 7, 14, 15 à 18, 20 à 22, 26 à 32.

S3.1Q14	,576	,495
S3.1Q15	,734	,759
S3.1Q16	,740	,808
S3.1Q17	,572	,518
S3.1Q18	,552	,593
S3.1Q20	,815	,820
S3.1Q21	,831	,899
S3.1Q22	,466	,428
S3.1Q26	,467	,443
S3.1Q27	,569	,615
S3.1Q28	,596	,620
S3.1Q29	,561	,560
S3.1Q30	,400	,325
S3.1Q31	,474	,396
S3.1Q32	,491	,467

Ces données sont toutes bien supérieures à 0.2. Pour finaliser cette étape, nous réalisons une dernière Analyse parallèle de Horn sur 19 variables dans le tableau 38.

Tableau 38: Valeurs propres, variance expliquée et A.P. Horn (6^{e} itération - 19 variables)

Composante	Valeur propre	% de variance expliquée	Analyse parallèle de Horn
1	**5,613**	29,540	1,688
2	**2,915**	15,343	1.542
3	**1,871**	9,845	1,441
4	**1,728**	9,097	1,362
5	1,180	6,211	**1,296**
6	,933	4,913	1,234
7	,681	3,584	1,171
8	,571	3,007	1,115
9	,530	2,788	1,063
10	,453	2,382	1,014
11	,419	2,203	0,965
12	,395	2,077	0,920
13	,350	1,843	0,872

14	,312	1,640	0,829
15	,296	1,560	0,781
16	,261	1,374	0,737
17	,237	1,246	0,722
18	,164	,864	0,642
19	,092	,484	0,590

Comme le Test de Cattell qui conserve son éboulis, cette analyse nous confirme 4 facteurs. Nous pouvons par conséquent terminer l'A.F.E. avec une dernière rotation de la matrice, dont nous lisons les résultats dans le tableau 39.

Tableau 39: Rotation de la matrice des facteurs (bloc 4 - *N.A.R.S.*) – Dernière itération

	Facteurs			
Items	**1**	**2**	**3**	**4**
S3.1Q27	,777	,098	,038	,006
S3.1Q28	,718	,293	,127	,044
S3.1Q29	,652	,313	,133	,137
S3.1Q26	,613	,248	,006	,077
S3.1Q31	,539	,070	,318	,009
S3.1Q30	,515	,061	,234	,030
S3.1Q5	,221	,733	,033	-,153
S3.1Q17	,109	,659	,214	,160
S3.1Q14	,172	,611	,231	,196
S3.1Q3	,181	,591	,014	-,232
S3.1Q7	,063	,536	,195	,069
S3.1Q6	,286	,529	,089	-,132
S3.1Q16	,116	,183	,863	-,129
S3.1Q15	,148	,267	,809	-,106
S3.1Q18	,091	,205	,723	-,141
S3.1Q32	,292	,026	,616	-,046
S3.1Q21	,113	,041	-,124	,932
S3.1Q20	,059	,019	-,071	,901
S3.1Q22	,041	-,075	-,122	,637

Après cette dernière rotation de la matrice, nous confirmons et nous arrêtons sur une structure factorielle très clairement décomposée en:

- Facteur 1: (Q)27, 28, 29, 26, 31 et 30 (facteur 3 à l'itération précédente);

- Facteur 2: (S3.1.Q)5, 17, 14, 3, 7 et 6 (facteur 1 précédemment);
- Facteur 3: (Q)16, 15, 18 et 32 (facteur 2 au tour précédent);
- Facteur 4: (Q)21, 20 et 22.

Pour trancher sur la structure finale de ce bloc 4 (section 3 du Q.A.R.S.©), nous verrons ce que nous apprendra l'analyse de la consistance interne des facteurs. Mais avant cela, passons à l'étiquetage des construits ainsi factorisés.

1.4.5 Sélection finale et labellisation des facteurs

Les différentes itérations d'A.F.E. sur ce bloc 4, associé à différentes formes d'ANXIETE ROBOTIQUE (RANX), ont révélé une structuration en 4 facteurs, plutôt que selon les 3 construits théoriques d'origine, inspirés de Nomura *et al.* (2006, 2011), ce qui est logique puisque nous avons ajouté des *items*.

Regardons, dans le tableau 40, les libellés complets des *items* retenus après la sixième et dernière itération, classés par importance de contribution au facteur, afin de (re)trouver une cohérence sémantique et de renommer ces 4 facteurs extraits.

Tableau 40: Variables section 2.4 (ANXR) – Libellés de chaque *item* retenu (classés)

N° Q.	(Code initial)	
FACTEUR 1		
27	**ANXT2**	Si je devais utiliser le robot social, j'aurais peur de le casser.
28	**ANXT3**	Si je devais utiliser le robot social, j'aurais peur de casser des choses dans mon environnement de travail.
29	**ANXT4**	Si je devais utiliser le robot social, j'aurais peur de blesser quelqu'un.
26	**ANXT1**	Si je devais utiliser un robot social, j'aurais peur de commettre des erreurs techniques avec lui.
31	**ANXT6**	Si je devais utiliser le robot social, je m'inquiéterais de perdre des données s'il s'éteignait (batteries à plat).
30	**ANXT5**	Si je devais utiliser le robot social, je m'inquiéterais de devoir le recharger.
FACTEUR 2		
5	**IHM5**	Je me sentirais très nerveux(se) rien que de me tenir face à un robot social.
17	**SOCIAL10**	J'aurais peur de devenir inutile si le robot social me remplace dans mon travail.

14	**SOCIAL7**	J'ai peur que le robot social me remplace dans mon travail.
3	**IHM3**	Je me sentirais nerveux(se) si je devais interagir avec un robot social devant d'autres personnes.
7	**IHM7**	J'aurais peur que le robot social se montre plus intelligent que moi.
6	**IHM6**	Je me sentirais paranoïaque en parlant avec un robot social.
FACTEUR 3		
16	**SOCIAL9**	J'aurais peur que le robot social diffuse des informations me concernant.
15	**SOCIAL8**	J'aurais peur que le robot social enregistre des informations me concernant.
18	**SOCIAL11**	J'aurais peur d'être surveillé par le robot social.
32	**ANXT7**	Un robot social étant un objet connecté à Internet, je serais inquiet(e) quant à la sécurité des données qu'il enregistre.
FACTEUR 4 [échelle inversée* par rapport aux facteurs 1, 2 et 3, qui sont négatifs]		
21	***EMO3**	Je sens que je pourrais devenir ami(e) avec des robots sociaux.
20	***EMO2**	Si les robots sociaux avaient des émotions, je serais en mesure de devenir ami(e) avec eux.
22	***EMO4**	Je me sens à l'aise en étant avec des robots sociaux qui ont des émotions.

Les *items* du facteur 1 (ANXT de 1 à 6) se regroupent clairement sous la notion d'**ANXIÉTÉ TECHNOLOGIQUE**, symbolisée par l'abréviation **TECH(ANX)**[141]. Cette sous-échelle a été ajoutée par nos soins, complétée par deux *items* de l'ALMERE Model de Heerink *et al.* (2010), et travaillée avec le comité d'experts. Elle décrit bien les inquiétudes d'un utilisateur, actuel ou potentiel, face à des problèmes techniques d'usage effectif (casse du matériel, problème de charge de batterie, erreurs logicielles…) et le sentiment d'incompétence associé.

Le facteur 2 rassemble principalement des *items* issus du construit d'INTERACTION de Nomura *et al.* (2006). Cette sous-échelle, traduite par Dinet et Vivian (2014, *In* Lombard et Dinet, 2015) concerne les attitudes négatives d'un humain en interaction avec un robot. Elle est complétée après l'A.F.E. de deux questions de la sous-échelle SOCIAL liée à la peur de l'influence sociale des robots. Nous décidons de regrouper ces perceptions et ressentis sous le thème de l'**ANXIÉTÉ SOCIALE** face au robot (= **ANXIÉTÉ en INTERACTION HOMME / ROBOT et impact SOCIAL)** que nous coderons **SOCIAL(ANX)**.

[141] Afin qu'elle soit compréhensible en anglais pour *TECH(ANX) = Technological Anxiety.*

Le facteur 3 réunit le reste des *items* initialement associés à la sous-échelle SOCIAL de Nomura *et al.* (2006). En y regardant de plus près, ce regroupement factoriel représente plutôt l'idée d'anxiété quant à la cybersécurité, un risque d'espionnage de la part de la machine. Le robot ne semblant pas garantir pour certains une protection des données claire et suffisante et/ou à questionner au regard de la règlementation, son usage pourrait avoir un impact psychosocial, sur mon lien avec la société au sens e-réputation. Nous proposons l'étiquette **CYBER(ANX)** pour la construction de cette sous-échelle d'**ANXIÉTÉ CYBERSÉCURITAIRE**.

Le facteur 4 regroupe les *items* inversés (restants) associés à une **ÉMOTION POSITIVE** que peut ressentir un humain en présence d'un robot social, qui pourrait refléter lui aussi l'expression d'émotions humaines. Nous gardons l'intitulé initial d'ÉMOTION sous le code **EMO+**, auquel nous ajoutons le signe ''+'' pour rappeler l'inversion par rapport aux autres sous-échelles liés à des perceptions négatives et des peurs face au robot.

1.4.6 Analyse de la consistance interne des facteurs

Le facteur 1 **TECH**(**ANX**), avec les questions 26 à 31, obtient un Alpha de Cronbach de 0.827. Nous retenons l'ensemble de ces 6 *items* pour créer l'échelle correspondante.

Nous trouvons un α de 0.803 pour le facteur 2 **SOCIAL**(**ANX**), composé des Q3+ 5 à 7 +14 + 17, ce qui reste satisfaisant. La vérification de la colonne des ''Alpha de Cronbach en cas de suppression de l'élément'' ne pointe pas d'amélioration. Par conséquent, nous conservons également ces 6 *items* dans le questionnaire.

Pour le facteur 3 **CYBER**(**ANX**), nous calculons la consistance interne entre les *items* 15, 16, 18 et 32 (initialement codés SOCIAL8, SOCIAL9, SOCIAL11 et ANXT7). Nous obtenons un Alpha de Cronbach de 0.872, ce qui est un très bon score. L'analyse de fiabilité nous indique toutefois de **supprimer l'item 32**. L'Alpha ainsi recalculé est meilleur ($\alpha = 0.89$). Nous retiendrons donc uniquement les *items* 15, 16 et 18 dans la version finale du questionnaire. Notons néanmoins que la question 18 restera à rediscuter: dans une application stricte de l'analyse de la consistance interne telle que nous l'avons pratiquée systématiquement dans cette étude, sa suppression pourrait encore faire monter l'α à 0.903. Toutefois nous ne voulons pas descendre en-dessous de 3 *items*, au risque d'hypothéquer ce facteur. Et sa formulation ''J'aurais peur d'être surveillé par le robot social'' est pertinente sur le plan conceptuel.

Le facteur 4 **EMO+** est une sous-échelle entièrement inversée donc nous pouvons additionner également ses variables (S3.1Q20 à 22) pour en calculer la consistance interne: α = 0.881, ce qui nous permet de maintenir ce facteur avec 3 *items*. Il resterait une hésitation sur la question 22 (α = 0.940 si suppression), mais ce qui reviendrait à supprimer toute la sous-échelle, insuffisante en-dessous de 3 variables. Il sera plus pertinent de discuter, dans le chapitre V, de l'intérêt de renforcer cette échelle par la création et validation ultérieure de questions supplémentaires.

Afin de faciliter la lecture, et avant de passer à la construction finale des échelles de ce bloc 4, nous avons rassemblé dans le tableau 41, la liste complète des 16 *items* supprimés et le motif de chaque décision.

Tableau 41: Synthèse argumentée des *items* supprimés du bloc 4 par itération

À l'issue de quelle itération?	**N° Q.**	Motif suppression *item* - commentaire
2e A.F.E. (Avec 5 facteurs fixés)	**24**	Communalités (qualité de représentation) < 0.2
3e (Avec 5 facteurs fixés, et sans la Q24)	**2, 4, 8, 11, 13, 19, 23 et 25**	Contribution au facteur < 0.5, après rotation *Varimax*
3e itération	**34**	> 0.5 après rotation, mais complexe avec moins de 0.2 d'écart entre sa contribution au facteur 1 et au facteur 2
5e itération (Sur 4 facteurs et 24 variables)	**1 et 33 +10**	Contribution au facteur < 0.5, après rotation *Varimax* (mais seraient conservées si 0.4 sauf Q10 complexe < 0.2 d'écart)
5e itération	**9 +12**	> 0.5 après rotation, mais complexes (''*cross-loaded*'') avec moins de 0.2 d'écart entre sa contribution aux différents facteurs
Après analyse de la consistance interne (fiabilité)	**32**	Alpha de Cronbach qui passe de 0.872 à 0.890 en cas de suppression

Avec la version retenue de suppression des *items* avec des seuils < 0.5 après rotation de la matrice, nous terminons donc avec **18 *items*** dans ce bloc 4 sur les 34 questions initiales: **Q3, 5 à 7, 14 à 18, 20 à 22, 26 à 31**.

1.4.7 Création des échelles

Voici donc pour finir les échelles que nous avons créées, pour ce quatrième et dernier bloc, après étude de la consistance interne des facteurs:

- TECH(ANX) – 6 *items* = S3.1Q26 à 31
- SOCIAL(ANX) – 6 *items* = S3.1Q3 +Q5 +Q6 + Q7 +Q14 +Q17
- CYBER(ANX) – 3 *items* = S3.1Q15 +Q16 +Q18
- EMO+ (3 *items* inversés) = S3.1Q20INV +Q21INV +Q22INV

Le tableau 42 décrit les statistiques de ces nouvelles variables, avec les fréquences (moyennes, écarts-types, minimum, maximum) et leurs distributions (scores d'asymétrie et de Kurtosis).

Tableau 42: Statistiques descriptives des 4 échelles TECH, SOCIAL,CYBER(ANX) et EMO+

		TECH(ANX)	SOCIAL(ANX)	CYBER(ANX)	EMO+
N	Valide	206	206	206	206
	Manquant	0	0	0	0
Moyenne		20,5971	17,2379	14,8981	8,6845
Écart-type		7,14162	7,15792	4,41663	4,45492
Asymétrie (*Skewness*)		,002	,451	-,541	,507
Erreur standard d'asymétrie		,169	,169	,169	,169
Aplatissement (*Kurtosis*)		-,240	-,323	-,339	-,442
Erreur standard de *Kurtosis*		,337	,337	,337	,337
Minimum		6,00	6,00	3,00	3,00
Maximum		42,00	37,00	21,00	21,00

Nous obtenons des distributions quasi normales pour ces 4 sous-échelles, en particulier pour la variable TECH(ANX) bien centrée. La variable CYBER est un peu plus asymétrique sur la droite (vers attitudes négatives, puisque cette échelle est inversée par rapport au reste du questionnaire), et EMO+ vers la gauche (vers attitudes négatives, puisque cette dernière sous-échelle est inversée dans ce bloc sur l'anxiété robotique; elle va donc dans le sens des autres sous-échelles d'attitudes positives du questionnaire).

2. Présentation des sous-échelles du Q.A.R.S.© validé

À l'issue de son analyse structurelle par analyse factorielle exploratoire, et de l'analyse de fiabilité de chacune de ses sous-échelles construites, nous obtenons donc un **Questionnaire de mesure de l'Acceptance des Robots Sociaux**, composé de quatre blocs thématiques, onze sous-échelles (facteurs) et soixante *items* au total.

- (Bloc 1 – 22 *items*) **ACCEPTATION ROBOTIQUE** avec 3 sous-échelles: utilité perçue (PU avec 6 questions), utilisabilité perçue (PEOU avec 6 questions), complété de plaisir perçu et confiance envers le robot (JOYTRUST avec 10 questions);

- (Bloc 2 – 10 *items*) **APPRÉCIATION DU ROBOT PAR L'UTILISATEUR** avec 2 sous-échelles : agréabilité (LIKE avec 5 questions) et intelligence perçue (INTELL avec 5 questions);

- (Bloc 3 – 10 *items*) **INTENTION D'USAGE** avec 2 sous-échelles: intention d'usage professionnel (IUP avec 7 questions) et intention temporelle d'usage (ITU avec 3 questions);

- (Bloc 4 – 18 *items*) **ANXIÉTÉ ROBOTIQUE** avec 4 sous-échelles: anxiété technologique (TECH[ANX] avec 6 questions), anxiété d'interaction et crainte de l'influence sociale du robot (SOCIAL[ANX] avec 6 questions), anxiété cybersécuritaire (CYBER[ANX] avec 3 questions) et émotions positives ressenties vis-à-vis du robot social (EMO+ avec 3 questions).

Rappelons que ces échelles sont construites à partir des paliers correspondant aux modalités de réponse aux questions, de type Likert à 7 niveaux (de totalement en désaccord [1] à totalement en accord [7] pour les blocs 1, 3 et 4). Elles reflètent par conséquent des attitudes négatives [1] à positives [7], sauf pour la question 21 de JOYTRUST (bloc 1) et les échelles TECH, CYBER et SOCIAL du bloc 4 qui sont inversées.

Le tableau 43 regroupe l'ensemble des *items* retenus après interprétation et validation, de structure et analyse de la consistance interne [142], classés par construits.

[142] Questionnaire Q.A.R.S.© version finale intégrale, après études de validation, en annexe L.

Tableau 43: Liste finale des *items* validés pour le Q.A.R.S.© et classés par construits

(Bloc 1) ACCEPTATION ROBOTIQUE (*T.A.M.* ‘‘augmenté’’)		
N° Q.	(Code factoriel d’origine[143])	
UTILITÉ PERÇUE (PU)		
S2.1Q1	PU1	Le fait d'utiliser le robot social dans mon travail me permettrait d'accomplir des tâches plus rapidement.
Q3	PU2	Le fait d'utiliser le robot social améliorerait ma performance professionnelle.
Q5	PU3	Le fait d'utiliser le robot social au travail augmenterait ma productivité.
Q7	PU4	Le fait d'utiliser le robot social améliorerait mon efficacité au travail.
Q9	PU5	Le fait d'utiliser le robot social rendrait plus facile de faire mon travail.
Q11	PU6	Je trouverais le robot social utile dans mon métier.
FACILITÉ d’USAGE (ou UTILISABILITÉ) PERÇUE (PEOU)		
S2.1Q2	PEOU1	Apprendre à utiliser le robot social serait facile pour moi.
Q4	PEOU2	Je trouverais facile de faire en sorte que le robot social fasse ce que je veux.
Q6	PEOU3	Mon interaction avec le robot social serait claire et compréhensible.
Q8	PEOU4	Je trouverais le robot social flexible en termes d'interaction.
Q10	PEOU5	Il me serait facile de devenir habile à utiliser le robot social.
Q12	PEOU6	Je trouverais le robot social facile à utiliser.
PLAISIR PERÇU & CONFIANCE envers LE ROBOT (JOYTRUST)		
S2.2Q13	JOY1	J'aime que le robot social me parle.
Q14	TRUST1	Je ferais confiance au robot social s'il me donnait des conseils.
Q15	JOY2	J'aime faire des activités avec le robot social.
Q16	TRUST2	Je suivrais les conseils que le robot social me donne.
Q17	JOY3	Je trouve le robot social agréable.
Q18	TRUST3	Je vais demander conseil au robot social dans le cadre de mon activité professionnelle.
Q19	JOY4	Je trouve le robot social fascinant.
Q21	JOY5*	Je trouve le robot social ennuyeux. [*NB: *item* inversé sémantiquement]

[143] Version de validation de contenu (Excel).

Q22	JOY6	Je trouve le robot social amusant à observer.		
Q23	JOY7	Je pense que le robot social rendrait ma vie plus intéressante.		
(Bloc 2) APPRÉCIATION DU ROBOT PAR L'UTILISATEUR (extraits du *Godspeed*)				
N° Q	**AGRÉABILITÉ PERÇUE (LIKE)**			
S2.3Q1	LIKE1	Déplaisant	⇔	Plaisant
Q2	LIKE2	Inamical	⇔	Amical
Q3	LIKE3	Détestable	⇔	Aimable
Q4	LIKE4	Désagréable	⇔	Agréable
Q5	LIKE5	Méchant	⇔	Gentil
N° Q	**INTELLIGENCE PERÇUE (INTELL)**			
S2.3Q6	INTELL1	Incompétent	⇔	Compétent
Q7	INTELL2	Ignorant	⇔	Cultivé
Q8	INTELL3	Irresponsable	⇔	Responsable
Q9	INTELL4	Idiot	⇔	Intelligent
Q10	INTELL5	Insensé	⇔	Sensé
(Bloc 3) INTENTION D'USAGE (IU)				
INTENTION D'USAGE PROFESSIONNEL (IUP)				
S2.4Q1	IU1	Je m'imagine bien utiliser un robot social dans mes activités professionnelles.		
Q3	IU3	Je pense que c'est une bonne idée d'utiliser un robot social.		
Q4	IU4	Je pense que c'est une bonne idée d'utiliser un robot social dans mes activités professionnelles.		
Q6	IU6	Si je pouvais posséder un robot social, je m'imagine l'utiliser pendant plusieurs mois.		
Q8	IU8	Si j'avais l'occasion d'utiliser un robot social dans le cadre de mon travail, je m'imagine l'utiliser pendant plusieurs années.		
Q9	IU9	J'aimerais que le robot soit développé pour faire plus de choses dans mon travail.		
Q11	IU11	Si j'avais l'occasion d'utiliser un robot social dans le cadre de mon travail, je m'imagine l'utiliser pendant plusieurs mois.		
INTENTION TEMPORELLE D'USAGE (ITU)				
Q7	IU7	Je pense que je vais utiliser le robot social dans les prochains jours.		
Q10	ITU10	Je suis certain(e) que je vais utiliser le robot social dans les prochains jours.		
Q12	IU12	J'ai prévu d'utiliser le robot social dans les prochains jours.		

(Bloc 4) ANXIÉTÉ* ROBOTIQUE (RANX, adaptée de la *N.A.R.S.*)		
ANXIÉTÉ TECHNOLOGIQUE (TECH[ANX])		
S3.1Q26	ANXT1	Si je devais utiliser un robot social, j'aurais peur de commettre des erreurs techniques avec lui.
Q27	ANXT2	Si je devais utiliser le robot social, j'aurais peur de le casser.
Q28	ANXT3	Si je devais utiliser le robot social, j'aurais peur de casser des choses dans mon environnement de travail.
Q29	ANXT4	Si je devais utiliser le robot social, j'aurais peur de blesser quelqu'un.
Q30	ANXT5	Si je devais utiliser le robot social, je m'inquiéterais de devoir le recharger.
Q31	ANXT6	Si je devais utiliser le robot social, je m'inquiéterais de perdre des données s'il s'éteignait (batteries à plat).
ANXIÉTÉ en INTERACTION HOMME / ROBOT et impact SOCIAL du robot (SOCIAL[ANX])		
Q3	IHM3	Je me sentirais nerveux(se) si je devais interagir avec un robot social devant d'autres personnes.
Q5	IHM5	Je me sentirais très nerveux(se) rien que de me tenir face à un robot social.
Q6	IHM6	Je me sentirais paranoïaque en parlant avec un robot social.
Q7	IHM7	J'aurais peur que le robot social se montre plus intelligent que moi.
Q14	SOCIAL7	J'ai peur que le robot social me remplace dans mon travail.
Q17	SOCIAL10	J'aurais peur de devenir inutile si le robot social me remplace dans mon travail.
ANXIÉTÉ CYBERSÉCURITAIRE (CYBER[ANX])		
15	SOCIAL8	J'aurais peur que le robot social enregistre des informations me concernant.
16	SOCIAL9	J'aurais peur que le robot social diffuse des informations me concernant.
18	SOCIAL11	J'aurais peur d'être surveillé par le robot social.
ÉMOTION POSITIVE FACE AU ROBOT (EMO+)**		
Q20	**EMO2	Si les robots sociaux avaient des émotions, je serais en mesure de devenir ami(e) avec eux.
Q21	**EMO3	Je sens que je pourrais devenir ami(e) avec des robots sociaux.
Q22	**EMO4	Je me sens à l'aise en étant avec des robots sociaux qui ont des émotions.

[NB: *bloc inversé sémantiquement par rapport aux blocs 1 à 3, sauf **EMO+ dans le même sens +.]

Ce classement reflète dans l'ordre les sous-échelles désormais construites, et qui vont être reprises pour effectuer la deuxième analyse de fidélité du questionnaire Q.A.R.S.©, cette fois temporelle, présentée dans le sous-chapitre suivant.

3. Estimation de la fidélité temporelle de notre instrument

Pour cette deuxième étude de validation, nous avons travaillé à nouveau avec le logiciel SPSS. Notre jeu de données a été importé à partir du fichier Excel des réponses (t1 / t2), issu du *Google Form*, consolidé et recodé, avec uniquement les données chiffrées. Le tableau 44 présente la répartition de ce deuxième échantillon issu de la même population de validation, par tranches d'âge et autres éléments sociodémographiques, duquel seules 30 réponses ont pu être appariées et exploitées ($n_{2'} = 30$).

Tableau 44: Répartition population d'estimation de la fidélité temporelle ($n_2 = 40$)

Âge	20-30 ans: 18 (45%)	31-40 ans: 13 (32.5%)	41-50 ans: 5 (12.5%)	51-60 ans: 4 (10%)	+ de 60 ans: 0
Genre	F: 22 (55%)	H: 18 (45%)	NSPP: 0		
Niveau d'études	Bac+5 et+ (équivalent Master, Diplôme ingénieur, Doctorat): 36 (90%)				
Statut	Cadres: 36 (90%)			Dirigeants: 4 (10%)	
Responsabilité exercée	Non: 14 (35%)	Chef de projet / Chargé affaires: 15 (37.5%)	Manager: 12 (30%)	Directeur / Associé: 6 (15%)	
Ancienneté	1 an et moins: 12 (30%)	2-3 ans: 10 (25%)	4 – 7 ans: 9 (32.5%)	8-11 ans: 4 (10%)	12 ans et plus: 3 (7.5%)

Nous obtenons à nouveau une répartition assez homogène en termes de genres et de niveau de responsabilités, avec toujours la quasi-totalité ayant un niveau d'études Bac+5 ou plus. Nous pouvons voir dans la figure 35 la répartition entre des répondants de cet échantillon ayant été confrontés ou non au préalable à un robot.

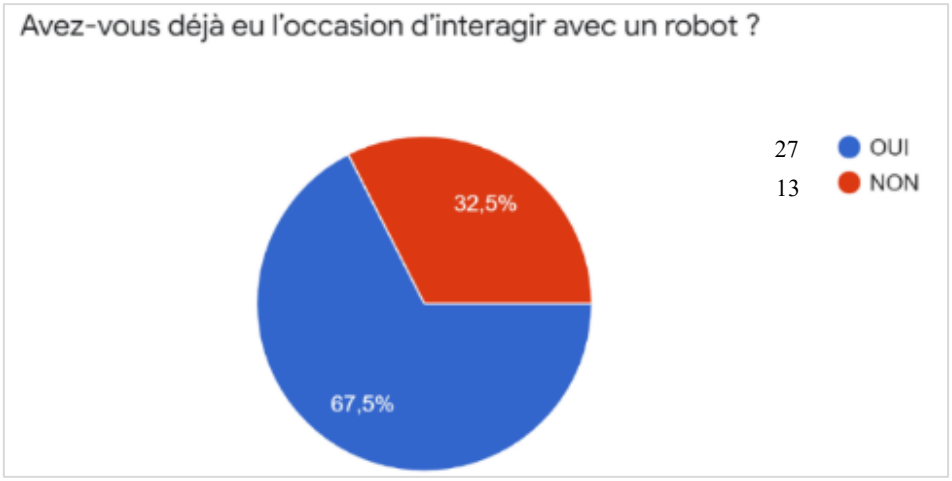


Figure 35 (Expérience préalable du répondant avec un robot)

Nous observons cette fois une minorité de néophytes en ce qui concerne la confrontation en réel avec un robot, ne serait-ce que sur une première interaction de quelques minutes lors de salons professionnels ou au travail. Pour cette étude de validation, aucune donnée quantitative n'est manquante non plus, car il était obligatoire de répondre à chacune des questions (en dehors des éléments de CSP complémentaires), pour pouvoir passer à la suivante dans le formulaire en ligne. Pour rappel, dans ce volet, il nous suffit de travailler au niveau des échelles précédemment construites. Celles-ci comprennent les *items* validés à l'issue de l'analyse factorielle exploratoire et sont reprises dans le tableau 45 (V1) ci-dessous.

Nous calculons les corrélations bilatérales entre le score cumulé de l'échelle au temps 1 (t1 = Test) et celui du temps 2 (t2 = Retest), et ce pour chacune des sous-échelles du Q.A.R.S.© présentées par blocs thématiques. Dans la colonne de droite, nous complétons par les intervalles de corrélation intra-classe (ICC) et intervalles de confiance [bornes inférieures - supérieures].

Tableau 45: Fidélité temporelle et consistance interne (V1) - Coefficient de Pearson, ICC et intervalles de confiance de l'ICC

CONSTRUIT	**Coefficient de Pearson t1 ⇔ t2**	**ICC**	**Intervalles de confiance (de l'ICC)**
(Bloc 1) ACCEPTATION ROBOTIQUE (*TAM* "augmenté")			
UTILITÉ PERÇUE (PU)	0.783	0.773	[0.579 - 0.885]

FACILITÉ d'USAGE PERÇUE (PEOU)	0.709	0.686	[0.441 - 0.836]
PLAISIR PERÇU & CONFIANCE envers LE ROBOT (JOYTRUST)	0.821	0.825	[0.667 - 0.912]
(Bloc 2) PERCEPTION DU ROBOT PAR L'UTILISATEUR			
AGRÉABILITÉ DU ROBOT (LIKE)	0.875	0.871	[0.748 - 0.936]
INTELLIGENCE PERÇUE DU ROBOT (INTELL)	0.838	0.838	[0.690 - 0.919]
CONSTRUIT	**Coefficient de Pearson t1 ⇔ t2**	**ICC**	**Intervalles de confiance**
(Bloc 3) INTENTION D'USAGE (IU)			
INTENTION D'USAGE PROFESSIONNEL (IUP)	0.884	0.875	[0.756 - 0.938]
INTENTION TEMPORELLE D'USAGE (ITU)	0.218	0.200	[-0.162 - 0.517]
(Bloc 4) ANXIÉTÉ ROBOTIQUE (RANX) [➔Analyser de façon inversée – perceptions négatives – sauf EMO+]			
ANXIÉTÉ TECHNOLOGIQUE (TECH[ANX])	0.732	0.721	[0.495 - 0.856]
ANXIÉTÉ en INTERACTION HOMME / ROBOT et impact SOCIAL (SOCIAL[ANX])	0.873	0.876	[0.758 - 0.939]
ANXIÉTÉ CYBERSÉCURITAIRE (CYBER[ANX])	0.719	0.722	[0.497- 0.857]
ÉMOTION POSITIVE FACE AU ROBOT (EMO+) [Échelle inversée à ce bloc = même sens de lecture que blocs 1 à 3]	0.903	0.895	[0.793 - 0.948]

[NB: $p < 0.001$ pour tous les coefficients.]

Toutes ces échelles[144] sont assez stables dans le temps, avec pour chacune un coefficient de Pearson assez proche du seuil de 0.8, de la corrélation intra-classe (ICC) et inclus dans l'intervalle de confiance.

La seule exception est l'échelle ITU avec un score de 0.218, donc une corrélation nulle entre les scores. Mais ceci s'explique en partie par le très faible nombre d'*items* (3) la composant. Serait-ce aussi parce que le rapport au temps n'est ici abordé que via des représentations et attitudes, qui plus est sur des projections à très court terme, mais qu'il n'est pas lié à une expérience réelle d'exposition à un robot social?

En complément, nous avons fait une analyse des graphiques à points pour déterminer la présence éventuelle de valeurs aberrantes (''*outliers*''), notamment sur cette échelle ITU. Après le retrait des deux données les plus aberrantes pour chacune des échelles (dans les colonnes t1 directement dans SPSS), nous constatons un impact significatif sur les coefficients de corrélation, ainsi que sur les intervalles de confiance (tableau 46). En effet, au vu de la faible taille de l'échantillon, quelques données en moins réajustent visiblement la courbe de distribution des données (format nuages de points).

Tableau 46: Fidélité temporelle après suppression principales valeurs aberrantes (V2)

CONSTRUIT	Coefficient de Pearson t1 ⇔ t2 (V2)	ICC (V2)	Intervalles de confiance ICC (V2)
(Bloc 1) ACCEPTATION ROBOTIQUE (*TAM* ''augmenté'')			
UTILITÉ PERÇUE (PU)	0.870 (0.783)	0.825	[0.660 - 0.915]
FACILITÉ d'USAGE PERÇUE (PEOU)	0.897 (0.709)	0.885	[0.768 - 0.945]
PLAISIR PERÇU & CONFIANCE envers LE ROBOT (JOYTRUST)	0.884 (0.821)	0.8882	[0.763 - 0.943]
(Bloc 2) PERCEPTION DU ROBOT PAR L'UTILISATEUR			
AGRÉABILITÉ DU ROBOT (LIKE)	0.909 (0.875)	0.900	[0.797 - 0.952]

[144] Pour mémoire: attitudes négatives [1] (à gauche sur nuages de points) à positives [7] (à droites), sauf pour la question 21 de JOYTRUST (bloc 1) et les échelles TECH, CYBER et SOCIAL du bloc 4 qui sont inversées.

INTELLIGENCE PERÇUE DU ROBOT (INTELL)	0.894 (0.838)	0.898	[0.793 - 0.951]
(Bloc 3) INTENTION D'USAGE (IU)			
INTENTION D'USAGE PROFESSIONNEL (IUP)	0.945 (0.884)	0.934	[0.864 - 0.969]
INTENTION TEMPORELLE D'USAGE (ITU)	0.542 (0.218)	0.467	[0.126 - 0.711]
(Bloc 4) ANXIÉTÉ ROBOTIQUE (R.ANX) [➔Analyser de façon inversée – perceptions négatives – sauf EMO+]			
ANXIÉTÉ TECHNOLOGIQUE (TECH[ANX])	0.795 (0.732)	0.798	[00612 - 0.901]
ANXIÉTÉ en INTERACTION HOMME / ROBOT et impact SOCIAL (SOCIAL[ANX])	0.907 (0.873)	0.909	[0.816 - 0.957]
ANXIÉTÉ CYBERSÉCURITAIRE (CYBER[ANX])	0.876 (0.719)	0.868	[0.737- 0.936]
ÉMOTION POSITIVE FACE AU ROBOT (EMO+) [Échelle inversée à ce bloc = même sens de lecture que blocs 1 à 3]	0.926 (0.903)	0.921	[0.838 - 0.962]

[NB: score obtenu en V1 indiqué sous le V2 pour rappel comparatif.]
[NB2: $p < 0.001$ pour tous les coefficients.]

Les coefficients de corrélation sont rapidement affectés positivement. Ils passent ainsi presque tous la barre des 0.85, sauf TECH et CYBER qui approchent toutefois le 0.8. Ceci nous confirme la qualité des *items*, une fois les quelques répondants moins cohérents, en termes de fidélité temporelle, écartés. L'échelle ITU reste plus basse (corrélation t1 versus t2) que les autres, mais elle atteint cette fois tout de même un coefficient de Pearson de plus de 0.5, ce qui demeure insuffisant.

Nous reviendrons sur l'interprétation de ces résultats dans le chapitre V, section 3, en comparaison avec les données de validation des auteurs nous ayant précédée sur ces échelles.

Nous y proposons aussi des pistes d'amélioration pour les versions ultérieures du questionnaire Q.A.R.S.©, et ses usages sur le terrain, toujours dans une perspective d'accompagnement de la formation des utilisateurs de robots au travail.

CINQUIÈME CHAPITRE. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS ET DISCUSSION

L'objectif général de notre thèse a été d'étudier le processus d'adoption ou de rejet d'un robot social par les travailleurs francophones dans le secteur tertiaire, en tentant plus précisément de repérer les facteurs les plus déterminants dans l'étude de leurs attitudes, en vue de leur formation en situation d'activité professionnelle et du développement de leurs compétences.

La fiche d'identité page suivante (figure 36) synthétise la structure finale de notre thèse.

Après l'analyse des résultats de nos études de validation au chapitre précédent, cette discussion revient sur nos objectifs spécifiques de recherche. Nous commentons tout d'abord dans la section 1 notre objectif méthodologique de développement ainsi que la validation de contenu du questionnaire Q.A.R.S.© dans ses atouts et ses limites.

Dans la section 2, nous interprétons et discutons les résultats de l'analyse factorielle du questionnaire.

Et enfin dans la section 3, nous revenons globalement sur l'estimation de fidélité de notre instrument. Celle-ci s'étudie au travers de l'analyse de la consistance interne de ses différentes sous-échelles, puis de l'estimation de sa fidélité temporelle (test / retest) sur un deuxième échantillon issu de la même population de validation.

FICHE D'IDENTITÉ DE LA THÈSE (BAHIER, 2021)

MOTS-CLÉS

Andragogie (formation des adultes en situation de travail), éducation à la robotique, robot social, processus d'adoption, Modèle d'Acceptance des Robots Sociaux au Travail (M.A.R.S.@T.), attitudes, validation de questionnaire, analyse factorielle exploratoire (A.F.E.).



TITRE:

Étude exploratoire et instrumentée des facteurs d'acceptance des robots sociaux: cas d'étude en vue de la formation de salariés francophones du secteur tertiaire.

QUESTION DE RECHERCHE:

Dans le cadre d'un processus d'adoption ou de rejet de robots sociaux en situation d'activité professionnelle (secteur tertiaire), quels sont les facteurs déterminants dans l'étude des attitudes d'utilisateurs francophones?



OBJECTIF GÉNÉRAL:

Notre objectif général de recherche a visé à étudier les processus d'adoption ou de rejet des robots sociaux par les travailleurs, en situation d'activité, dans le secteur tertiaire.
Nous avons répondu plus particulièrement à la question de repérer, dans ce contexte, les **facteurs les plus déterminants dans l'étude des attitudes d'utilisateurs francophones**, en vue de leur formation à l'usage du robot et du développement de leurs compétences.

OBJECTIFS SPÉCIFIQUES:

A) [Méthodologique] Élaborer un questionnaire en français de mesure des attitudes des travailleurs vis-à-vis d'un robot social (facteurs d'acceptation et de rejets) à partir:

- De facteurs psychologiques positifs inspirés du *T.A.M.*: l'utilité perçue (PU), et la facilité d'usage perçue du robot social (PEOU), complétés par le plaisir perçu par l'utilisateur et la confiance envers la machine;
- D'attitudes sur la question de l'intention d'usage (IU);
- De facteurs potentiels de rejet via la mesure d'attitudes négatives et positives (échelle inversée) de l'utilisateur face au robot social inspirées de la *N.A.R.S.*

B) Valider la structure factorielle des construits étudiés.
C) Estimer la fidélité de l'instrument: consistance interne et fidélité temporelle des sous-échelles construites.



MÉTHODOLOGIE

- Méthode quantitative
- Instrument: élaboration et validation d'un questionnaire
- Analyse factorielle exploratoire (A.F.E.) et estimation de fidélité (consistance interne et fidélité temporelle [test / retest])

POPULATION CIBLE FINALE:

Adultes en entreprise ou institution publique (secteur tertiaire), à former à l'utilisation de robots sociaux (humanoïdes) au travail et à accompagner dans l'évolution de leurs compétences et pratiques dans ce contexte.

RETOMBÉES ANTICIPÉES:

- Avancement des connaissances scientifiques et instrumentation des études de processus d'adoption (ou de rejet) de robots humanoïdes en contexte professionnel;
- Axes de réflexion pédagogiques et méthodologiques concernant la formation continue et le développement des compétences de ces professionnels dont l'activité est transformée par la robotique, en donnant à ces utilisateurs la possibilité d'infléchir le dispositif robotique.

Figure 36 (Fiche d'identité de notre thèse - juin 2021)

1. Retours sur l'élaboration et la validation de contenu du questionnaire Q.A.R.S.© (objectif A - méthodologique)

Notre premier objectif spécifique était méthodologique, à savoir élaborer un questionnaire en français de mesure des attitudes des travailleurs vis-à-vis d'un robot social (facteurs d'acceptation, de rejet ou de neutralité). Comme nos prédécesseurs en robotique dans le domaine pédagogique (par exemple Park et Kwon, 2016) ou en robotique de service (De Graaf et Ben Allouch, 2013), nous nous sommes appuyés sur les travaux de Davis (1989) pour les *items* du *T.A.M.* et de l'intention d'usage, pour construire notre Questionnaire d'Acceptance des Robots Sociaux (Q.A.R.S.©) au travail. Nous avons complété notre base de questions par les propositions de Bartneck *et al.* (2009) pour les échelles issues du *Godspeed Questionnaire* et enfin de Nomura, Suzuki, Kanda *et al.* (2006) pour ce qui est de l'anxiété robotique.

Après l'étude de validation présentée dans le chapitre IV, nous aimerions revenir ici sur les apports et limites de notre recherche en réponse à cet objectif A.

1.1 Apports du comité d'experts

Comme recommandé par Caron (1999), notre comité de 12 personnes était composé à la fois de notre équipe de direction de thèse (nos deux directeurs, respectivement français et canadien), de deux autres enseignants-chercheurs de leurs réseaux respectifs avec qui ils nous avaient mise en relation, de nos propres collègues experts en psychométrie et d'autres confrères issus du milieu de l'accompagnement technologique.

Chacun de leurs apports, avec leurs regards de spécialistes, nous ont été précieux quant à l'adaptation des *items* au contexte d'adoption d'un robot social au travail. Ils ont également suggéré des reformulations ou de nouvelles questions.

Toutefois, nous tenons à souligner la difficulté à arbitrer ces différentes recommandations pour élaborer la version préliminaire du questionnaire sans toucher à la structure factorielle des différents blocs thématiques retenus. De plus, ces retours n'ont pas pu être faits sous la forme d'un comité consultatif collectif, et encore moins présentiel au vu des conditions sanitaires du moment. De fait, nous avons reçu en majorité ces rétroactions sous

forme individuelle écrite. Quelques temps d'échanges synchrones (avec notre équipe de direction, puis avec deux membres du comité) nous ont permis de discuter et d'éprouver en direct leurs propositions.

Afin de trancher, nous avons adopté une approche pragmatique de priorisation sémantique, en fonction de notre propre adaptation des différents blocs du questionnaire à la situation d'un usage potentiel d'un robot social au travail, et sur la base de notre exploration préalable de la documentation scientifique. Ces choix ont été ensuite revalidés avec notre équipe de direction de thèse pour stabiliser la version de validation du questionnaire.

Cette difficulté nous semble peu abordée dans les manuels méthodologiques. Il pourrait être intéressant que des guides d'aides à la décision soit formulés pour les chercheurs se lançant dans le même type d'exercices.

1.2 Questions de traductions et d'adaptation culturelle des *items*

Caron (1999) explique dans un rapport que « la correspondance entre les mots (équivalence sémantique) est difficilement réalisable d'une culture à l'autre compte tenu du vocabulaire et de la grammaire propre à chaque langue » (p. 1). Nous avons rencontré des défis similaires dans notre exercice de traduction et d'adaptation d'*items*.

Nous avons par exemple relevé des incohérences entre la version anglophone du *Godspeed Questionnaire* de Bartneck *et al.* (2009) et la traduction en français proposée sur son site Internet dédié[145] à la révision et à la traduction de ses *items*. Nous sommes donc partie de la version francophone proposée sur son site, mais en modifiant les adjectifs ne nous semblant pas usités couramment en français de France, ou encore ceux dont la traduction ne nous semblait pas pertinente en termes d'opposés sémantiques. En effet, « certaines expressions traduites littéralement n'ont pas de sens dans une autre culture et des expressions propres à la culture ciblée et conservant le sens des items doivent être trouvées (équivalence des expressions) » (Caron, 1999, p. 1). Indiquons par exemple ‘‘malaimable’’ (pour ‘‘*unkind*’’): trop littéral et peu

[145] Site ouvert à la communauté scientifique internationale: https://www.bartneck.de/2008/03/11/the-godspeed-questionnaire-series/;
http://www.bartneck.de/2014/09/11/godspeed-quenstionnaire-series-now-available-in-french/
(toujours accessible en mars 2021).

usité en français, que nous avons préféré traduire par ‘‘détestable’’.

« […] le même exercice doit être appliqué pour certains concepts, qui traduits littéralement, ne permettent pas la même représentation d'une culture à l'autre (équivalence conceptuelle) » (*Ibid,* p. 2): par exemple, ‘‘horrible’’ (pour ‘‘*awful*’’) que nous avons traduit par ‘‘méchant’’ en opposition à ‘‘gentil’’ (relevé par le groupe-test). Nous avons aussi remplacé ‘‘uncompétent’’ et ‘‘inintelligent’’ incorrects en français, respectivement par ‘‘incompétent’’ et ‘‘idiot’’. Nous ferons par conséquent un retour au Professeur Bartneck sur la traduction plus appropriée en français, selon nous, de certains adjectifs.

Nous avons dû enfin harmoniser les temps des conjugaisons de l’ensemble des blocs du questionnaire, en les passant principalement au conditionnel quand certains étaient au futur. Ce point serait à revoir dans le cadre d’une étude longitudinale pour la passation après interaction effective avec le robot social.

De plus, « certaines situations qui sont évoquées dans la culture de l'instrument d'origine peuvent ne pas correspondre à la réalité dans une autre culture, ces items devront être remplacés par d'autres situations appropriées à cette culture tout en préservant l'objectif et le sens visé par ces items (équivalence expérientielle) » (*Ibid.*). Par exemple, dans la sous-échelle de plaisir perçu, l’item ‘‘*I like doing things with the robot*’’ traduit littéralement par ‘‘J'aime faire des choses avec le robot’’ aurait pu avoir une connotation explicite déplacée en français. Nous avons préféré proposer la formulation ‘‘J'aime faire des activités avec le robot’’ qui nous a semblé équivalente à l’idée de départ d’Heerink *et al.* (2010) et qui a été validée (contenu) par le comité d’experts[146].

Au-delà des arbitrages conceptuels inter-experts évoqués à la section 1.1, mentionnons ici que certains des *items* étaient bimodaux dès la version d’origine, comme dans la *N.A.R.S.* de Nomura *et al.*, pris dans la version anglophone déjà traduite par leurs soins à partir du japonais (avec potentielle déperdition sémantique dans le processus). Ceci a pu impacter dès le départ la qualité de contribution et la complexité de certaines questions, ce que nous discuterons dans la section sur les *items* supprimés dans la version finale de notre Q.A.R.S.© après A.F.E. Les instruments de base n’étant pas stabilisés, nous n’avons pas pu appliquer d’analyse factorielle

[146] Certains membres nous ont même proposé la phrase « J’aime interagir avec le robot social », mais nous avons préféré rester proche du texte d’origine dans cette première version de validation.

confirmatoire.

Précisons enfin que contrairement aux recommandations de Vallerand (1989), nous ne pourrons pas aller ici jusqu'à la normalisation du questionnaire. Notre configuration exploratoire laisse encore des facteurs à compléter pour être plus stables comme nous allons le voir dans la section 2.

1.3 Retours du groupe-test

En plus d'avoir testé la version préliminaire du Q.A.R.S.©, les 21 participants à notre groupe-pilote (nombre qui dépasse le conseil de Caron, 1999) nous ont également exprimé des suggestions très pertinentes sur la structure du questionnaire en ligne, de même que sur les formulations des questions. Ils nous ont indiqué une durée moyenne de passation de 15-20 minutes (alors que nous avions indiqué 30 minutes dans le formulaire d'information et de consentement de la version préliminaire).

Si nous avons adapté la mise en forme et l'ergonomie à la suite de leurs remarques, nous n'avons pas pour autant modifié en profondeur la structure interne des *items* à ce stade. Nous reprendrons certains de leurs retours en écho à l'interprétation de l'analyse factorielle présentée en section 2 de ce chapitre.

1.4 Autres considérations quant à l'élaboration et la péremption du questionnaire Q.A.R.S.©

Initialement prévu pour être diffusé auprès de notre population cible (c'est-à-dire, avant, pendant et après le déploiement d'un robot social) et le robot pressenti étant le *PEPPER* de *Softbank Robotics*, c'est son image que nous avons retenue comme illustration principale du questionnaire. Ce choix a néanmoins été remis en question par quelques-uns de nos experts, comme par certains participants de notre groupe-test et de notre population de validation. Ceux-ci ont indiqué[147] qu'il s'agit déjà d'un robot remis en cause quant à son accessibilité (coût d'achat initial et coût des mises à jour logicielles) et à son utilisabilité, impression renforcée par

[147] Dans les espaces de *verbatim* écrits disponibles à cet effet.

quelques cas d'usages déceptifs[148].

Ce contexte peut avoir influencé les réponses des participants ayant déjà côtoyé le robot *PEPPER*. C'est pourquoi, dans une prochaine version du Q.A.R.S.©, nous recommanderions de varier et d'actualiser les illustrations de robots sociaux, en particulier ceux disponibles pour des usages professionnels dans le secteur des services. Par exemple, le robot *CRUZR* de *UBTECH Robotics*, plus mobile et autonome que *PEPPER*, est un support intéressant à considérer pour de prochaines études terrain. L'évolution des caractéristiques physiques et attributs des robots sera ainsi à prendre en compte pour l'actualisation des questions en lien avec les perceptions de l'utilisateur.

Un dernier angle, au vu des questions préalables posées dans la section 1 du Q.A.R.S.©, serait d'étudier les impacts éventuels de la science-fiction (tant écrite que cinématographique) sur les attitudes des utilisateurs observés. Nous pourrions ainsi revenir sur le thème, esquissé dans notre contextualisation, du dilemme entre robot bienveillant et utile à l'homme versus robot hostile et dangereux. Ces représentations sociales influencées par les médias semblent fortement impacter la crainte de l'être humain d'être un jour surpassé par les machines (en compétence technique, en intelligence…), notamment dans ses activités professionnelles (ce que nous questionnons en partie dans le bloc 4 du Q.A.R.S.© sur l'anxiété robotique). La diffusion des recherches et des applications de l'I.A. influence et renforce la croyance en l'avènement d'une étape nommée ‘‘Singularité’’, qui correspondrait au moment où les robots surpasseraient les humains en termes de capacités.

Dans ce sens, nous pourrions parler également de l'influence potentielle des jeux vidéo intégrant des robots sociaux[149]avec lesquels il y a une interaction. Auquel cas, il nous faudrait ajouter quelques questions sur la connaissance et la pratique de ce type de jeux à la section sociodémographique 1.2 « Les robots dans votre environnement ».

[148] Cf. témoignages présentés en chapitre I.
[149] Par exemple le très réaliste *Detroit: Becoming Human* de *Quantic Dream*, avec un scénario évolutif (arbre de décisions) où le joueur doit décider, par choix successifs, si la cohabitation entre l'Homme et le robot humanoïde est possible, ou si l'un des deux ‘‘camps’’ doit vaincre l'autre.

2. Discussion sur la validation factorielle du Q.A.R.S.© (objectif B)

Selon Louise Poissant (2020)[150], Directrice scientifique du Fonds de Recherche du Québec Société et Culture (F.R.Q.S.C.), un des impacts de la pandémie Covid-19 sur l'éducation a été une interrogation sur le cursus même de formation des enseignants, qui va perdurer alors que nous ne pourrons plus faire abstraction du numérique. La même situation se présente pour les travailleurs et leurs formateurs avec la généralisation du télétravail. C'est pourquoi, il est essentiel selon elle que les chercheurs se concentrent sur la qualité de la mesure (et une éthique de la recherche même en situation d'urgence) de ce type d'outils numériques. Ceci s'applique tout à fait à notre objet de recherche qui vise à l'accompagnement de l'usage de robots au travail dans de bonnes conditions de formation et de développement des compétences.

Ainsi, afin d'étudier le processus d'adoption d'un robot social au travail, notre objectif B a consisté à valider de façon exploratoire la structure du Questionnaire de mesure de l'Acceptance des Robots Sociaux (soixante *items* dans sa version finale). Les sous-sections suivantes reviennent en détail sur l'interprétation des résultats des analyses factorielles exploratoires, en soulignant en particulier les *items* supprimés et les *items* ajoutés par rapport aux versions d'origine, pour composer la version finale[151] du Q.A.R.S.© à l'issue de cette recherche.

Après ces suppressions et ajustements[152], la durée moyenne de passation devrait descendre à moins de 15 minutes ce qui facilitera son acceptabilité par les répondants, en particulier en vue d'une application longitudinale.

En complément de ces éléments détaillés propres à l'analyse factorielle exploratoire, deux autres points d'attention nous semblent à retenir en amont de la discussion sur la validation factorielle du Q.A.R.S.©.

---

[150] Poissant, L. (2020, 29 octobre). Réseautage virtuel des FRQ: Discutons de recherche avec le scientifique en chef et l'équipe des FRQ! Journées de la Relève en Recherche (J2R) 2020. (Note personnelle prise pendant son témoignage oral - atelier en ligne). Montréal, Canada: ACFAS. https://www.acfas.ca/evenements/journees-de-la-releve-en-recherche/programme

[151] Disponible intégralement en annexe L.

[152] Passé de 79 à 60 *items* entre la version préliminaire et la version finale post-validation.

En ce qui concerne l'échantillonnage de notre population de validation, nous avons travaillé avec un échantillon de convenance, avec des volontaires issus de la population cible (n_1 = 206), qui correspond à presque la moitié de la population-mère. Cette taille reste toutefois réduite à l'échelle de la population cible totale (travailleurs francophones du secteur tertiaire), et spécifique à une seule entreprise avec sa propre culture et ses pratiques.

Le biais principal qui en découle est celui lié à la validité externe ce qui est fréquent en sciences de l'éducation (Ajar *et al.*, 1983). En effet, sans nouvelle étude de validation préalable avec un échantillonnage adapté, le questionnaire ne sera pas applicable à d'autres populations que la population de validation.

Pour ce qui est de la méthode d'analyse factorielle exploratoire (A.F.E.), nous avons retenus des seuils plus sévères (0.5 au lieu des 0.4) que ceux recommandés par Ferguson et Cox (1993). En effet, nous avions repris des *items* déjà validés en anglais comme ceux du *T.A.M.* et de l'intention d'usage, par conséquent nous en attendions une certaine validité structurelle. Ceci nous a fait supprimer un certain nombre de variables, en particulier dans le bloc 4 relatif à l'anxiété robotique, déséquilibrant certaines sous-échelles réduites à 3 *items* dans la version finale présentée en fin de chapitre IV.

Notons que tous les *items* complexes supprimés (avec moins de 0.2 d'écart entre les coefficients de saturation sur les facteurs) au cours de l'A.F.E. ont tout de même été regardés sémantiquement en tant que contributeurs à l'intitulé des facteurs retenus. Nous allons revoir et discuter certains de ces choix dans les prochaines sous-sections.

2.1 Acceptation robotique

Dans ce bloc thématique (sections 2.1 et 2.2 du questionnaire), nous avons identifié 3 facteurs au lieu des 4 attendus au vu des sources empiriques et des échelles choisies. Nous les discutons plus en détail dans ces 3 sous-sections.

2.1.1 Positionnement global quant au *T.A.M.* appliqué à la robotique sociale au travail (PU et PEOU)

Tous les *items* du *T.A.M.* originel de Davis (1989), adaptés au vocabulaire du robot social, et traduits en français, ont été conservés à l'issue de l'A.F.E., ce qui confirme la solidité structurelle des deux construits de référence que sont l'utilité (PU, 6 *items*) et l'utilisabilité perçue (PEOU, 6 *items*). Nous pouvons par conséquent parler d'acceptation technologique appliquée au robot social que nous nommons l'acceptation robotique.

2.1.2 Plaisir perçu et confiance en la machine (JOYTRUST)

Outre le *T.A.M.*, le bloc 1 avait été complété dans cette étude par des questions proposées dans le *ALMERE Model* de Heerink *et al.* (2010) liées au plaisir perçu en situation d'interaction avec un robot social d'une part et interrogeant le degré de confiance en la machine d'autre part. Mais l'A.F.E. ne nous a permis d'extraire qu'un seul facteur supplémentaire, nous amenant à regrouper tous ces *items* sous le libellé fusionné de JOYTRUST dans la version finale du Q.A.R.S.©.

Au vu de ses qualités de représentation faibles, ainsi que de son coefficient de saturation trop faible après rotation *Varimax*, nous avons dû supprimer l'*item* 20 ‘‘Je ferais plus confiance au robot social qu'à mes collègues pour des conseils professionnels’’, pourtant proposé par le comité d'experts en complément du construit TRUST.

Le comité d'experts avait mentionné une réserve préalable sur la question 18 ‘‘Je vais demander conseil au robot social dans le cadre de mon activité professionnelle’’, potentiellement redondante avec la 16 ‘‘Je suivrais les conseils que le robot social me donne’’. L'A.F.E. ne nous a pas permis de trancher sur cette interrogation.

Dans la mesure où les deux sous-échelles JOY et TRUST sont fusionnées, nous dépassons avec les 10 questions restantes la recommandation de *ratio minimum* de 4 *items* par facteur rappelée par De Vellis (2003) et Bourque, Poulin et Cleaver (2006). Nous pouvons valider sous cette forme la sous-échelle JOYTRUST de plaisir perçu et de confiance envers le robot social. Nous obtenons par conséquent un premier bloc de mesure de l'acceptance robotique en 3 facteurs (PU, PEOU et JOYTRUST) et 22 *items*.

2.2 Appréciation robotique (LIKE et INTELL)

Pour mémoire, les *items* du bloc 2 sont des paires d'adjectifs permettant au répondant de qualifier son impression vis-à-vis d'un robot social sur une échelle graduée de 1 à 7, dont nous avons adapté et révisé la traduction en français. Tout ce bloc thématique aborde l'attribution par l'utilisateur de qualités ou de défauts au robot social.

L'extraction factorielle a finalement reproduit le rattachement des questions aux deux construits initiaux retenus de Bartneck *et al.* (2009). C'est pourquoi, à l'issue de l'A.F.E., l'intégralité des adjectifs (5 *items* par sous-échelle), dans leur version réadaptée en français par nos soins, a été retenue. Nous pourrons ainsi faire une rétroaction à C. Bartneck sur notre version française.

Comme indiqué dans le chapitre III, nous avions retenu uniquement les construits d'agréabilité (LIKE) et d'intelligence perçue (INTELL) du robot du *Godspeed Questionnaire*. Nous n'avions pas retenu le bloc lié à l'anthropomorphisme car l'aspect physique du robot est traité dans le choix des robots illustrant le questionnaire. Celui lié à l'animation ou expression de vie serait peut-être à reconsidérer pour des études ultérieures afin d'enrichir la perception d'agréabilité *a priori* du robot. Ce complément serait d'autant plus pertinent dans le cadre de l'étude d'une interaction terrain à visée professionnelle[153].

Notons également que cette modalité de réponse différente des autres sous-échelles à réponse de type Likert (avec un libellé pour chaque niveau) permet aussi de rompre la monotonie pour le répondant, ce que nous souhaitons conserver dans la version finale de notre instrument.

À ce stade, nous nous interrogeons sur l'idée d'avancer ce bloc en premier dans le Q.A.R.S.© afin d'adresser les premières impressions du répondant. Ces questions abordant les facteurs physiques du robot décrits au chapitre II nous semblent faire directement référence à la phase d'acceptabilité qui amorce l'interaction homme / robot. Nous proposons ce réagencement dans la version finale, disponible pour études applicatives, en Annexe L.

[153] Ces thèmes nous semblaient plus associés à des usages domestiques d'un robot social.

Les répondants pourront ainsi poursuivre leur passation sur les échelles à modalités de réponse de type Likert. Cette organisation permettra de mesurer les attitudes positives puis négatives liées à la phase d'acceptation robotique qui pourraient influencer l'intention d'usage de l'utilisateur et son évolution dans le temps. Revenons en détail sur le bloc lié aux attitudes négatives.

2.3 Anxiété robotique (ANXR)

C'est dans ce bloc thématique que la sélection finale des questions a été la plus sévère après analyse factorielle et analyse de la consistance interne[154]. C'est aussi le bloc où nous avions proposé le plus de nouveaux *items*, avec l'appui d'une partie de notre comité d'experts.

En effet, il était crucial pour nous de proposer une mesure équilibrée entre facteurs positifs et négatifs. La *N.A.R.S.* de Nomura *et al.* (2006) était la seule échelle disponible et pertinente sur le sujet de l'anxiété robotique, d'où notre souhait de l'enrichir, avec l'aval de ses concepteurs et de ses traducteurs français précédents. Nous retrouvons d'ailleurs des travaux antérieurs de coopération internationale et transculturelle entre la Nouvelle-Zélande et le Japon par Bartneck, Nomura, Kanda, Suzuki et Kennsuke (2005), dont les travaux respectifs nous ont inspirée à notre tour pour notre recherche.

Les itérations successives d'A.F.E. sur ce bloc, associées à différentes formes d'ANXIETE ROBOTIQUE (ANXR), ont révélé une structuration en 4 facteurs. Ceux-ci auraient pu dériver des 3 construits théoriques d'origine de Nomura *et al.* (2006), repris en français par Lombard et Dinet (2015): l'anxiété (ou attitudes négatives) concernant l'interaction avec un robot, l'anxiété vis-à-vis de l'influence sociale d'un robot et les émotions positives ressenties face à un robot. En réalité, l'A.F.E. a révélé des regroupements factoriels légèrement différents, complétés par le bloc d'anxiété technologique ajouté par nos soins. Revenons en détail, par sous-échelle, sur ces *items* ajoutés et ceux supprimés.

La question 24 a été éliminée pour qualité de représentation insuffisante. Les questions, par ordre décroissant de coefficient de saturation sur les facteurs du bloc, Q23, 2, 4, 19, 8, 25, 11 et 13 ont été supprimées pour score insuffisant (< 0.5) sur une répartition en 5 facteurs, puis

[154] 16 questions supprimées sur les 34 de la version de validation, soit presque la moitié.

la Q34 complexe (avec un écart de contribution inférieur à 0.2). Nous avons également exclu les questions 1, 33 et 10 après une A.F.E. sur 4 facteurs (score < 0.5), puis les 9 et 12 complexes et bimodales, et enfin la question 32 après l'Alpha de Cronbach.

Par ailleurs, il convient de revenir également sur les *items* complexes (23 et 4) non supprimés (écarts de contribution > 0.2) mais à discuter, ce que nous allons faire par sous-échelle thématique.

2.3.1 Anxiété technologique (TECH[ANX])

La question 33 ‘‘Je ne suis pas sûr(e) d'être assez compétent(e) pour utiliser un robot social’’ n'a pas démontré un coefficient de saturation suffisant pour être conservée. La question 34 ‘‘Je ne saurais pas comment m'adresser au robot social’’, proposée par notre comité d'experts, a été supprimée dans la version finale: score supérieur à 0.5 après rotation, mais complexe avec moins de 0.2 d'écart entre sa contribution au facteur 1 et au facteur 2.

Le comité d'experts avait au préalable souligné que la question 26 ‘‘Si je devais utiliser un robot social, j'aurais peur de commettre des erreurs techniques avec lui », conservée après A.F.E., pourrait être simplifiée en ‘‘J'aurais peur de mal m'en servir’’. Ils avaient également suggéré d'ajouter une question sur le fait de ne pas l'utiliser à son plein potentiel. De même la question 30 ‘‘Si je devais utiliser le robot social, je m'inquiéterais de devoir le recharger’’ pourrait être affinée ainsi: ‘‘Si je devais utiliser un robot social, cela me préoccuperait de penser à le recharger’’. Ces nouvelles propositions de questions pourraient être ajoutées dans des instruments subséquents et être soumises à la validation.

Enfin, l'analyse de la consistance interne nous a fait enlever la question 32 ‘‘Un robot social étant un objet connecté à Internet, je serais inquiet(e) quant à la sécurité des données qu'il enregistre’’, qui aurait plus sa place sur le plan sémantique dans la sous-échelle CYBER.

2.3.2 Interaction homme / robot et impact social (SOCIAL[ANX])

Dans cette partie, les questions 2 et 4 ont été supprimées. Elles avaient déjà été remises en question par le comité d'experts, mais nous voulions les tester dans la version de validation, puisqu'issues de la version originale de Nomura *et al.* (2006).

Plus précisément, cette question 2 ‘‘Le mot ‘robot’ ne signifie rien pour moi’’ avait de toutes façons été jugée trop vague par les experts[155] et nous l’avions ensuite repérée comme faiblement représentative dans les statistiques descriptives. L’A.F.E. nous a permis de valider sa suppression. De même, la question 4 ‘‘Je détesterais l'idée que des robots émettent des jugements sur des choses’’ avait déjà été critiquée par le comité d’experts[156] dès la version préliminaire.

Ces questions éliminées ont été rejointes dans un premier temps par les questions:

- 8 ‘‘Je me sentirais mal à l'aise si les robots sociaux avaient réellement des émotions’’;
- 11 ‘‘Je suis préoccupé(e) par le fait que les robots sociaux pourraient avoir une mauvaise influence sur les enfants’’;
- 13 ‘‘ J'ai le sentiment que dans le futur, les robots seront monnaie courante dans notre société’’.

Puis une fois l’analyse factorielle fixée sur 4 facteurs au lieu de 5, nous avons également enlevé les questions:

- 1 ‘‘Je me sentirais mal à l'aise si on me donnait un travail dans lequel je devrais utiliser des robots sociaux’’;
- 9 ‘‘Quelque chose de mal pourrait se produire si les robots sociaux se développaient comme des êtres vivants’’ (à supprimer pour le comité d’experts même avant validation à cause de sa formulation ambigüe);
- 10 ‘‘J'ai le sentiment que si je dépends trop des robots, quelque chose de mal pourrait arriver’’;
- 12 ‘‘J'ai l'impression que dans le futur notre société sera dominée par les robots’’.

La question 5 ‘‘Je me sentirais très nerveux(se) rien que de me tenir face à un robot social’’, bien que conservée, pourrait être améliorée en ‘‘Me tenir face à un robot me rend nerveux(se)’’. Il faudrait alors inclure cette reformulation dans de prochaines études de validation, d’abord exploratoires, puis confirmatoires.

[155] *Verbatim* recueilli à l’oral et retranscrit: « On ne comprend pas la question. S’agit-il de représentation? de visualisation? d’interaction? ».
[156] *Verbatim* experts: « à supprimer: le jugement - ou aide à la décision - est réservé à l’I.A. »

2.3.3 Anxiété cybersécuritaire (CYBER[ANX])

Pour rappel, ce facteur est apparu lors de l'A.F.E. par association d'une partie des *items* (Q15 ‘‘J'aurais peur que le robot social enregistre des informations me concernant.’’, Q16 ‘‘J'aurais peur que le robot social diffuse des informations me concernant’’ et Q18 ‘‘J'aurais peur d'être surveillé par le robot social’’), initialement associés à la sous-échelle SOCIAL de Nomura *et al.* (2006) avec notre *item* supplémentaire ANXT7 (Q32 ‘‘Un robot social étant un objet connecté à Internet, je serais inquiet(e) quant à la sécurité des données qu'il enregistre’’). Ce dernier a été éliminé après analyse de la consistance interne.

Nous avons donné par conséquent donné l'intitulé d'ANXIÉTÉ CYBERSÉCURITAIRE (CYBER[ANX] à cette sous-échelle puisqu'elle porte clairement l'idée d'anxiété quant à la cybersécurité: à savoir un risque d'espionnage et de diffusion de nos données personnelles de la part de la machine.

Notons néanmoins que la question 18 reste à discuter. Dans une application stricte de l'analyse de la consistance interne telle que nous l'avons pratiquée systématiquement dans cette étude, sa suppression pourrait encore faire monter l'α à 0.903. Toutefois nous ne voulions pas descendre en-dessous de 3 *items*, au risque d'hypothéquer ce facteur. Et sa formulation reste pertinente sur le plan conceptuel.

Ce construit de d'ANXIÉTÉ CYBERSÉCURITAIRE nous semble très intéressant au vu des caractéristiques spécifiques d'un robot social. Historiquement, ce qui différencie les robots avant Internet et après Internet est fondamental du point de vue de la connexion et de la possibilité de récupérer des données. Les craintes d'avant n'ont pas disparu (telle celle d'un robot qui deviendrait fou ou trop autonome), mais une nouvelle crainte apparait avec la connexion en réseau à l'échelle mondiale. En tant qu'objet connecté, ce n'est plus le robot qui fait peur, mais l'utilisation par des humains de données collectées par un robot sur d'autres humains; le robot ne faisant que médier la relation d'humain à humain. Ceci ramène bien la place et la responsabilité de l'humain face à la machine, tant dans les leviers de développement que dans les freins, ainsi qu'en ce qui concerne les préoccupations éthiques associées au développement de l'I.A. et de l'exploitation des données collectées. Par conséquent, cette échelle qui nous paraît pertinente conceptuellement sera à bonifier en nombre d'*items* et en qualité de représentation.

2.3.4 Émotions positives vis-à-vis d'un robot social (EMO+)

Plusieurs des questions ont été supprimées dans cette sous-échelle, y compris celles de la version d'origine de Nomura *et al.* (2006). Après élimination des questions:

- 19 ‘‘Je me sentirais détendu(e) en parlant avec des robots sociaux[157]’’;
- 23 ‘‘Je me sens à l'aise en étant avec des robots sociaux’’;
- 24 ‘‘Je me sens à l'aise en présence de robots industriels’’;
- 25 ‘‘Je me sens à l'aise en présence de robots ayant la forme d'animaux’’;

il ne reste plus que trois *items* dans cette sous-échelle: Q20, 21 et 22.

La variable complexe 23 ‘‘Je me sens à l'aise en étant avec des robots sociaux’’ a été conservée (écart > à 0.2), mais l'ordre des questions restantes devrait être changé dans la prochaine version, en commençant par la Q23, Q22, Q21 puis la Q20 en dernier pour une graduation plus logique quant aux interactions homme / robot.

Au vu du nombre d'*items* supprimés et par conséquent de son faible score de fidélité (consistance interne), nous nous interrogeons sur la pertinence de conserver la sous-échelle EMO+. En effet, si elle a sa place dans la *N.A.R.S.* pour contrebalancer la mesure d'attitudes négatives, les facteurs positifs sont déjà traités dans les blocs du Q.A.R.S.© traitant de l'appréciation robotique en tant que telle. Cette proposition de suppression au profit d'une association complémentaire de leurs sous-échelles respectives au sein d'un même instrument nous semble avoir d'autant plus de sens que, comme mentionné en introduction de cette section 2.3, Bartneck, Nomura *et al.* (2005) ont déjà mis en commun leurs travaux précédemment.

Si à l'inverse, le choix est fait de conserver cette sous-échelle EMO+, il faudra la compléter par de nouveaux *items*.

2.3.5 Conclusion sur l'anxiété robotique

Pour clôturer cette sous-section, nous souhaitons évoquer que lors d'une itération de l'A.F.E., nous avions identifié un regroupement factoriel, finalement non retenu après vérification. Il semblait rassembler les *items* de plusieurs sources dont certains de nos ajouts et des propositions du comité d'experts, mettant en lumière un sentiment de peur de domination

[157] Que certains membres du comité d'experts proposaient de reformuler en ‘‘je suis capable de me sentir détendu en parlant avec des robots sociaux ».

ou de remplacement (notamment au travail) par le robot. C'est pourquoi, nous envisagions de l'intituler PEUR DYSTOPIQUE (inspirée par ''l'effet *Terminator*''), recodé en FEAR. Lors de la dernière vérification de structure, ces *items* se sont finalement retrouvés dispersés dans les sous-échelles que nous venons de présenter ou alors supprimés.

Il serait intéressant de nous repencher sur cet angle dans un éventuel développement du Q.A.R.S.©, *e*n écho aux travaux de Moradi *et al.* (2018) sur le *media effect*. Nous pourrions revenir aussi aux écrits de Devillers (2017) sur les « sept peurs […] souvent invoquées quand on parle des robots » (p. 211) et qui pourraient être une bonne source complémentaire de questionnement. Elle liste:

- 1 - Le piratage et la perte de contrôle, qui sont abordés dans notre facteur CYBER(ANX), de même que
- 2 - La surveillance en continu et le recueil de nos données « qui nous enlèveraient notre liberté et notre identité » (*Ibid.*);
- 3 - L'intelligence artificielle embarquée « qui prendrait le pouvoir sur l'homme » (*Ibid.*);
- 4 - La déshumanisation « et le fait que les robots nous rendraient incapables d'avoir une relation socialement équilibrée » avec les autres humains (ce contre quoi nous met en garde Turkle [2011] par exemple), à mettre en lien avec notre facteur SOCIAL(ANX);
- 5 - « L'utilisation des robots autonomes comme armes létales » (Devillers, 2017, p. 211)
- 6 - La fracture technologique, « clivage » (*Ibid.*), entre ceux qui auront accès à la technologie robotique et ceux qui n'y auront pas accès;
- 7 - Le « remplacement des hommes par des robots dans de nombreux métiers » (*Ibid.*, p. 212), à inclure dans SOCIAL(ANX) également.

« Ces points évoqués autour de la peur nécessitent une réflexion et une construction éthique et sécurisée des machines » selon Devillers (*Ibid.*), qu'elle souhaiterait labelliser ''*ethics by design*''. Dans le cadre d'étude d'implantation de robots sociaux dans une structure de services, ce sont avant tout les points 1, 4 et 7 qui nous semblent potentiellement plus à l'œuvre comme freins face aux robots sociaux dans l'entreprise, tant du point de vue individuel qu'organisationnel.

En termes de conditions de passation, nous suggérons que ce bloc ne figure pas en dernier afin de ne pas terminer sur une connotation négative qui pourrait impacter les réponses ultérieures au Q.A.R.S.© dans le cadre d'études longitudinales. Il serait d'ailleurs logique de boucler préférentiellement avec le bloc lié à l'intention d'usage comme nous allons le démontrer.

2.4 Intention d'Usage (IU) d'un robot social

Nous terminons par conséquent notre discussion par le construit d'intention d'usage, initialement positionné en avant-dernière position dans notre Q.A.R.S.© de validation, après l'acceptance robotique et la perception du robot social, et avant l'anxiété robotique. Supposément conçu d'un seul bloc, l'A.F.E. a mis en lumière deux facteurs mais inégaux en nombre d'*items* retenus. Nous avons nommé ces 2 sous-échelles intention d'usage professionnel (IUP, 7 *items*) et intention temporelle d'usage (ITU, 3 *items*).

La question 5 ‘‘Si je pouvais acheter un robot social, j'aimerais en acheter un dès maintenant’’ a également été supprimée après analyse de l'Alpha de Cronbach du facteur IUP. D'ailleurs sa formulation ne contribuait pas conceptuellement à ce construit. Il faudrait ajouter la notion de travail pour cela. De plus cet *item* comporte à la fois une composante d'intention "j'aimerais en acheter un" et une composante temporelle "dès maintenant", ce qui explique sa complexité et justifie sa suppression.

Nous avons associé le facteur 2 issu de l'A.F.E. à l'idée d'INTENTION TEMPORELLE D'USAGE (ITU). Avec du recul et une relecture des *items* supprimés, il serait plutôt lié à du court terme, d'autant plus avec l'élimination de la question 2 ‘‘Je parle souvent aux autres du fait de pouvoir utiliser un robot social dans mon travail’’ (après Alpha de Cronbach). La sous-échelle ITU présente d'ailleurs des problématiques de consistance interne comme nous allons le revoir à la section 3.1. Elle pourrait être plus justement renommé en INTENTION D'USAGE IMMEDIAT (IUI) dans une prochaine étude de validation.

Le rattachement à ce facteur est également envisageable pour les *items* 6 et 3([158]), qui

[158] Dont la formulation ‘‘Je pense que c'est une bonne idée d'utiliser un robot social’’ pourrait gagner à être explicitée sur ce qu'est une bonne idée (Pour quoi? Pour qui? Comment?).

pourraient se retrouver sémantiquement dans le facteur 2 (ITU) alors que leurs coefficients de saturation respectifs les placent dans le facteur 1 (IUP). Devons-nous l'interpréter comme le fait que les répondants les aient aussi associés à un usage professionnel, étant donné leur contexte de réponse et la population cible de l'instrument?

Une autre suggestion d'amélioration du comité d'experts[159] serait de distinguer des cas d'usages, en précisant par exemple: accueil dans un magasin, dans une administration publique, dans une entreprise… L'hypothèse serait qu'un usager peut accepter un robot pour l'accueillir dans un magasin en le trouvant potentiellement amusant; il n'y a pas trop d'enjeux. Cependant, il aurait plus de mal à l'accepter dans un commissariat ou en tant qu'agent de sécurité d'un aéroport (effet ''*Terminator*''), où l'usager pourrait se sentir menacé selon la façon d'interagir du robot avec lui. Cela permettrait au répondant de mieux se projeter[160].

Rappelons que les *items* étaient proposés de façon mélangée dans ce bloc[161]. Nous préconisons de conserver cette organisation, qui évite un biais trop fort d'identification du construit par le répondant (et par ricochet de désirabilité sociale), si tous les *items* d'un même facteur sont proposés à la suite (Hair *et al.*, 2019).

Comme dans l'organisation finale du Q.A.R.S.© (Annexe L), nous présentons sciemment ce bloc d'INTENTION D'USAGE en dernier dans cette discussion. A des fins de modélisation d'un processus complet d'adoption robotique, il faudrait dans une étude ultérieure, et sur une nouvelle population, mesurer et décrire les corrélations entre les différentes sous-échelles où l'intention d'usage serait ciblée comme variable dépendante.

Nous les confronterons aux liens éprouvés entre les concepts d'attitudes et d'intention de comportement dans une optique de conduite de changement (Girandola et Fointiat, 2016). Nous nous intéresserons en particulier à l'influence des facteurs psychologiques d'acceptance (attitudes positives, négatives ou neutres du répondant) sur les intentions d'usage d'un robot social au travail: vers un **Modèle d'Acceptance des Robots Sociaux au Travail (M.A.R.S.@T.)**: en somme un *T.A.M.* augmenté et adapté à l'objet robot social.

---

[159] En août 2019.
[160] La présentation actuelle du questionnaire avec illustrations visuelles de robots en 2D uniquement reste un peu générique et artificielle si le répondant n'a jamais été confronté à un robot sur le terrain.
[161] Voir annexe G.

En conclusion de cette section 2, et en réponse à notre question de recherche, voici les 10 facteurs que nous retenons comme déterminants dans l'étude des attitudes d'un utilisateur de robot social au travail, vers un modèle intégré d'acceptance robotique découlant du Q.A.R.S.©:

- Agréabilité perçue (LIKE);
- Intelligence perçue (INTELL);

PERCEPTION (ACCEPTABILITÉ) DU ROBOT PAR L'UTILISATEUR

- Utilité perçue (PU);
- Utilisabilité perçue (PEOU);
- Plaisir perçu & confiance envers le robot (JOYTRUST);

ACCEPTATION ROBOTIQUE

- Anxiété technologique (TECH[ANX]);
- Anxiété d'interaction et crainte de l'influence sociale du robot (SOCIAL[ANX]);
- Anxiété cybersécuritaire (CYBER[ANX]);
- Émotions positives ressenties vis-à-vis du robot social (EMO+);

ANXIÉTÉ ROBOTIQUE



- Intention d'usage (IU).

Nous faisons l'hypothèse que tous les facteurs ci-dessus influenceraient positivement et négativement le construit d'intention d'usage, du robot social, dixième et dernier facteur décomposé en deux sous-échelles ici:

- ✓ Intention d'usage professionnel (IUP);
- ✓ Intention temporelle d'usage (ITU).

INTENTION D'USAGE

3. Estimation de la fidélité du Q.A.R.S.© (objectif C)

3.1 Consistance interne

Au vu du contexte social et scientifique de notre objet de recherche, nous nous trouvons dans une configuration exploratoire. Nous avons par conséquent opté pour des méthodes classiques de validation de questionnaire afin de revenir aux fondamentaux. Pour ce qui est de l'analyse de la fiabilité du questionnaire, ou mesure de la consistance interne des différents facteurs identifiés, nous avons utilisé l'Alpha de Cronbach sur les échelles construites à l'issue de l'analyse factorielle de chacun des blocs thématiques.

Toutefois, des auteurs ont critiqué cet indice. Dans leur article *L'alpha de Cronbach est l'un des pires estimateurs de la consistance interne: une étude de simulation*, Bourque, Doucet, LeBlanc, Dupuis et Nadeau (2019) argumentent sur le fait que l'Alpha sous-estime la vraie valeur de consistance d'une échelle. Il est fortement pénalisé lorsque le nombre des *items* est faible, ce qui est le cas pour nos sous-échelles INTENTION TEMPORELLE D'USAGE (ITU) dans le bloc INTENTION D'USAGE (IU) et ÉMOTION ROBOTIQUE (EMO+, échelle inversée) dans le bloc ANXIÉTÉ ROBOTIQUE. C'est pourquoi, sur les recommandations de ces auteurs, il serait intéressant d'envisager des études ultérieures avec d'autres estimateurs de fiabilité que l'Alpha de Cronbach.

Afin de bonifier la structure factorielle de notre questionnaire, il serait pertinent d'ajouter des *items* dans ces sous-échelles car après l'A.F.E. nous descendons en deçà des recommandations de De Vellis (2003) de quatre *items* par construit. Nous ferions ensuite une étude de validation sur un nouvel échantillon, plus large si possible. Il faudrait alors pouvoir mener des analyses factorielles confirmatoires sur ces différentes sous-échelles du Q.A.R.S.©, afin d'envisager à terme des généralisations sectorielles (par catégories de métiers de services – secteur tertiaire).

3.2 Fidélité temporelle

Pour répondre à notre objectif C d'estimation de la fidélité temporelle (Test / Retest) des sous-échelles construites, nous n'avons pu obtenir un échantillon de réponses exploitables que de $n_{2'} = 30$. Il s'agit d'une limite liée au volontariat des répondants (échantillon de

convenance[162]). Et le faible nombre de réponses exploitables (30 sur $n_2 = 40$) s'explique aussi par la contrainte d'appariement[163] entre les 2 passations devant respecter l'anonymat des répondants. Certains se sont visiblement perdus avec la consigne de codage de leur identité entre leurs deux passations, ce qui a réduit l'échantillon déjà limité.

Cette petite taille d'échantillon affecte le calcul des intervalles de confiance, en particulier la borne inférieure, comme nous pouvons le voir sur la sous-échelle INTENTION TEMPORELLE D'USAGE (ITU) dans le bloc IU. Sur cette dernière sous-échelle, le faible de score de fidélité temporelle pourrait-il aussi s'expliquer par le fait que le rapport au temps n'est ici abordé que via des attitudes, et non lié à des expériences réelles?

En termes de limites, nous avons également relevé dans les nuages de points un possible biais positif (pro-robots) de notre population de validation temporelle. En effet, seuls les volontaires, possiblement les plus intéressés par l'objet de recherche[164] se sont manifestés. C'est pourquoi ils ont eu la persévérance de réaliser les deux passations. Ils ont donc potentiellement des caractéristiques différentes de l'ensemble de la population. Ce biais s'ajoute à ceux associés à l'échantillonnage de convenance discuté en introduction de la section 2.

La seule exception concerne à nouveau l'échelle ITU, qui montre beaucoup plus de scores vers le 1 (totalement en désaccord) pour le test (t1) comme le retest (t2). Estimer ici une fidélité temporelle sur un *item* temporel à très court terme apparait paradoxale. En effet, cette observation montre bien la difficulté pour le répondant à se projeter, étant donné que le robot social sur lequel nous le questionnons (par image interposée uniquement) n'est pas encore vraiment disponible à l'usage. Il sera intéressant dans des études futures de voir l'évolution dans le temps des réponses à ces *items*, en particulier pour les utilisateurs effectifs de robots sociaux en contexte professionnel. Il pourrait d'ailleurs être nécessaire de compléter cette sous-échelle par des questions mentionnant d'autres temporalités. Dans ce cas, il faudrait ici encore mener des études de validation complémentaire sur de nouveaux échantillons proches de la population cible.

[162] En pleine période de télétravail imposé dans le cadre de la gestion Covid-19 en France.
[163] Éthique de la recherche: afin de respecter l'anonymat des répondants en ne stockant pas de données personnelles entre les 2 passations.
[164] Au vu de leurs *verbatim* en fin de questionnaire.

4. Recommandations complémentaires pour un usage applicatif du Q.A.R.S.©

Pour aller plus loin dans le cadre de futures études terrain, il nous faudrait aussi analyser les corrélations entre les variables, ainsi que l'impact des variables indépendantes (C.S.P.: genre, âge, niveau d'études et de responsabilité) sur les construits mesurés.

Outre l'influence de la science-fiction[165] sur les répondants, certains éléments descriptifs de la population n'ont pas pu être traités puisque le questionnaire n'a été administré qu'aux échantillons de validation. L'impact des technologies déjà utilisées dans l'environnement de travail du répondant (Bobillier Chaumon, 2021) et celui de ses interactions préalables avec un robot seront également à étudier, tel que prévu grâce aux questions des rubriques de la section 1.2 du Q.A.R.S©.

5. Discussion générale

5.1 Apports et limites de la thèse

En guise d'exercice réflexif, rappelons-nous que « le concepteur d'un projet de recherche doit garder à l'esprit que ses choix initiaux pourront être remis en question par des décisions à prendre à des étapes ultérieures de sa recherche » (Bouchard, 2011, p. 64). D'après Gauthier (2009), cette posture d'humilité et « d'ouverture d'esprit » (p. 1) est cruciale pour lui permettre d'avancer de façon agile et itérative jusqu'à l'aboutissement de son entreprise de recherche scientifique. Et c'est bien ce que nous avons vécu tout au long de ce parcours doctoral, en réajustant nos objectifs et notre méthodologie de recherche en fonction de l'évolution de l'accessibilité du terrain. Notre préoccupation première a été de mener à bien une thèse à visée pratique, tout en assurant sa pertinence sociale et scientifique.

Notre recherche se situe en sciences humaines et sociales (éducation - andragogie et psychologie du travail - développement des ressources humaines) où les connaissances sont vivantes et les contextes particulièrement évolutifs. Il nous a ainsi été nécessaire de vérifier régulièrement la cohérence et l'articulation de notre méthodologie, un peu comme un réalisateur

[165] Évoquée en section 1 de ce chapitre V.

avec le montage final du film une fois les différentes séquences tournées (et souvent avec un titre provisoire, qui ne sera retravaillé qu'après le *final cut*).

En synthèse, nous considérons que cette thèse présente deux apports scientifiques principaux.

- En théorie (cadre conceptuel): dans une optique de modélisation, nous contribuons à poser le construit d'acceptance robotique (au travail) et à mieux identifier les facteurs qui permettent de le mesurer pour le comprendre:

  ➔ Le modèle **M.A.R.S.@T**. (Modèle d'Acceptance des Robots Sociaux au Travail);

- En pratique (méthodologie): dans une visée formative, nous proposons un instrument d'étude complet des attitudes d'acceptance robotique, sorte de ''*robot readiness indicator*'' dans l'esprit de l'évaluation du ''*readiness for change*'' (Arnéguy, Ohana et Stinglhamber, 2018):

  ➔ Le questionnaire **Q.A.R.S.**© (Question d'Acceptance des Robots Sociaux), dont la validation sera à compléter par analyse factorielle confirmatoire.

Turja, Taipale, Kaakinen et Oksanen (2020) parlent de « *readiness for robotization* » (p. 79), en tant que préparation du personnel soignant à la robotisation dans leurs activités professionnelles. Nous aimerions proposer plutôt l'idée de préparation à la cobotique ou ''*readiness for robot collaboration*'' pour rappeler l'importance d'une interaction homme / robot équilibrée et non subie.

Il s'agirait de mobiliser les acteurs concernés par le déploiement des nouvelles pratiques pour une meilleure conduite du changement. De cette façon, nous aurions plus de probabilités d'observer un parcours d'acceptance du robot social au travail dans la durée d'une part et plus de possibilités pour les usagers d'infléchir le dispositif robotique d'autre part.

Cet instrument sera un des premiers outils, validé en langue française, de diagnostic en vue de l'accompagnement des transformations auprès d'organisations qui feront entrer les robots dans leurs pratiques professionnelles.

En faisant passer le Q.A.R.S.© aux salariés concernés, à plusieurs étapes[166] de

[166] Avant, au bout de quelques semaines, puis de quelques mois.

l'intégration de robots sociaux dans leur activité professionnelle, il sera possible de mesurer s'il y a une évolution dans leurs attitudes à l'égard de la machine, en vue d'ajuster ensemble les parcours de formation. Cette approche est en accord avec la proposition classique selon laquelle l'adoption de tout dispositif sociotechnique implique que les usagers apprennent à domestiquer l'outil en le modifiant selon leurs interprétations et besoins dans leur contexte professionnel quotidien (Minguet, 2016).

Si nous envisagions par la suite de poursuivre un programme de recherche avec d'autres populations, il faudrait vérifier si la variable ‘‘société de conseil’’, plus précisément le type de métiers, a une incidence spécifique sur le processus d'adoption. Nous pourrions juger de la possibilité de généralisation des résultats à d'autres secteurs. Voyons dans la section 2 quelques pistes de recherches applicatives ultérieures.

5.2 Ouverture vers des recherches applicatives ultérieures

Au-delà des aspects purement statistiques discutés au chapitre V, la principale limite de cette recherche est de ne pas avoir pu faire d'étude empirique d'observation dans le temps d'une implantation de robot social auprès de collaborateurs dans le secteur des services. D'abord envisagée[167] avec une équipe de chefs de projets dans le secteur BTP, nous avons dû renoncer au devis initial[168] pour des questions de coût et des problèmes d'accessibilité à un robot social personnalisé pour les usages de cette entreprise.

Puis, la pandémie Covid-19 a définitivement mis un arrêt en 2020 à une éventuelle adaptation du devis ou à d'autres perspectives immédiates de recherche appliquée. Cette situation exceptionnelle, partagée au niveau mondial, excluait à court terme (du moins dans le temps de la thèse) la possibilité d'entrevues ou de *focus groups* en présentiel. Cette configuration de télétravail généralisé et de distanciation physique a toutefois fait remonter la pertinence sociale de l'étude de robots qui faciliteraient le retour au travail en aidant et protégeant les travailleurs dans leurs activités pratiques.

Dans la lignée des travaux de De Graaf *et al.* (2017), Turja *et al.* (2019, 2020), Bartneck

[167] Et validée par l'équipe de Direction et R&D de l'entreprise pressentie.
[168] Présenté et validé sur le plan éthique par le C.E.R.S.S.

et al. (2009), Nomura *et al.* (2004, 2006, 2008, 2011, 2015) ainsi que Piçarra *et al.* (2015), les prochaines étapes seraient de mettre en place un protocole expérimental longitudinal permettant l'observation d'interactions réelles entre l'être humain et le robot au travail. L'objectif serait de décrire l'évolution de l'usage effectif du robot social en contexte de travail par une équipe francophone dans le secteur tertiaire en administrant le questionnaire Q.A.R.S.© à différents temps (avant [t0], pendant [t1 à 1 mois environ] et après [t2 = suivi-bilan à 3 ou 6 mois]). Nous aimerions trianguler les données quantitatives issues du questionnaire initial (t1) avec les perceptions pré-test / post-test des utilisateurs (par entretiens individuels ou *focus groups*).

Sur un autre plan, il serait pertinent de pouvoir effectuer, avec le consentement[169] des équipes et de leurs responsables, des observations vidéo de leurs interactions avec le robot social. Ce protocole de type mixte permettrait de croiser les mesures répétées de leurs interactions effectives (fréquence et nature d'interaction) avec leurs intentions d'usage exprimées dans le questionnaire à t1, t2 et t3.

Nous pourrions éclairer nos observations par les apports de la psychologie de l'activité (Bobillier Chaumon et Clot, 2016) et la sociologie (Ughetto, 2018). Nous ajoutons que notre protocole expérimental doit être effectué en contexte de travail effectif afin d'observer des scripts (au sens de Barley, 1990[170]) d'activités professionnelles, ainsi que les interactions homme / robot en conditions écologiques réelles. Nous restons toutefois tributaires des recherches en mathématiques, en informatique et en génie pour le développement des robots et de l'I.A. embarquée, ainsi que de la production à l'échelle de robots sociaux. En tant qu'objets connectés, ils sont confrontés aussi à la stricte réglementation européenne en matière de protection des données individuelles. Les logiciels d'usages restent encore à être étendus et développés.

Début 2021, les robots *BUDDY* pré-commandés en 2015 ne sont toujours pas livrés aux *early adopters*. Les robots *PEPPER*, utilisés comme illustration principale de notre questionnaire, restent très chers et ne sont quasiment pas disponibles ni en prêt ni en location

[169] Cf. annexe H: Formulaire de consentement population de recherche initialement déposé à l'éthique C.E.R.S.S.
[170] Barley (1990) explique que nous pouvons étudier l'alignement ou adaptation à la technologie par une méthode d'analyse des séquences régulières d'interactions entre les acteurs en scène, par des ''scripts'' (analyse des scripts avant / après), à savoir des formes récurrentes d'interactions qui définissent, dans des termes observables et comportementaux, l'essence des acteurs. Ceci pourrait être appliqué à l'interaction homme / robot social.

pour la recherche hors *SOFTBANK ROBOTICS*[171]. Le robot *CRUZR*, créé par les Chinois *UBTECH*, devient un support intéressant pour des usages en interaction professionnelles avec l'humain, car de même taille mais plus mobile que le *PEPPER*. Il est d'ailleurs distribué en France par les intégrateurs *INTUITIVE ROBOTS*. Ces derniers ont également décroché un partenariat exclusif en France avec les Américains de *BOSTON DYNAMICS* pour développer des usages professionnels, notamment dans le secteur du bâtiment / travaux publics (BTP), avec leur robot *SPOT*. Il serait d'ailleurs pertinent dans une étude ultérieure de comparer dans le temps l'acceptance robotique d'un robot social de forme humanoïde *versus* un robot de forme animale[172].

De plus, il pourrait être intéressant dans ce type d'étude terrain d'identifier, dans les variables indépendantes, si nous avons des indices quant au positionnement des futurs utilisateurs de robots sur la courbe d'adoption technologique de Rogers (1983). Nous pourrions essayer de comprendre par exemple si la question relative à la preuve de sécurité pour l'utilisateur (cybersécurité), et qui n'est pas qu'une question d'éducation à la robotique, impacte cette courbe d'adoption.

[171] A noter que l'ancien Directeur de la Recherche de *Softbanks Robotics* le français Rodolphe Gélin est passé chez le constructeur automobile *RENAULT* l'été 2020 afin de travailler sur leurs solutions d'I.A. embarquées (Source: interview dans le magazine spécialisé *Planète Robots* (65), novembre / décembre 2020).
[172] Le robot *SPOT* s'apparente à une sorte de chien et est destiné entre autres à des usages d'exploration de terrains dangereux.

Conclusion

Les concepteurs de robots, comme les chercheurs en ingénierie (informatique, mécanique, électronique) se sont inspirés à la fois de la science-fiction et de la révolution industrielle pour poursuivre ce rêve de l'être humain gagnant en autonomie et en performance. Ils ont cherché à s'épargner les activités les plus dangereuses ou chronophages, que ce soit dans leur quotidien que dans leurs activités professionnelles.

Nous avons constaté que l'industrie s'est déjà emparée de ces découvertes en sciences de l'ingénieur, pour réduire la pénibilité et la dangerosité de nombreux postes en production, ce qu'on appelle la cobotique, où le robot est au service des activités humaines industrielles. Nous l'avons vu aussi avec le succès en médecine chirurgicale, avec une forte réduction des complications postopératoires grâce à la précision de ces bras et mains robotiques pouvant atteindre des zones autrefois inopérables.

Dans le secteur des services, basés en grande partie sur des activités immatérielles et des prestations intellectuelles, les usages de robots se font plus ‘‘timides’’ ou ponctuels. Nous avons présenté dans le premier chapitre de cette thèse quelques exemples de robots d'accueil dans les gares (France) ou aéroports internationaux (USA, Chine), dans des agences bancaires ou magasins, et enfin quelques expérimentations en milieu scolaire comme aides pédagogiques. Le domaine où les robots sociaux (ou robots d'interaction) sont le plus utilisés dans le monde reste celui des services à la personne. Ces usages et leurs développements sont encore tributaires des recherches en I.A. pour améliorer l'interaction homme / machine ainsi que l'apprentissage machine (‘‘*machine learning*’’) du robot, clés de son adoption technologique effective.

Or, la crise amenée par la gestion de la pandémie Covid-19, en bousculant brutalement les lieux et modalités de travail, ainsi que les frontières privé / public, a posé de nouveau la question de la pertinence[173] et de l'acceptation de robots physiques[174] dans les métiers de services. Nous avons pu observer le déploiement de robots de téléprésence dans les hôpitaux (pour garder le contact avec les familles des patients), de robots d'accueil sur les sites de travail ou lors de salons professionnels (avec diffusion de messages informatifs et de prévention,

[173] Guerry, M. (2021, 17 mars). *President's Report*. En ligne sur le site de l'IFR https://ifr.org/ifr-press-releases/news/presidents-report-by-milton-guerry-1-2021, télé-consulté le 29/03/2021.
[174] Par opposition aux robots logiciels type agents conversationnels *(chatbots*) ou robots logiciels applicatifs (*R.P.A.: Robot Process Automation*).

fonctionnalité de détection du port du masque, prise de température avec caméra thermique). De plus, nous avons eu la confirmation qu'en tant qu'objet connecté, le robot peut recréer du lien entre les équipes à distance en favorisant l'accès et la connexion aux outils collaboratifs en ligne. Ces observations récentes renforcent la pertinence sociale de cette étude.

Rabelais (1532) disait que « science sans conscience n'est que ruine de l'âme ». Il est donc important de comprendre un minimum l'apport d'une technologie pour pouvoir ensuite former ses utilisateurs. Cette pensée peut aussi être considérée comme l'amorce de la bioéthique, cette discipline cherchant à réconcilier les capacités scientifiques et leur acceptabilité morale. S'il est possible de développer des machines, il ne faut pas oublier que c'est encore l'être humain qui choisit d'en développer telle ou telle fonctionnalité et qu'il est crucial de réfléchir en amont aux besoins réels et aux usages pertinents. Cette dimension éthique[175] doit donc se traduire par des collaborations et rétroactions entre les concepteurs de robots, les chercheurs et les praticiens formateurs qui accompagnent les utilisateurs.

Cette approche souligne l'importance d'une éducation à la robotique (expliquer, vulgariser, former), comme modalité d'adaptation à notre environnement de travail numérique, afin d'éviter l'illettrisme (et fracture) numérique subie par une frange de la population[176]. Rappelons en effet le rôle majeur de l'éducation et de la formation à la robotique dans le développement des compétences des travailleurs et de leur employabilité.

En conclusion, Van der Maren a souligné que

> la recherche en éducation peut viser plusieurs objectifs dont celui d'acquérir une compréhension plus approfondie des choses afin de mieux les enseigner (visée pédagogique), celui de contrôler ou d'améliorer l'environnement physique ou humain afin de vivre plus heureux (visée pratique ou technologique) […]. (2017, p. VII)

C'est vraiment cette philosophie qui nous a animée tout au long de ce travail de recherche. Elle nous anime encore pour les études complémentaires à venir en vue de la formation de populations adultes au travail. Nous espérons ainsi que cette thèse aura des retombées tant scientifiques qu'applicatives. Nous souhaitons contribuer à la réflexion de la communauté scientifique internationale (domaine des *H.R.I. studies* en particulier) sur les

[175] Dès la conception (*by design)*.
[176] Notamment les non ‘‘*digital native*s’’.

recommandations pour l'accompagnement de changement quant à l'implantation de robots sociaux, pour la formation continue et pour le développement des compétences des travailleurs ayant vu leurs activités se modifier.

Nous considérons que notre rôle en tant que chercheuse est de faire des retours aux concepteurs et aux formateurs en ce sens. Être au cœur de l'éducation à la robotique nous permet d'accompagner tant les utilisateurs potentiels, à partir de leurs perceptions initiales et leurs schémas cognitifs (Pralong, 2010), que les organisations dans le déploiement d'usages éthiques et adaptés à leurs contextes collectifs, pour mieux vivre et travailler ensemble, même à distance, dans le monde du travail d'aujourd'hui et demain.

Références bibliographiques[177]

Ajar, D., Dassa, C. et Gougeon, H. (1983). L'échantillonnage et le problème de la validité externe de la recherche en éducation. *Revue des sciences de l'éducation, 9*(1), 3-21.

Anderson, J. C. et Gerbing, D.W. (1988). Structural equation modeling in practice: A review and recommended two-step procedure. *Psychology Bulletin, 103*(3), 411-423.

Arnéguy, E., Ohana, M. et Stinglhamber, F. (2018). Organizational justice and readiness for change: a concomitant examination of the mediating role of perceived organizational support and identification. *Frontiers in Psychology, 9*, 1172. DOI=10.3389/fpsyg.2018.01172.

Autor, D. et Salomons, A. (2017). Does Productivity Growth Threaten Employment? "Robocalypse Now". *European Central Bank Annual Conference*, Conference presentation. Boston, MA: MIT.

Arntz, M., Gregory, T. et Zierahn, U. (2016). The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis. OECD Social, Employment and Migration Working Papers, 189. Paris, France: OECD Publishing. http://dx.doi.org/10.1787/5jlz9h56dvq7-en

Asimov, I. (1990). *Le grand livre des robots. I. Prélude à Trantor.* Paris, France: Presses de la cité.

Asimov, I. (1942). Runaround. *Astounding Science Fiction, 29*(1), 94-103.

Bahier, L. (2021, à paraître). De l'intérêt d'étudier l'usage des robots sociaux dans le secteur tertiaire, à l'ère de la digitalisation des métiers de services. *In* P. Paillé (dir.), *Manager en responsabilité à l'heure du digital* (titre provisoire). Laval, Canada: Presses de l'Université Laval, Collection Ressources humaines, comportements au travail et innovations sociales.

Barley, S. R. (1990). The alignment of technology and structure through roles and networks. *Administrative Science Quarterly*, *35*, 61-103.

Bartneck, C., Croft, E., Kulic, D. et Zoghbi, S. (2009). Measurement instruments for the anthropomorphism, animacy, likeability, perceived intelligence, and perceived safety of robots. *International Journal of Social Robotics, 1*(1), 71-81. DOI: 10.1007/s12369-008-0001-3

Bartneck C., Nomura T., Kanda T., Suzuki T. et Kennsuke K. (2005). A cross-cultural study on attitudes towards robots. *Proceedings of the HCI International, 10*. Las Vegas, NV: HCI International.

Beauvais, J. et Genest, J. (2012). Réaliser des robots éthiques. Limites scientifiques, défis technologiques et potentiel de la robotique et de l'intelligence artificielle. *In* J.-P. Béland et G.-A. Legault (dir.), *Asimov et l'acceptabilité des robots* (p. 151-221). Laval, Canada: Presses de l'Université Laval, Collection Enjeux éthiques contemporains.

Béland, J.-P. (2012). Vivre-ensemble avec des robots: Qu'est-ce que la science-fiction d'Asimov nous raconte sur l'acceptabilité des impacts? *In* J.-P. Béland et G.-A. Legault (dir.), *Asimov et l'acceptabilité des robots* (p. 14-83). Laval, Canada: Presses de l'Université Laval, Collection Enjeux éthiques contemporains.

Bensoussan, A. (2016). Entretien. *In* K. Darling, A., Bensoussan, T., Constantinides, J.-G., Ganascia, J. McCarthy, et O. Tesquet, *En compagnie des robots (p. 5-10)*. Paris, France: Premier Parallèle.

[177] Pour le référencement dans le texte et dans la bibliographie, nous avons utilisé les normes APA (6e édition) dans leur adaptation francophone, selon Couture (2017): https://profs-perso.teluq.ca/mcouture/www/apa-6/

Biancardi B., Mancini M., Lerner P. et Pelachaud C. (2019). Managing an Agent's Self-Presentational Strategies During an Interaction. *Frontiers in Robotics and AI, 6*. DOI:10.3389/frobt.2019.00093.

Bobillier Chaumon, M.-É. (2021, à paraître). Technologies émergentes et transformations digitales de l'activité : enjeux pour l'activité et la santé au travail. *Psychologie du Travail et des Organisations*. DOI: 10.1016/j.pto.2021.01.002.

Bobillier Chaumon, M.-É. (2013*). Conditions d'usage et facteurs d'acceptation des technologies dans l'activité: questions et perspectives pour la psychologie du travail*. Habilitation à Diriger des Recherches (H.D.R.). Grenoble, France: Université Pierre Mendès-France, École doctorale des Sciences de l'Homme, du Politique, et du Territoire.

Bobillier Chaumon, M. É. et Clot, Y. (2016). Clinique de l'usage: Les artefacts technologiques comme développement de l'activité. Synthèse Introductive au dossier. *Activités, 13*(13-2).

Bonnell, B. (2010). *Viva la robolution: une nouvelle étape pour l'humanité*. Paris, France: Lattès.

Bouchard, S. et Cyr, C. (dir.) (2005). *Recherche psychosociale pour harmoniser recherche et pratique* (2e ed.). Québec, Canada: Presses de l'Université du Québec.

Bourque, J. (2016). *Manuel d'introduction à la statistique appliquée aux sciences sociales*. Laval, Canada: Presses de l'Université de Laval.

Bourque, J., Doucet, D., LeBlanc, J., Dupuis, J. et Nadeau, J. (2019). L'alpha de Cronbach est l'un des pires estimateurs de la consistance interne : une étude de simulation. *Revue des sciences de l'éducation*, *45* (2), 78-99. https://doi.org/10.7202/1067534ar

Bourque, J., Poulin, N. et Cleaver, A. F. (2006). Évaluation de l'utilisation et de la présentation des résultats d'analyses factorielles et d'analyses en composantes principales en éducation. *Revue des sciences de l'éducation*, *32*(2), 325-344. https://doi.org/10.7202/014411ar

Brangier, É., Hammes-Adelé S. et Bastien J.-M.C. (2010). Analyse critique des approches de l'acceptation des technologies: de l'utilisabilité à la symbiose humain-technologie-organisation. *Revue européenne de psychologie appliquée, 60*(2010), 129-146.

Bugmann, J. et Karsenti, T. (2018). Quand les robots entrent en classe. *Formation et Profession, 26*(1), 142-145. http://dx.doi.org/10.18162/fp.2018.a141

Caron, J. (1999). *Un guide de validation transculturelle des instruments de mesure en santé mentale. Rapport technique.* Montréal, Canada: Université McGill, Département de psychiatrie. http://instrumentspsychometriques.mcgill.ca/instruments/guide.htm DOI: 10.13140/RG.2.1.2157.7041

Chevet, C. (2017). Siri, le robot qui m'aimait ? Étude des ressorts linguistiques d'une "ingénierie de l'enchantement". *Congrès L'Attachement aux cyber-choses : logiciels sentimentaux, love-bots et séducteurs de synthèse (Communication sans actes)*. Paris, France: Université de Paris-Nanterre.

Chevet, C. (2016). L'application Siri, un « être de langage » ? Regard sur les pratiques d'écriture et d'oralité dans le cadre de « l'interaction homme-machine ». *Colloque international RIAL 2016 : Rencontres internationales d'anthropologie linguistique - L'être de langage, entre corps et technique : nouvelles données, nouvelle donne ? (Communication sans actes)*. Montpellier, France: Université de Montpellier 3.

Chevrier, J. (2006). La spécification de la problématique. *In* B. Gauthier, *Recherche sociale. De la problématique à la collecte des données* (5e éd.) (p.51-84). Québec, Canada: Presses de l'Université du Québec.

Cohen, J., Cohen, P., West, S.G. et Aiken, L.S. (2003). *Applied multiple regression/correlation analysis for the behavioural sciences*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Couture, Y. (2017). *Normes bibliographiques. Adaptation française des normes de l'APA (selon la 6e édition du Publication Manual, 2010)*. Montréal, Canada: Université du Québec, TÉLUQ. Récupéré de http://benhur.teluq.uquebec.ca/~mcouture/apa/index.htm

Damiano, L. et Dumouchel, P. (2016). *Vivre avec les robots: Essai sur l'empathie artificielle*. Paris, France: Le Seuil.

Darling, K., Bensoussan, A., Constantinides, Y., Ganascia, J.-G., McCarthy, J. et Tesquet, O. (2016). *En compagnie des robots*. Paris, France: Premier Parallèle.

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and use acceptance of information technology. *MIS Quaterly, 13*(3), 319-340.

Davis, F. D., Bagozzi, R. P. et Warshaw, P. R. (1989). User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. *Management Science, 35*(8), 982-1003. doi:10.1287/mnsc.35.8.892.

De Graaf, M.M.A. et Ben Allouch, S. (2013). Exploring influencing variables for the acceptance of social robots. *Robotics and Autonomous Systems, 61*, 1476-1486.

De Graaf, M.M.A., Ben Allouch, S. et Klamer, T. (2015). Sharing a life with Harvey: Exploring the acceptance of and relationship-building with a social robot. Enschede, Nederland: *Computers in Human Behavior, 43*, 1-14.

De Graaf, M.M.A., Ben Allouch S. et Van Dijk J.A.G.M. (2017). A phased framework for long-term user acceptance of interactive technology in domestics environments. *New Media & Society, 22*(1), 1-22.

De Landsheere, G. (1979). Acceptabilité. *In* Office Québécois de la langue française (2012). Office québécois de la langue française (2012). *Le grand dictionnaire terminologique*. Québec, Canada: Gouvernement du Québec. www.granddictionnaire.com.

De Vellis, R. F. (2003). *Scale Development: Theory and Applications* (2e éd.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

Devillers, L., Rosset, S., Dubuisson Duplessis, G., Béchade, L., Yemez, Y., Türker, B. B., Sezgin, M., Erzin, E., El Haddad, K., Dupont, S., Deléglise, P., Estève, Y., Lailler, C., Gilmartin, E. et Nick, C. (2018). Multifaceted Engagement in Social Interaction with a Machine: the JOKER Project. *13th IEEE International Conference on Automatic Face & Gesture Recognition (FG 2018).Conference paper*. Xi'an, China: FG. 697-701. http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/FG.2018.00110

Devillers, L. (2017). *Des robots et des hommes: mythes, fantasmes et réalité*. Paris, France: Plon.

Dinet, J. et Vivian, R. (2014). Exploratory investigation of attitudes towards assistive robots for future users. *Le travail humain*, *77*(2), 105-125. doi:10.3917/th.772.0105.

Dinet, J. et Vivian, R. (2015). Perception et attitudes à l'égard des robots anthropomorphes en France: validation d'une échelle d'attitudes. *Psychologie française*, *60*(2), 173-189. http://dx.doi.org/10.1016/j.psfr.2015.05.002

Dubois M. et Bobillier Chaumon, M.-É. (2009). L'acceptabilité des technologies: bilans et nouvelles perspectives. *Le travail humain*, *72*(4), 305-310. https://doi.org/10.3917/th.724.0305

Dubuisson Duplessis, G. et Devillers, L. (2015). Towards the Consideration of Dialogue Activities in Engagement Measures for Human-Robot Social Interaction. *International Conference on Intelligent Robots and Systems. Designing & Evaluating Social Robots for Public Settings Workshop*. *Proceedings*, 19-24.

Durand, C. (2005). *L'analyse factorielle et l'analyse de fidélité: notes de cours et exemples.* Montréal, Canada: Université de Montréal, Département de sociologie.

Ferguson, E. et Cox, T. (1993). Exploratory factor analysis: A users' guide. *International Journal of Selection and Assessment, 1*(2), 84-94.

Field, A. (2000). *Discovering Statistics using SPSS for Windows*. Londres, United Kingdom: Sage publications.

Fishbein, M. et Ajzen, I. (1975). *Belief, Attitude, Intention, and Behavior: An Introduction to Theory and Research*. Reading, MA: Addison-Wesley.

Frey, C. B. et Osborne, M. A. (2017). The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change, 114*, 254–280.

Ganascia J.-G. (2017). *Le Mythe de la Singularité: Faut-il craindre l'intelligence artificielle?* Paris, France: Le Seuil.

Gauthier, B. (dir.) (2009). *Recherche sociale. De la problématique à la collecte des données* (5e éd.). Québec, Canada: Presses de l'Université du Québec.

Gelin, R. et Guilhem, O. (2016). *Le robot est-il l'avenir de l'homme?* Paris, France: La Documentation française.

Girandola, F. et Fointiat, V. (2016). *Attitudes et comportements: comprendre et changer*. Fontaine, France: Presses universitaires de Grenoble. https://doi.org/10.3917/pug.giran.2016.01

Gouvernement français. (2016). *Rapport de synthèse France Intelligence Artificielle*. France: ministère de L'Économie, des Finances, de l'Action et des Comptes publics. https://www.economie.gouv.fr/France-IA-intelligence-artificielle

Grenon, V. (2007). *Impact de la formation en milieu de pratique sur les stagiaires quant au développement de leur niveau d'alphabétisation informatique, de leur sentiment d'auto-efficacité et de leurs attitudes de stress et d'utilité perçue au regard des TIC* (Thèse de doctorat inédite). Sherbrooke, Canada: Université de Sherbrooke, Faculté d'éducation.

Guadagnoli, E. et Velicer, W. (1988). Relation of sample size to the stability of component patterns. *Psychological Bulletin, 103*(2), 265-275.

Hair, J. F., L.D.S. Gabriel, M., da Silva, D. et Braga Junior, S. (2019). Development and validation of attitudes measurement scales: fundamental and practical aspects. *Rausp Management Journal, 54*(4), 490-507. https://doi.org/10.1108/RAUSP-05-2019-0098

Hameed, I. A., Tan, Z.-H., Thomsen, N. B. et Duan, X. (2016). User acceptance of social robots. *Conference: The Ninth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions. (ACHI 2016)*, 274-279.

Harari, Y. N. (2017). *Homo Deus: une brève histoire de l'avenir*. Paris, France: Albin Michel.

Heerink, M., Kröse, B., Evers, V. *et al.* (2010). Assessing Acceptance of Assistive Social Agent Technology by Older Adults: the Almere Model. *International Journal of Social Robotics*, *2*, 361-375. https://doi.org/10.1007/s12369-010-0068-5

Horn, J. L. (1965). A rationale and test for the number of factors in factor analysis. *Psychometrika*, *30*(2), 179-185.

Hu, Z. et Li, J. (2015). The Integration of EFA and CFA: One Method of Evaluating the Construct Validity. *Global Journal of human-social science: Arts & Humanities, 15*(6), 15-19.

Huteau, M. et Lautrey, J. (2006). II. Qu'est-ce qu'un test ?. *In* M. Huteau (éd.), *Les tests d'intelligence* (p. 20-47). Paris, France: La Découverte.

Huvsted, S. (2018). *Les Mirages de la certitude: Essai sur la problématique corps/esprit*. Paris, France: Actes Sud, Collection Sciences Humaines.

International Federation of Robotics. (2017*a*). Executive Summary World Robotics 2017 Service Robots. *World Robotics 2017 Service Robots*. DE: I.F.R. Statistical Department, 12-19. https://ifr.org/downloads/press/Executive_Summary_WR_Service_Robots_2017_1.pdf

International Federation of Robotics. (2017*b*). La robotisation s'intensifie au niveau mondial. Press release robot density French 02_07_2018. DE: I.F.R. Press releases, 1-3.

https://ifr.org/img/uploads/2018-FEB-07_IFR_press_release_-_Robot_density-French.pdf

Karsenti, T., Bugmann, J. et Gros, P-P. (2017). Using Humanoïd Robots to Support Students with Autism Spectrum Disorder. *Formation et profession*, *25*(3), 123-126. http://dx.doi.org/10.18162/fp.2017.a135.

Kline, P. (2000). *The handbook of psychological testing* (6e éd.). London, United Kingdom: Routledge (Ouvrage original publié en 1993).

Kothari, C.-R. (2004). *Research methodology, methods and techniques*. New Delhi, India: New Age International.

Krosnick, J. A. (1999). Survey research. *Annual Review of Psychology, 50*, 537-56.

Landers, R.N. (2015). Computing intraclass correlations (ICC) as estimates of interrater reliability in SPSS. *The Winnower 2*:e143518.81744. DOI:10.15200/winn.143518.81744.

Lenoir, Y. (dir.), Hasni, A., Lacourse, F., Larose, F., Maubant, P. et Zaid, A. (2012). *Guide d'accompagnement de la formation à la recherche. Un outil de réflexion sur les termes et expressions liés à la recherche scientifique*. Longueuil, Canada: Groupéditions.

Leonardi, P. M. (2009). Why Do People Reject New Technologies and Stymie Organizational Changes of which They Are in Favor? Exploring Misalignments Between Social Interactions and Materiality. *Human Communication Research, 35*(3), 407-441.

Lombard, J. (2014). *Attitudes vis-à-vis des robots: conception d'une échelle de perception d'autonomie de robot*. (Mémoire de Master inédit). Université de Lorraine, Nancy, France.

Lombard, J. et Dinet J. (2015). Attitudes vis-à-vis des robots et perception de leur autonomie : vers la création d'une Échelle de Perception de l'Autonomie des Robots (EPAR). *Épique 2015. Conference paper.* Aix-en-Provence, France: Arpège Sciences. https://www.researchgate.net/publication/280063335_Attitudes_vis-a-vis_des_robots_et_perception_de_leur_autonomie_vers_la_creation_d'une_Echelle_de_Perception_de_l'Autonomie_des_Robots_EPAR

Louie, W.Y., McColl, D., Nejat, G. (2014). Acceptance and Attitudes Toward a Human-like Socially Assistive Robot by Older Adults. *Assistive Technology, 26*(3), 140-50. doi:10.1080/10400435.2013.869703.

Maclure, J. et Saint-Pierre, M.-N. (2018). Le nouvel âge de l'intelligence artificielle : une synthèse des enjeux éthiques**.** *Les Cahiers de propriété intellectuelle, 30* (3), 741-765.

Minguet, G. (2016). *Travail, Technologie et organisation: fondements théoriques (UE7 – Séminaire de recherche). Support de cours*. Angers, France: Université Catholique de l'Ouest, Faculté d'éducation.

Minguet, G. (dir.), Coste D. et Perez Y. (1995). *Devenir consultant junior. L'efficacité professionnelle des Socrate en culottes courtes*. Paris, France: L'Harmattan, Collection Logiques de gestion.

Ministère de l'Éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche. (2007). *Guide pour la rédaction et la présentation des thèses*. Paris, France: MESR.

Ministère du Redressement Productif. Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. (2013). *Rapport France Robots Initiative*. Paris, France: MESR. http://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions_services/secteurs-professionnels/industrie/robotique/france-robots-initiatives.pdf

Michaud, F., Laplante, J.-F., Larouche, H., Duquette, A., Caron, S., Letourneau, D. et Masson, P. (2005). Autonomous Spherical Mobile Robot for Child Development Studies. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 35*(4), 1-10.

Moore, G. (1999). *Crossing the Chasm: Marketing and Selling High-tech Products to Mainstream Customers*. New York, NY: Harper Collins

Moradi, M., Moradi, M. et Bayat, F. (2018) On robot acceptance and adoption: A Case Study. *8th Conference of AI & Robotics and 10th RoboCup Iranopen International Symposium (IRANOPEN). Conference paper*. DOI: 10.1109/RIOS.2018.8406626

Mori, M. (1970). The Uncanny Valley. *Energy, 7*(4), 33-35.

Mulaik, S.A. (1972). *The foundations of factor analysis.* New York, NY: McGraw-Hill.

Nielsen, J. (1994). *Usability Engineering*. San Diego, CA: Morgan Kaufmann.

Nomura, T. (2015). General republics' opinions on robot ethics: Comparison between Japan, the USA, Germany, and France. *Proc. 4th International Symposium on New Frontiers in Human-Robot Interaction*.

Nomura, T. et Kanda, T. (2003). On proposing the concept of robot anxiety and considering measurement of it. *Proc. the 12th IEEE International workshop on robot and human interactive communication*, 373-378.

Nomura, T., Kanda, T. et Suzuki, T. (2006). *Experimental investigation into influence of negative attitudes toward robots on human–robot interaction. AI & Society, 20*(2), 138-150.

Nomura, T., Kanda, T., Suzuki, T. et Kato, K. (2008). Prediction of Human Behavior in Human-Robot Interaction Using Psychological Scales for Anxiety and Negative Attitudes Toward Robots. *Robotics, IEEE Transactions, 24*, 442.

Nomura, T., Kanda, T., Suzuki, T. et Kato, K. (2005). People's assumptions about robots: investigation of their relationships with attitudes and emotions toward robots. *Proc. the 14th IEEE International workshop on robot and human interactive communication*, 125-130.

Nomura, T., Kanda, T., Suzuki, T. et Kato, K. (2004). Psychology in human-robot communication: an attempt through investigation of negative attitudes and anxiety toward robots. *Proc. the 13th IEEE International workshop on robot and human interactive communication*, 35-40.

Nomura, T., Kanda, T., Yamada, S. et Suzuki, T. (2011). Exploring Influences of Robot Anxiety into HRI. *Conference Paper*. doi: 10.1145/1957656.1957737

Nomura, T., Suzuki, T., Kanda, T. et Kato, K. (2006). Altered Attitudes of People toward Robots: Investigation through the Negative Attitudes toward Robot Scale. *Proc. AAAI-06 Workshop on Human Implications of Human-Robot Interactio*n, 29-35.

Nomura, T., Suzuki, T., Kanda, T., Yamada et Kato K. (2011). Attitudes Toward Robots and Factors Influencing Them. *In* K. Dautenhahn et J. Saunders, *New Frontiers in Human–Robot Interaction* (p. 73-88). Amsterdam, Nederland: John Benjamins Publishing Company, Collection Advances in Interaction Studies.

Nunnally, J. C. et Bernstein, I. H. (1994). *Psychometric Theory* (3e éd.). New York, NY: McGraw-Hill.

Office québécois de la langue française. (2012). *Le grand dictionnaire terminologique*. Québec, Canada: Gouvernement du Québec. www.granddictionnaire.com

Oppenheim, A.N. (1966). *Questionnaire design and attitude measurement*. New York, NY: Basic Books.

Park, E. et Kim, K. J. (2013). User acceptance of long-term evolution (LTE) services: An application of extended technology model. *Program, 47*(2), 188-205.

Park, E. et Kwon, S. J. (2016). The adoption of teaching assistants' robots: a technology acceptance model approach. *Program, 50*(4), 354-366. doi.org/10.1108/PROG-02-2016-0017.

Pasquier, H. (2012). *Définir l'acceptabilité sociale dans les modèles d'usage. Vers l'introduction de la valeur sociale dans la prédiction du comportement d'utilisation.* (Thèse de doctorat inédite). Université Rennes 2, France. https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-00840220/

Pedhazur, E. et Pedhazur-Schmelkin, L. (1991). *Measurement, design, and analysis: An integrated approach*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Piçarra, N., Giger, J. C., Pochwatko, G. et Gonçalves, G. (2015). Validation of the Portuguese version of the Negative Attitudes towards Robots Scale. *Revue Européenne de Psychologie Appliquée/European Review of Applied Psychology*, *65*(2), 93-104. https://sciencetrends.com/understanding-the-intention-to-work-with-social-robots.

Pralong, J. (2010). L'image du travail selon la génération Y: Une comparaison intergénérationnelle conduite sur 400 sujets grâce à la technique des cartes cognitives. *Revue internationale de psychosociologie*, *39*(39), 109-134. https://doi.org/10.3917/rips.039.0109

Rabelais, F. (1532). *Pantagruel. Les horribles et espoventables faictz et prouesses du très renommé Pantagruel Roy des Dispodes, filz du grant geant Gargantua*. Lyon, France: Maistre Alcofrybas Nasier.

René, F., Casimiro, L., Tremblay, M., Brosseau, L., Chea, P., Létourneau, L., Silva, M., Stockwell, V. et Bergeron, L. P. (2011). Fiabilité test retest et validité de construit de la version française de L'Échelle fonctionnelle des membres inférieurs (ÉFMI), partie II. *Physiotherapy Canada. Physiotherapie Canada, 63*(2), 249-255. https://doi.org/10.3138/ptc.2010-12F

Robert, P. (dir.), Rey, A. et Rey-Debove, J. (1993). *Le Petit Robert. Dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française: nouvelle édition du Petit Robert de Paul Robert*. Paris, France: Dictionnaires Le Robert.

Rogers, E. (1983). *Diffusion of innovations* (3e ed.). New York, NY: Free press.

Roure, F. et Postel-Vinay, G. (2012). L'économie de la robotique: nouvelles donnes et défis actuels. *Réalités industrielles (Annales des Mines)*, 2, 36-41. doi: 10.3917/rindu.121.0036

Sainsaulieu, R. (2014). *L'identité au travail: Les effets culturels de l'organisation* (4e ed.). Paris, France: Les Presses de Sciences Po.

Sakka, S., Gaboriau, R., Picard, J., Redois, E., Parchantour, G., Sarfaty L., Navarro, S. et Barreau, A. (2018). Rob'Autism: how to change autistic social skills in 20 weeks. *Proceedings: International Workshop on Medical and Service Robots*. doi:10.1007/978-3-319-59972-4_19.

Salvia, J., Ysseldyke, J. et Witmer (Bolt) S. (2016). *Assessment in Special and Inclusive Education (13 e éd.).* Boston, MA: Cengage Learning.

Tanisaki, T., Shimmura T. et Fujii, N. (2017). Shift Scheduling to Improve Customer Satisfaction, Employee Satisfaction and Management Satisfaction in Service Workplace Where Employees and Robots Collaborate. *5th International Conference. Proceedings. Serviceology for Services*, 15-25.

Terrade F., Pasquier H., Reerinck-Boulanger J., Guingouain G. et Somat A. (2009). L'acceptabilité sociale: la prise en compte des déterminants sociaux dans l'analyse de l'acceptabilité des systèmes technologiques. *Le travail humain*, *72*(4), 383-395.

Thompson, B. (2004). *Exploratory and confirmatory factor analysis. Understanding concepts and application*. Washington, DC: American Psychological Association.

Tisseron, S. (2015). *Le jour où mon robot m'aimera*. Paris, France: Albin Michel.

Tsui, K. M., Desai, M., Yanco, H. A., Cramer, H. et Kemper, N. (2010). Using the" negative attitude toward robots scale" with telepresence robots. *Proceedings of the 10th performance metrics for intelligent systems workshop,* 243-250.

Turja, T. et Oksanen, A. (2019). Robot Acceptance at Work: A Multilevel Analysis Based on 27 EU Countries. *International Journal of Social Robotics, 11*. 10.1007/s12369-019-00526-x.

Turja, T., Taipale, S., Kaakinen, M. et Oksanen, A. (2020). Care Workers' Readiness for Robotization: Identifying Psychological and Socio-Demographic Determinants. *International Journal of Social Robotics, 12*. 10.1007/s12369-019-00544-9.

Turkle, S. (2011). *Seuls ensembles: de plus en plus de technologies, de moins en moins de relations humaines.* Paris, France: L'Échappée.

Ughetto, P. (2018). *Les nouvelles sociologies du travail: introduction à la sociologie de l'activité.* Louvain-la-Neuve, Belgique: De Boeck Supérieur.

Vallerand, R. J. (1989). Vers une méthodologie de validation trans-culturelle de questionnaires psychologiques: Implications pour la recherche en langue française [Toward a methodology for the transcultural validation of psychological questionnaires: Implications for research in the French language]. *Canadian Psychology/Psychologie canadienne, 30*(4), 662–680. https://doi.org/10.1037/h0079856

Van Der Maren, J.-M. (2017). Préface. *In* P. Beaupré, R. Laroui et M.-H. Hébert (Dir.). *Le chercheur face aux défis méthodologiques de la recherche: Freins et leviers*. (p. VII-XI). Québec, Canada: Presses de l'Université du Québec, Collection Éducation-Recherche.

Velicer, W. F., Peacock, A. C. et Jackson, D. N. (1982). A comparison of component and factor patterns: A Monte Carlo approach. *Multivariate Behavioral Research*, *17*(3), 371-388.

Venkatesh, V., Morris, M., Davis, G. et Davis, F. (2003). User acceptance of information technology: toward a unified view. *MIS Quaterly, 27*(3), 425-478.

Vigouroux, N., Vella, F., Lepicard, G., Boudet, B., Nourashemi, F., Giacobini T. et Rumeau P. (2014). *Déploiement d'un robot compagnon à domicile.* https://www.researchgate.net/publication/260350560_Deploiement_d'un_robot_compagnon_a_domicile

Villani, C. (2018). *Donner un sens à l'intelligence artificielle pour une stratégie nationale et européenne*. *Rapport de mission parlementaire (2017-2018)*. Paris, France: Cabinet du Premier Ministre. www.aiforhumanity.fr

Weir, J. P. (2005). Quantifying Test-retest Reliability Using the Intraclass Correlation Coefficient and the SEM. *Journal of Strength and Conditioning Research, 2005, 19*(1), 231-240.

Weng, L.-J. (2004). Impact of the number of response categories and anchor labels on coefficient alpha and test-retest reliability. *Educational and Psychological Measurement, 64*(6), 956-972.

Zhang, J., Zhang, J.-Y., Du, F., Qi, Y., Liu, X. et Li, S. (2020. A literature review of the research on the uncanny valley.). *12th International Conference on Cross-Cultural Design, CCD 2020, held as part of the 22nd International Conference on Human-Computer Interaction, HCII 2020. Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 12192 Lncs, 255-268. https://doi.org/10.1007/978-3-030-49788-0_19.

Annexes

Annexe A: Cartographie applicative de la solution SPARK développée par Intuitive Robots pour les robots sociaux 231
Annexe B: Formulaire de consentement de l'échantillon de validation factorielle du questionnaire Q.A.R.S.© (version pdf) 232
Annexe C: Affiche et courriel de recrutement de la population de validation factorielle 234
Annexe D: Liste des *items* du Q.A.R.S© dans la version de la validation, par blocs thématiques, avec versions sources 236
Annexe E: Déclaration de conformité U.E. du robot PEPPER 241
Annexe F: Fiche solution ''*Flex Worker for innovating offices*'' by *HOOMANO* 242
Annexe G: Questionnaire Q.A.R.S.© - version expérimentale - pour la population de validation factorielle (avec formulaire de consentement intégré dans la version en ligne sous *Google Form*) 244
Annexe H: Approbation éthique août 2019 pour l'étude terrain (dont cueillette données auprès de la population de validation) 262
Annexe I: Affiche de recrutement du deuxième échantillon de population de validation (fidélité temporelle) 264
Annexe J: Formulaire de consentement de l'échantillon de validation de la fidélité temporelle du questionnaire Q.A.R.S.© - version Test 265
Annexe K: Extrait du formulaire de consentement de l'échantillon de validation de la fidélité temporelle du questionnaire Q.A.R.S.© - version Retest 271
Annexe L: Questionnaire Q.A.R.S.© - version finale validée (incluant la réorganisation des blocs après Discussion), disponible pour études applicatives 273

Annexe A: Cartographie applicative de la solution SPARK développée par Intuitive Robots pour les robots sociaux



Annexe B: Formulaire de consentement de l'échantillon de validation factorielle du questionnaire Q.A.R.S.© (version pdf)

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

UCO UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE L'OUEST

FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT (FIC):

Invitation formelle à participer et formulaire de consentement pour le projet de recherche

Étude du processus d'adoption (ou de rejet) d'un robot humanoïde dans le cadre d'une activité professionnelle tertiaire: cas des chefs de projet d'une entreprise française de conseil et ingénierie en construction, dans le cadre de l'élaboration d'une note de risque

Livia Bahier Michel, Faculté d'éducation, Université de Sherbrooke

Doctorat en éducation sous la direction des Professeurs Vincent Grenon (Université de Sherbrooke)
et Guy Minguet (Institut Mines Télécom Atlantique Nantes
et Université Catholique de l'Ouest à Angers)

Madame, Monsieur,
Comme indiqué dans le courriel et l'affiche de présentation, nous vous invitons à participer à la recherche en titre.

Les objectifs de ce projet de recherche sont multiples et ils visent à étudier le processus d'adoption (ou de rejet) d'un robot social (humanoïde) dans une entreprise telle que la vôtre (secteur des services – métiers du conseil).

Cette étude vise à:
1) Identifier et comprendre l'influence des perceptions du robot *a priori* par le futur utilisateur sur ses intentions d'utiliser le robot social au travail;
2) Identifier et comprendre l'influence de l'anxiété technologique de l'utilisateur (face au robot social) sur ses intentions d'utiliser le robot social au travail;
3) Décrire l'influence des caractéristiques de l'utilisateur potentiel (âge, sexe, catégorie socio-professionnelle [CSP], expérience préalable de robots, volontariat pour l'usage) sur les facteurs psychologiques, et
4) Observer et décrire l'évolution (à différents temps de mesure) de l'usage effectif du robot social en contexte de travail: ici, dans le cadre de l'élaboration d'une note de risque par des chefs de projet (dans une entreprise de conseil en construction).

En quoi consiste la participation au projet?
Votre participation à ce projet de recherche consiste principalement à répondre à un questionnaire d'enquête afin d'en assurer la validation scientifique. Ce questionnaire auto-administré est d'une durée maximale de 30 minutes environ et le seul inconvénient lié à votre participation est le temps consacré à le compléter.

Qu'est-ce que la chercheure fera avec les données recueillies?
Ce questionnaire anonyme ne requiert pas votre identification comme personne participante à cette recherche et les données recueillies par cette étude seront traitées de manière **entièrement confidentielle**. Les résultats de la recherche ne permettront pas d'identifier les personnes participantes. Les résultats seront diffusés dans la cadre de la thèse, dans des articles scientifiques et lors de présentations dans des colloques. Les données recueillies seront conservées dans un fichier électronique protégé par un mot de passe et les seules personnes qui y auront accès sont la chercheure et ses directeurs de recherche.

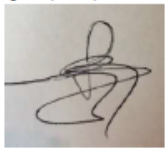
Les données seront conservées pour une durée de sept (7) ans suivant la fin du projet de recherche (correspondant au dépôt final de la thèse) et elles seront ensuite détruites. Elles seront utilisées aux seules fins décrites dans le présent document.

Est-il obligatoire de participer?
Non. La participation à cette étude se fait sur une base volontaire. Vous êtes entièrement **libre de participer ou non**, et de vous retirer en tout temps sans avoir à motiver votre décision ni à subir de préjudice de quelque nature que ce soit.

Y a-t-il des risques, inconvénients ou bénéfices?
Au-delà des risques et inconvénients mentionnés jusqu'ici, les chercheures et chercheurs considèrent que les risques possibles sont minimaux. Le principal bénéfice prévu est de contribuer à l'avancement des connaissances scientifiques. Aucune compensation financière n'est accordée.

Que faire si j'ai des questions concernant le projet?
Si vous avez des questions concernant ce projet de recherche, n'hésitez pas à communiquer avec moi aux coordonnées indiquées ci-dessous :

[02/09/2019]



Livia BAHIER MICHEL, Chercheure doctorante
Étudiante au Doctorat - Éducation, Carriérologie et Éthique (E.C.E.)
Tel. direct (en France): (+33)6 77 77 68 37
Courriel: livia.bahier.michel@usherbrooke.ca

Directeurs de recherche:
Professeurs Vincent Grenon (vincent.grenon@USherbrooke.ca - Université de Sherbrooke)
et Guy Minguet (guy.minguet@imt-atlantique.fr - Institut Mines Télécom Atlantique Nantes et Université Catholique de l'Ouest à Angers)

Consentement

En notant la mention « J'ACCEPTE » (dans le formulaire en ligne), j'atteste que:

- J'ai lu et compris le document d'information au sujet du projet.
- J'ai compris les conditions, les risques et les bienfaits de ma participation. J'ai obtenu des réponses aux questions que je me posais au sujet de ce projet. J'accepte librement de participer à ce projet de recherche.

[MENTION J'ACCEPTE DU FORMULAIRE ÉLECTRONIQUE]

- [Date de consentement]:

(NB: ce texte est disponible en format pdf sur demande auprès de la Chercheure)

Cette recherche a été revue et approuvée par le *Comité d'éthique de la recherche, Éducation et sciences sociales*, de l'UdeS. Cette démarche vise à assurer la protection des participants. Si vous avez des questions sur les aspects éthiques de l'expérimentation (consentement à participer, confidentialité, etc.), simplement communiquer avec la direction dudit comité à l'adresse de courriel qui suit: ethique.ess@usherbrooke.ca ou encore par téléphone (1-819-821-8000 poste 62644).
Cette étude se déroulant en France, conformément à la loi européenne de R.G.P.D. (Règlement Général sur la Protection des Données), vous pouvez exercer votre droit d'accès aux données vous concernant et les faire rectifier en contactant la Chercheure Livia Bahier Michel: livia.bahier.michel@usherbrooke.ca.

Annexe C: Affiche et courriel de recrutement de la population de validation factorielle



De : Livia BAHIER MICHEL (livia.bahier.michel@usherbrooke.ca)
Envoyé : lundi 2 septembre 2019
Objet : Faites avancer la recherche en robotique sociale et l'apprentissage adulte (développement des compétences) en contexte d'activité !

Chères JuStines, chers JuStins[178],

C'est la rentrée ! Envie de faire avancer la recherche ? Ça tombe bien, dans le cadre de ma thèse doctorale, je sollicite votre contribution pour participer à la validation scientifique d'un outil pouvant impacter l'avenir de votre travail et celui de vos clients?

EN QUOI CONSISTERAIT VOTRE PARTICIPATION A MON PROJET DE RECHERCHE?
Il vous suffira de répondre à un questionnaire d'enquête afin d'en assurer la validation scientifique.
Ce questionnaire auto-administré et anonyme est d'une durée maximale de 20 minutes.
Vous trouverez plus de détails dans le formulaire de consentement au début du questionnaire en ligne (ou pdf ci-joint).

QUAND?

DU 02 au 30 SEPTEMBRE 2019

Alors, que vous ayez des expériences préalables ou pas avec de l'IA (Intelligence Artificielle) ou des robots, je vous invite à répondre au questionnaire ci-dessous: **QUESTIONNAIRE EN LIGNE (LIEN GOOGLE FORM).**

Vous pouvez me contacter par retour d'e-mail ou par téléphone pour tout complément d'information.

Et n'hésitez pas à mobiliser vos collègues JS aussi ! (*Plus vous serez nombreux à répondre - au moins **200!** - plus je pourrai assurer la scientificité de l'étude grâce à la qualité des données recueillies* 😊*.)*

Un grand merci à tous par avance pour votre contribution,
Livia.

[178] Surnom générique convivial donné aux salariés de cette entreprise.

Annexe D: Liste des *items* du Q.A.R.S© dans la version de la validation, par blocs thématiques, avec versions sources[179]

- *Items* des sections 2.1 et 2.2 (V.O. / V.F. et sources par construit):

ACCEPTATION ROBOTIQUE

Version d'origine (V.O.)	Source	Notre adaptation en français (V.F.) et au robot social
***PERCEIVED USEFULNESS* / UTILITÉ PERÇUE (PU)**		
Using the system in my job would enable me to accomplish tasks more quickly.	*T.A.M.* de Davis (1989)	Le fait d'utiliser le robot social dans mon travail me permettrait d'accomplir des tâches plus rapidement.
Using the system would improve my job performance.		Le fait d'utiliser le robot social améliorerait ma performance professionnelle.
Using the system in my job would increase my productivity.		Le fait d'utiliser le robot social au travail augmenterait ma productivité.
Using the system would enhance my effectiveness on the job.		Le fait d'utiliser le robot social améliorerait mon efficacité au travail.
Using the system would make it easier to do my job.		Le fait d'utiliser le robot social rendrait plus facile de faire mon travail.
I would find the system useful in my job.		Je trouverais le robot social utile dans mon métier.
***PERCEIVED EASE OF USE* / UTILISABILITÉ PERÇUE (PEOU)**		
Learning to operate the system would be easy for me.		Apprendre à utiliser le robot social serait facile pour moi.
I would find it easy to get the system to do what I want it to do.		Je trouverais facile de faire en sorte que le robot social fasse ce que je veux.
My interaction with the system would be clear and understandable.		Mon interaction avec le robot social serait claire et compréhensible.
I would find the system to be flexible to interact with.		Je trouverais le robot social flexible en termes d'interaction.
It would be easy for me to become skillful at using the system.		Il me serait facile de devenir habile à utiliser le robot social.
I would find the system easy to use.		Je trouverais le robot social facile à utiliser.
***PERCEIVED ENJOYMENT* / PLAISIR PERÇU (JOY)**		
I enjoy the robot talking to me.	*ALMERE model* de Heerink *et al*. (2010)	J'aime que le robot social me parle.
I enjoy doing things with the robot.		J'aime faire des activités avec le robot social.
I find the robot enjoyable.		Je trouve le robot social agréable.
I find the robot fascinating.		Je trouve le robot social fascinant.
I find the robot boring.		Je trouve le robot social ennuyeux**.

[179] Avec mention de nos traductions FR => EN des *items* ajoutés si questionnaire administré et re-validé en anglais ultérieurement.

I find the social robot fun to observe.	*	Je trouve le robot social amusant à observer.
The robot would make my life more interesting.	*ALMERE model*	Je pense que le robot social rendrait ma vie plus intéressante.
***TRUST* / CONFIANCE ENVERS LA MACHINE (TRUST)**		
I would trust the robot if it gave me advice.	*ALMERE model* de Heerink *et al*. (2010)	Je ferais confiance au robot social s'il me donnait des conseils.
I would follow the advice the robot gives me.		Je suivrais les conseils que le robot social me donne.
I will seek advice from the social robot for my professional activity.	*	*Je vais demander conseil au robot social dans le cadre de mon activité professionnelle.*
I would trust the social robot more than my colleagues for professional advice.	*	*Je ferais plus confiance au robot social qu'à mes collègues pour des conseils professionnels.*

[**Items* que nous avons ajoutés, puis traduits et enfin rétro-traduits en vert; ***Item* inversé.]

- *Items* de la section 2.3 (V.O. / V.F.):

PERCEPTION (acceptabilité) DU ROBOT PAR L'UTILISATEUR

Adjectifs version d'origine (V.O.), Bartneck (2009)	Notre adaptation en français (V.F.), Bahier (2021)
***LIKEABILITY* / AGRÉABILITÉ PERÇUE (LIKE)**	
Dislike / Like	Déplaisant / Plaisant
Unfriendly / Friendly	Inamical / Amical
Unkind / Kind	Détestable / Aimable
Unpleasant / Pleasant	Désagréable / Agréable
Awful / Nice	Méchant / Gentil
***PERCEIVED INTELLIGENCE* / INTELLIGENCE PERÇUE (INTELL)**	
Incompetent / Competent	Incompétent / Compétent
Ignorant / Knowledgeable	Ignorant / Cultivé
Irresponsible / Responsible	Irresponsable / Responsable
Unintelligent / Intelligent	Idiot / Intelligent
Foolish / Sensible	Insensé / Sensé

- *Items* de la section 2.4 (V.O. / V.F. et sources):

***INTENTION OF USE* / INTENTION D'USAGE (IU)**

Version d'origine (V.O.) ou rétro-traduction *(en vert)*	Source	Notre adaptation en français (V.F.)
I can well imagine using a social robot in my professional activities.	*	Je m'imagine bien utiliser un robot social dans mes activités professionnelles.
I often talk to others about being able to use a social robot in my work.	*T.A.M.* de Davis (1989)	Je parle souvent aux autres du fait de pouvoir utiliser un robot social dans mon travail.

I think it's a good idea to use the robot.	*ALMERE model* de Heerink *et al.* (2010)	Je pense que c'est une bonne idée d'utiliser un robot social.
I think it's a good idea to use the robot in py professional activities.		Je pense que c'est une bonne idée d'utiliser un robot social dans mes activités professionnelles.
If I could buy a social robot, I'd like to buy one right now.	*	Si je pouvais acheter un robot social, j'aimerais en acheter un dès maintenant.
If I could have a social robot, I would imagine using it for several months.		Si je pouvais posséder un robot social, je m'imagine l'utiliser pendant plusieurs mois.
I think I'll use the robot during the next few days.	*ALMERE model*	Je pense que je vais utiliser le robot social dans les prochains jours.
If I had the opportunity to use a social robot as part of my job, I imagine using it for years.	*	Si j'avais l'occasion d'utiliser un robot social dans le cadre de mon travail, je m'imagine l'utiliser pendant plusieurs années.
I would like the robot to be developed to do more things in my job.	*	J'aimerais que le robot soit développé pour faire plus de choses dans mon travail.
I am certain to use the robot during the next few days.	*ALMERE model*	Je suis certain(e) que je vais utiliser le robot social dans les prochains jours.
If I had the opportunity to use a social robot as part of my job, I imagine using it for several months.	*	Si j'avais l'occasion d'utiliser un robot social dans le cadre de mon travail, je m'imagine l'utiliser pendant plusieurs mois.
I'm planning to use the robot during the next few days.	*ALMERE model*	J'ai prévu d'utiliser le robot social dans les prochains jours.

[**Items* que nous avons ajoutés, puis traduits et enfin rétro-traduits en vert.]

- *Items* de la section 3 (V.O / V.F. et sources):

ANXIÉTÉ ROBOTIQUE

Version d'origine (V.O.)	Source	Adaptation en français (V.F.)
INTERACTION (IHM)		
I would feel uneasy if I were given a job where I had to use robots.	*N.A.R.S.* de la version anglophone de Nomura, Kanda et Suzuki (2006)	Je me sentirais mal à l'aise si on me donnait un travail dans lequel je devrais utiliser des robots sociaux.
The word "robot" means nothing to me.		Le mot "robot" ne signifie rien pour moi.
I would feel nervous operating a robot in front of other people.		Je me sentirais nerveux(se) si je devais interagir avec un robot social devant d'autres personnes.

I would hate the idea that robots or artificial intelligences were making judgments about things.		Je détesterais l'idée que des robots émettent des jugements sur des choses.
I would feel very nervous just standing in front of a robot.		Je me sentirais très nerveux(se) rien que de me tenir face à un robot social.
I would feel paranoid talking with a robot.		Je me sentirais paranoïaque en parlant avec un robot social.
I would be afraid that the social robot is smarter than me.	*	J'aurais peur que le robot social se montre plus intelligent que moi.
SOCIAL (SOCIA)		
I would feel uneasy if robots really had emotions	*N.A.R.S.* de la version anglophone de Nomura, Kanda et Suzuki (2006)	Je me sentirais mal à l'aise si les robots sociaux avaient réellement des émotions.
Something bad might happen if robots developed into living beings.		Quelque chose de mal pourrait se produire si les robots sociaux se développaient comme des êtres vivants.
I feel that if I depend on robots too much, something bad might happen.		J'ai le sentiment que si je dépends trop des robots, quelque chose de mal pourrait arriver.
I am concerned that robot would be a bad influence on children.		Je suis préoccupé(e) par le fait que les robots sociaux pourraient avoir une mauvaise influence sur les enfants.
I feel that in the future society will be dominated by robots.		J'ai l'impression que dans le futur notre société sera dominée par les robots.
I feel that in the future, robots will be commonplace in society.	Tsui, Desai, Yanco, Cramer et Kemper (2010)	J'ai le sentiment que dans le futur, les robots seront monnaie courante dans notre société.
I am afraid that the social robot will replace me in my work.	*	J'ai peur que le robot social me remplace dans mon travail.
I would be afraid that the social robot saves information about me.	*	J'aurais peur que le robot social enregistre des informations me concernant.
I would be afraid that the social robot spreads information about me.	*	J'aurais peur que le robot social diffuse des informations me concernant.
I would be afraid of becoming useless if the social robot replaces me in my work.	* Comité d'experts	J'aurais peur de devenir inutile si le robot social me remplace dans mon travail.
I would be afraid of being watched by the social robot.		J'aurais peur d'être surveillé par le robot social.

EMOTION (EMO)		
I would feel relaxed talking with robots.	*N.A.R.S.* de la version anglophone de Nomura, Kanda et Suzuki (2006)	Je me sentirais détendu(e) en parlant avec des robots sociaux.
If robots had emotions, I would be able to make friends with them.		Si les robots sociaux avaient des émotions, je serais en mesure de devenir ami(e) avec eux.
I feel that I could make friends with robots.		Je sens que je pourrais devenir ami(e) avec des robots sociaux.
I feel comforted being with robots that have emotions.		Je me sens à l'aise en étant avec des robots sociaux qui ont des émotions.
I feel comfortable being with social robots.		Je me sens à l'aise en étant avec des robots sociaux.
I feel comfortable in the presence of industrial robots.	*	Je me sens à l'aise en présence de robots industriels.
I feel comfortable in the presence of robots in the shape of animals.		Je me sens à l'aise en présence de robots ayant la forme d'animaux.
***TECHNOLOGICAL ANXIETY* / ANXIÉTÉ TECHNOLOGIQUE (ANXT)**		
If I should use the robot, I would be afraid to make mistakes with it.	*ALMERE model* de Heerink *et al.* (2010)	Si je devais utiliser un robot social, j'aurais peur de commettre des erreurs techniques avec lui.
If I should use the robot, I would be afraid to break something.		Si je devais utiliser le robot social, j'aurais peur de le casser.
If I had to use the social robot, I would be afraid to break things in my work environment.	*	Si je devais utiliser le robot social, j'aurais peur de casser des choses dans mon environnement de travail.
If I had to use the social robot, I would be afraid of hurting someone.		Si je devais utiliser le robot social, j'aurais peur de blesser quelqu'un.
If I had to use the social robot, I would worry about having to recharge the robot too often (electric autonomy - energy of the robot).	Lombard (2014)	Si je devais utiliser le robot social, je m'inquiéterais de devoir le recharger.
If I had to use the social robot, I would be worried about losing data if the robot went flat (dead batteries).	*	Si je devais utiliser le robot social, je m'inquiéterais de perdre des données s'il s'éteignait (batteries à plat).
Since a social robot is an Internet-connected object, I would be concerned about the security of the data it saves.		Un robot social étant un objet connecté à Internet, je serais inquiet(e) quant à la sécurité des données qu'il enregistre.
I am not sure I am competent enough to use a social robot.		Je ne suis pas sûr(e) d'être assez compétent(e) pour utiliser un robot social.
I would not know how to address the social robot.		Je ne saurais pas comment m'adresser au robot social.

[**Items* que nous avons ajoutés, puis traduits et enfin rétro-traduits en vert.]

Annexe E: Déclaration de conformité U.E. du robot PEPPER

SoftBank Robotics

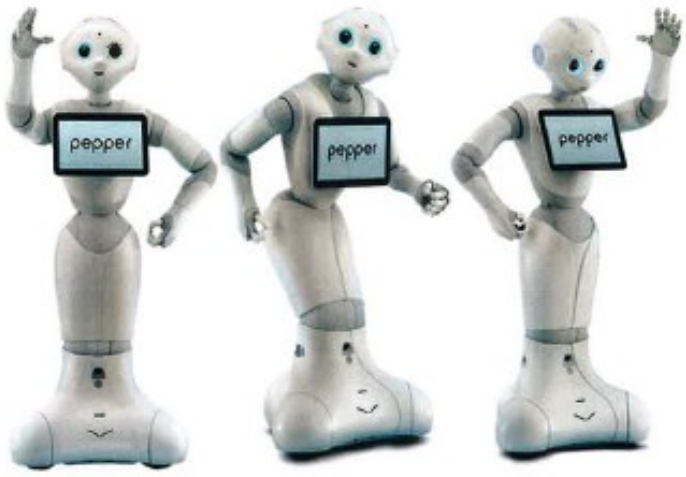
CE

EU Declaration of conformity
Déclaration UE de conformité

Products:
PEPPER Humanoid robot

Manufacturer:
SoftBank Robotics Europe
43, rue du Colonel Pierre Avia
75015 Paris

Type:
PEPPER (*ref* AP990236)



We, SoftBank Robotics Europe declare under our responsibility that the product described above complies with the essential requirements of the directives necessary for the CE mark:

Nous, SoftBank Robotics Europe déclarons sous notre responsabilité que le produit décrit ci-dessus est en conformité avec les exigences essentielles des directives nécessaires à la marque CE:

Directives 2014/53/UE (RED) & 2011/65/UE (RoHS 2)

Applied Standards:
Normes appliquées:

Article 3.1.a: Protection of health and safety of the user Article 3.1.a: Protection de la santé et de la sécurité de l'utilisateur	CEI/EN 60950-1: 2005 (2ème Ed.)+Am1:2009 +Am2 :2013 CEI/EN 60950-1: 2006 +A11:2009+A1:2010+A12 :2011+A2 :2013 CEI/EN 62311 :2008
Article 3.1.b: Protection requirements with respect to electromagnetic compatibility Article 3.1.b: Exigences de protection en ce qui concerne la compatibilité électromagnétique	EN 301 489-1 V1.9.2 EN 301 489-17 V2.2.1 CISPR22 :2008 – CISPR24:2010
Article 3.2: Spectrum use Article 3.2: Utilisation du spectre	ETSI 300 328 V1.8.1 ETSI 301 893 V1.7.1

On June 13th 2016 in Paris
Le 13 juin 2016 à Paris,

By / Par Fumihide TOMIZAWA,
President SoftBank Robotics Europe

Annexe F: Fiche solution ‘‘*Flex Worker for innovating offices*’’ by *HOOMANO*



FLEX WORKER, LA SOLUTION GÉNÉRATRICE DE CONFORT POUR VOS COLLABORATEURS

UNE TECHNOLOGIE INNOVANTE AU SERVICE DE VOTRE ORGANISATION



QUELLES MISSIONS POUR LE ROBOT ?

ORGANISE
la réservation de vos espaces de réunion ou espaces de travail

COMMUNIQUE
les informations clés à vos collaborateurs *infos sécurité, communications internes...*

SIGNALE
tous les dysfonctionnements liés au bâtiment

ACCUEILLE
les nouveaux talents et accompagne leur intégration

REND SERVICE
comme une conciergerie connectée

QUELS BÉNÉFICES POUR VOUS ?

- Apporte plus de convivialité dans vos locaux
- Fidélise vos collaborateurs
- Favorise le travail en équipe et la co-création
- Accroît la productivité en interne
- Assiste votre CHO ou facility manager dans ses missions





COMMENT ÇA MARCHE ?

- Le robot est un outil aussi simple à utiliser qu'un smartphone ou un téléviseur !
- L'application THE FLEX WORKER installée sur un robot "powered by Hoomano" se lance automatiquement au démarrage, sans intervention ni manipulation
- Les utilisateurs interagissent avec lui par la voix ou la tablette

LES + HOOMANO

- Paramétrage du robot par une simple interface web
- Possibilité d'intégrer et modifier les messages adressés par le robot à vos visiteurs : dialogues, actualités, contacts, logos, images...
- Aucune connaissance technique nécessaire

ILS NOUS FONT DÉJÀ CONFIANCE

Banque & Assurances (CNP, Crédit Agricole, IT-CE),
Immobilier (Icade),
Industrie (MGA Technologies),
Retail (Bricorama, Darty, Lagardère Travel Retail, Lick,
Optic 2000, Sephora),
Services à la personne (Seniorales),
Services Publics (Mairie de Paris, La Poste, SNCF),
Énergie (EDF, ENEDIS, Suez),
Tourisme (Accor)

Annexe G: Questionnaire Q.A.R.S.© - version expérimentale - pour la population de validation factorielle (avec formulaire de consentement intégré dans la version en ligne sous *Google Form*)

Questionnaire d'Acceptance des Robots Sociaux (Q.A.R.S.©)

Nous vous remercions par avance d'avoir accepté de participer à notre recherche de doctorat.

••• LE THÈME ? •••
Les processus d'adoption/rejet de robots sociaux dans le cadre d'activités professionnelles tertiaires.

••• COMMENT ? •••
Il vous suffit de répondre à ce questionnaire anonyme, qui ne prendra pas plus d'une vingtaine de minutes à remplir.
Vous trouverez toutes les informations détaillées concernant le cadre de cette recherche dans le Formulaire d'information et de consentement (F.I.C.) à signer dans la section suivante.

Si vous avez des questions concernant cette recherche, n'hésitez pas à me contacter.
Je vous remercie par avance pour votre contribution.

Livia BAHIER MICHEL, Chercheure doctorante
Étudiante au Doctorat - Éducation, Carriérologie et Éthique (E.C.E.)
Tel.: (+33)6 77 77 68 37
Courriel: livia.bahier.michel@usherbrooke.ca
Membre étudiante du CRIFPE-Sherbrooke et de l'équipe de recherche E.G.E.I. (Éthique et Gouvernance des Entreprises et Institutions) à Angers.

FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT (FIC)

Étude du processus d'adoption (ou de rejet) d'un robot humanoïde dans le cadre d'une activité professionnelle tertiaire : cas des chefs de projet d'une entreprise française de conseil et ingénierie en construction (entreprise qui sera mon terrain de recherche).

========> INVITATION FORMELLE A PARTICIPER <========
(Formulaire de consentement pour le projet de recherche à signer en bas de cette section, merci)

Madame, Monsieur,
Comme indiqué dans le mail/post et l'affiche d'invitation qui vous ont conduit(e) à ce lien, nous vous invitons à participer à la recherche en titre.

Les objectifs de ce projet de recherche sont multiples et ils visent à étudier le processus d'adoption (ou de rejet) d'un robot social (humanoïde) dans une entreprise telle que la vôtre (secteur des services – métiers du conseil).

Cette étude scientifique a pour objectifs de :

1) Identifier et comprendre l'influence des perceptions du robot *a priori* par le futur utilisateur sur ses intentions d'utiliser le robot social au travail ;
2) Identifier et comprendre l'influence de l'anxiété technologique de l'utilisateur (face au robot social) sur ses intentions d'utiliser le robot social au travail ;
3) Décrire l'influence des caractéristiques de l'utilisateur potentiel (âge, sexe, catégorie socio-professionnelle [CSP], expérience préalable de robots, volontariat pour l'usage) sur les facteurs psychologiques, et
4) Observer et décrire l'évolution (à différents temps de mesure) de l'usage effectif du robot social en contexte de travail : ici, dans le cadre de l'élaboration d'une note de risque par des chefs de projet (dans une entreprise de conseil en construction).

••• En quoi consiste la participation au projet ? •••
Votre participation à ce projet de recherche consiste principalement à répondre à un questionnaire d'enquête afin d'en assurer la validation scientifique. Ce questionnaire auto-administré est d'une durée maximale de 20 minutes environ et le seul inconvénient lié à votre participation est le temps consacré à le compléter.

••• Qu'est-ce que la chercheure fera avec les données recueillies ? •••
Ce questionnaire anonyme ne requiert pas votre identification comme personne participante à cette recherche et les données recueillies par cette étude seront traitées de manière entièrement confidentielle. Les résultats de la recherche ne permettront pas d'identifier les personnes participantes. Les résultats seront diffusés dans la cadre de la thèse, dans des articles scientifiques et lors de présentations dans des colloques. Les données recueillies seront conservées dans un fichier électronique protégé par un mot de passe et les seules personnes qui y auront accès sont la chercheure et ses directeurs de recherche.
Les données seront conservées pour une durée de sept (7) ans suivant la fin du projet de recherche (correspondant au dépôt final de la thèse) et elles seront ensuite détruites. Elles seront utilisées aux seules fins décrites dans le présent document.

••• Est-il obligatoire de participer ? •••
Non. La participation à cette étude se fait sur une base volontaire. Vous êtes entièrement libre de participer ou non, et de vous retirer en tout temps sans avoir à motiver votre décision ni à subir de préjudice de quelque nature que ce soit.

••• Y a-t-il des risques, inconvénients ou bénéfices ? •••
Au-delà des risques et inconvénients mentionnés jusqu'ici, les chercheures et chercheurs considèrent que les risques possibles sont minimaux. Le principal bénéfice prévu est de contribuer à l'avancement des connaissances scientifiques. Aucune compensation financière n'est accordée.

••• Que faire si j'ai des questions concernant le projet ? •••
Si vous avez des questions concernant ce projet de recherche, n'hésitez pas à communiquer avec moi aux coordonnées indiquées ci-dessous.

(NB : ce texte est disponible en format pdf sur demande auprès de la Chercheure)

****

!!! IMPORTANT !!!

En validant la mention « J'ACCEPTE » (en bas de ce formulaire en ligne), j'atteste que :
===> J'ai lu et compris le document d'information au sujet du projet.
===>J'ai compris les conditions, les risques et les bienfaits de ma participation. J'ai obtenu des réponses aux questions que je me posais au sujet de ce projet. J'accepte librement de participer à ce projet de recherche.

UN GRAND MERCI PAR AVANCE pour votre contribution.

****

Livia BAHIER MICHEL, Chercheure doctorante
Étudiante au Doctorat - Éducation, Carriérologie et Éthique (E.C.E.)
Tel. direct (en France): (+33)6 77 77 68 37
Courriel: livia.bahier.michel@usherbrooke.ca

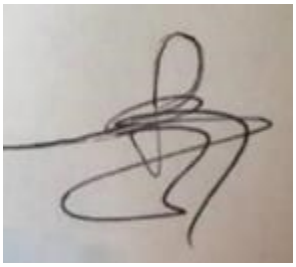
Directeurs de recherche:
Professeurs Vincent Grenon (vincent.grenon@USherbrooke.ca - Université de Sherbrooke)
et Guy Minguet (guy.minguet@imt-atlantique.fr - Institut Mines Télécom Atlantique Nantes et Université Catholique de l'Ouest à Angers)

****

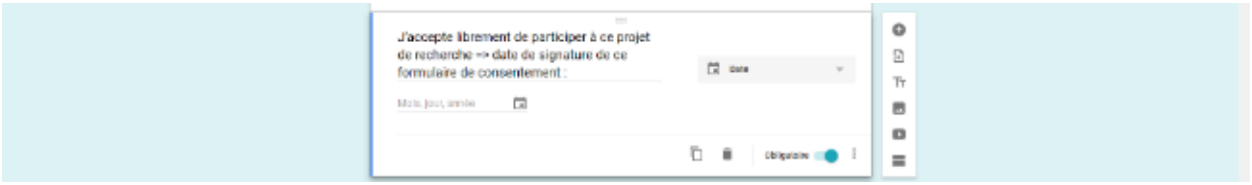
Cette recherche a été revue et approuvée par le Comité d'éthique de la recherche, Éducation et sciences sociales, de l'UdeS. Cette démarche vise à assurer la protection des participants. Si vous avez des questions sur les aspects éthiques de l'expérimentation (consentement à participer, confidentialité, etc.), simplement communiquer avec la direction dudit comité à l'adresse de courriel qui suit: ethique.ess@usherbrooke.ca ou encore par téléphone (1-819-821-8000 poste 62644).

Cette étude se déroulant en France, conformément à la loi européenne de R.G.P.D. (Règlement Général sur la Protection des Données), vous pouvez exercer votre droit d'accès aux données vous concernant et les faire rectifier en contactant la Chercheure Livia Bahier Michel: livia.bahier.michel@usherbrooke.ca.

Signature de la Chercheure : Livia Bahier Michel.



J'accepte librement de participer à ce projet de recherche => date de signature de ce formulaire de consentement :



Points importants pour la qualité des données recueillies et celle de la recherche

- Lisez attentivement chaque énoncé et répondez ensuite le plus spontanément possible.

- Il n'y a ni de bonnes ni de mauvaises réponses à ce questionnaire, puisque nous nous intéressons à votre façon de percevoir les choses.

- Les réponses sont strictement anonymes. En effet, rien ne permettra de savoir qui a renseigné tel ou tel questionnaire.

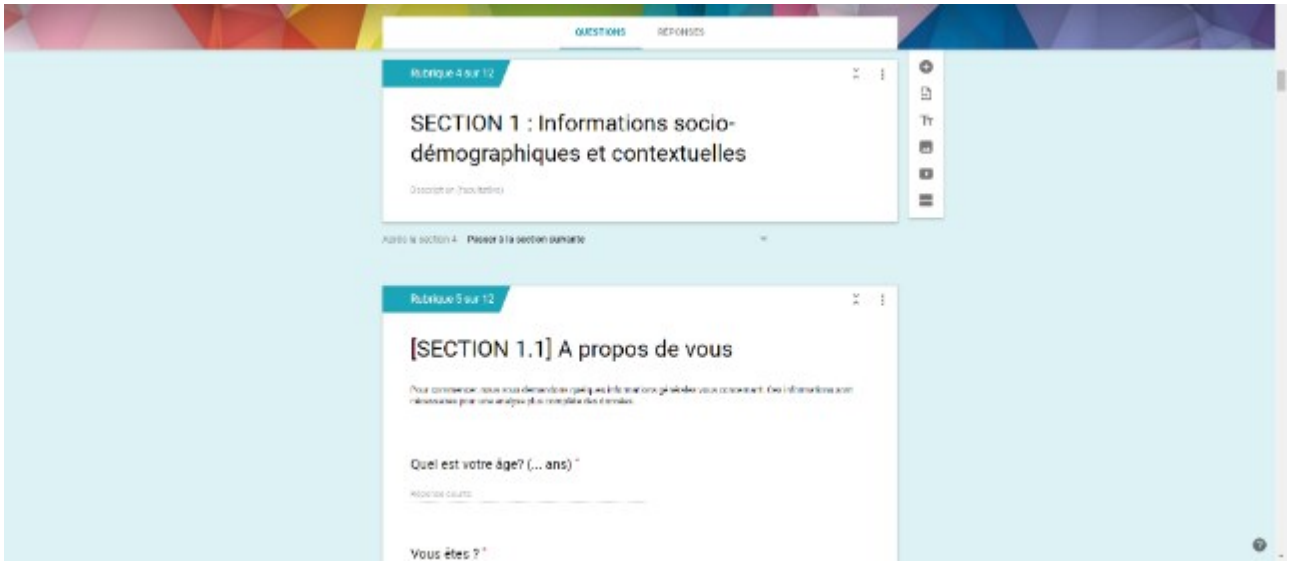
- Certaines questions pourront vous sembler redondantes, ce qui est normal puisque nous sommes en phase de conception de ce questionnaire. Vos réponses permettront d'affiner et retenir les plus pertinentes. Merci encore !





(Source: base d'images MS Forms)

ARCHITECTURE DU QUESTIONNAIRE EN LIGNE (sous GoogleForm)



1. Informations sociodémographiques et contextuelles

1.1 A propos de vous

(Informations sociodémographiques: en lien avec l'objectif C)

Pour commencer, nous vous demandons quelques informations générales vous concernant. Ces informations sont nécessaires pour une analyse plus complète des données.

- Quel est votre âge ? …. Ans

- Êtes-vous ?

□ Une femme □ Un homme □ Je ne souhaite pas le préciser

- Quel est votre niveau d'études (ou équivalent si vous ne les avez pas suivies en France) ?

❒ Collège ❒ Bac +2 ❒ Bac +3 ou 4
❒ CAP, BEP ❒ Bac ❒ Bac +5 et au-delà

❒ Autres, précisez : ……

- Statut professionnel actuel : □ cadre dirigeant (3) □ cadre (2) □ technicien (1) □ étudiant(e) (0)
□ agent de maîtrise (4) □ sans emploi □ retraité(e)

- Quel est votre métier actuel (ex : ingénieur, psychologue, pédagogue…) ? …….

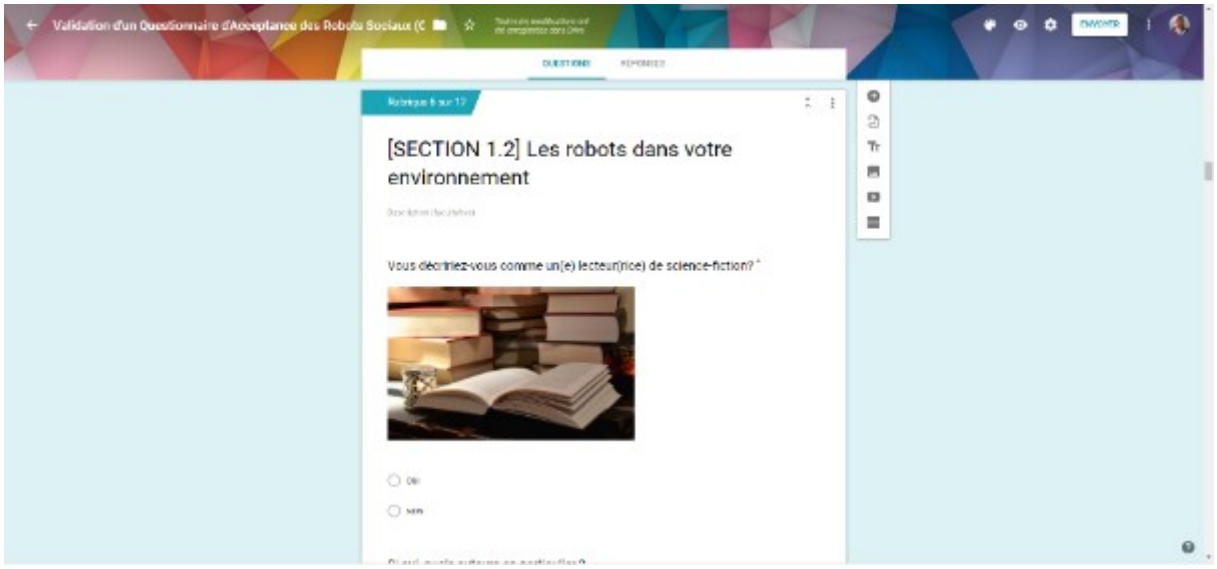
- Quelle fonction exercez-vous au sein de votre entreprise (si intitulé différent de votre métier, par exemple consultant…) ?

..…….

- Exercez-vous une responsabilité de *(plusieurs réponses possibles)* :

□ Manager (1) □ Directeur (2) □ Associé (3)
□ Chef de projet (4) □ Chargé d'affaires (5) □Autre (préciser) …….
□ Pas de responsabilité particulière (0)

- Depuis combien de temps l'exercez-vous ? …… ans
(ex. 4 ans ; mettre 0,5 ans pour une ancienneté de 6 mois par exemple)



1.2 Les robots dans votre environnement

- Vous décririez-vous comme un(e) lecteur(rice) de science-fiction ? □ OUI □ NON

- Si oui, quels auteurs en particulier ?
……
……..……..……

- Parmi les films ou séries d'anticipation suivants, lesquels avez-vous vus (plusieurs réponses possibles) ?



□ Westworld (série américaine de Nolan, J., 2016)

□ Ex-Machina (Garland, A., 2015)

□ Real Human (série danoise de Lundström, L., 2012)

□ Wall-E (film d'animation de Stanton, A., 2008)

□ I, Robot (Proyas, A., 2004)

□ Terminator (Cameron, J., 1985)

□ Blade Runner (Scott, R., 1982)

□ Star wars (Lucas, G., 1977)

□ 2001 : L'Odyssée de l'espace (Kubrick, S., 1968)

□ Aucun d'entre eux

□ Autre (préciser) …….

- Avant cette étude, aviez-vous déjà pensé à utiliser un robot dans votre travail ?

□ OUI*

□ NON

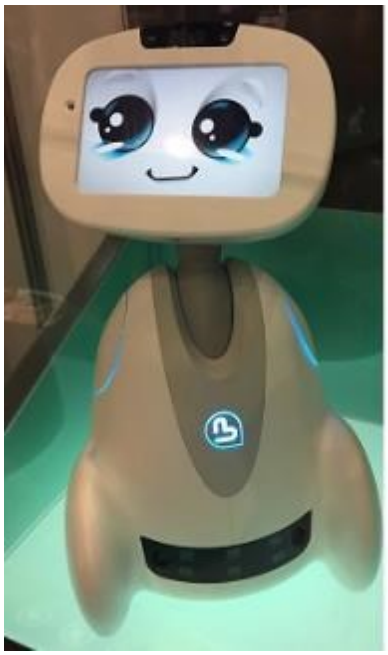
*Si oui, pouvez-vous préciser pour quels types d'usages, pour quelles activités de travail : ……

……

- Pour chacune de ces technologies, indiquez si elle utilisée dans votre entreprise :

	Je ne sais pas si elle est utilisée dans mon entreprise	Elle n'est pas utilisée dans mon entreprise et il n'y a pas de projet en cours	Elle va être utilisée dans mon entreprise ; il y a un projet en cours	Elle est utilisée dans mon entreprise	Je ne connais pas cette technologie
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
1) Objets connectés (par exemple : badge d'accès via *smartphone*, dispositif de géolocalisation…)					
2) Intelligence Artificielle (par exemple, reconnaissance automatique des personnes [caméra], assistant vocal type Alexia ou Google Assistant…)					
3) Robots (par exemple : bras robotique, chariot logistique autonome, robot d'accueil…)					
4) Cloud Computing (par exemple : stockage de données dans One Drive, DropBox…)					
5) Big data					
6) Réalité Virtuelle (RV) (par exemple : formation avec des casques de réalité virtuelle [secours, procédure de sécurité, …])					
7) Réalité Augmentée (RA) (par exemple : maintenance des machines avec l'assistance d'un casque de réalité augmenté [type Hololens ou Google Glasses])					
8) Drones					
9) Chatbots (par exemple : répondeur téléphonique de l'entreprise, accueil client sur le site web, ...)					
10) Jumeau numérique (par exemple : bâtiment numérique [BIM], simulation virtuelle de chaines de production, ...)					

- Avez-vous déjà eu l'occasion d'interagir avec un robot ?




□ OUI □ NON

- A quelle occasion *(plusieurs réponses possibles)* ?

□ Salon technologique (ex. Vivatech, INNOROBO…)

□ Dans un magasin

□ A la gare

□ Dans un office de tourisme

□ Dans une maison de retraite

□ A l'hôpital

□ Au travail

□Autre : préciser…….

- Préciser quel était son usage (par exemple en formation, à l'accueil…)

…….

- Pendant quelle(s) durée(s) avez-vous interagi avec ce robot ?

□ quelques minutes □ une heure □ une journée entière □ plus d'une journée

□ de façon répétée*

(*Si de façon répétée, merci de préciser dans quelles circonstances et sur quelle durée:)

……

□Autre : préciser…….



2. Vos attitudes vis-à-vis des robots sociaux

Échelle associée au *T.A.M. (Technology Acceptance Model)* +traduction et adaptation par la chercheuse (Bahier Michel, 2019)

Un robot dit ‘‘social’’ est un robot destiné à interagir avec les humains, sans nécessairement de spécialité particulière (contrairement à un robot industriel ou médical). Pouvant parler, regarder, se déplacer, se connecter à des logiciels utilisés par l’humain, se saisir d’objets, etc, il est en mesure d’évoluer dans les mêmes environnements que des humains, par exemple leur lieu de travail.

Il peut se présenter sous différentes formes : mécanique, animale, ou même de forme similaire à l’humain (androïde si très ressemblant [anthropomorphe], ou humanoïde si on détecte bien qu’il s’agit d’une machine). Il sera plus ou moins autonome selon le niveau d'I.A. (intelligence artificielle) embarquée dans ses logiciels.

Dans cette étude, nous nous concentrerons sur les robots humanoïdes ou partiellement humanoïdes comme dans l’exemple qui suit (car se déplaçant sur roulettes et non sur des pieds).

2.1 - Comment remplir cette section du questionnaire ?

- Pour chaque affirmation, indiquez votre degré d'accord à partir d'une échelle allant de 1 (Totalement en désaccord) à 7 (Totalement en accord).
- Les chiffres intermédiaires permettent de nuancer vos réponses.
- Merci de sélectionner le chiffre correspondant à votre réponse.

➔En vous basant sur l'image de l'exemple de robot semi-humanoïde PEPPER ci-dessous, et sur vos expériences avec des robots de ce type le cas échéant, veuillez répondre aux questions qui vont suivre dans le questionnaire.



[Source @Hoomano: https://hoomano.com/fr/accueil/]

	Totalement en désaccord	Plutôt en désaccord	Légèrement en désaccord	Neutre	Légèrement en accord	Plutôt en accord	Totalement en accord
UTILITÉ PERÇUE[180]	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
1) Le fait d'utiliser le robot social dans mon travail me permettrait d'accomplir des tâches plus rapidement.							
3) Le fait d'utiliser le robot social améliorerait ma performance professionnelle.							
5) Le fait d'utiliser le robot social au travail augmenterait ma productivité.							
7) Le fait d'utiliser le robot social améliorerait mon efficacité au travail.							
9) Le fait d'utiliser le robot social rendrait plus facile de faire mon travail.							
11) Je trouverais le robot social utile dans mon métier.							

UTILISABILITÉ (ou FACILITE D'USAGE) PERÇUE	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
2) Apprendre à utiliser le robot social serait facile pour moi.							
4) Je trouverais facile de faire en sorte que le robot social fasse ce que je veux.							
6) Mon interaction avec le robot social serait claire et compréhensible.							
8) Je trouverais le robot social flexible en termes d'interaction.							
10) Il me serait facile de devenir habile à utiliser le robot social.							
12) Je trouverais le robot social facile à utiliser.							

[180] NB: en vert, informations pour le chercheur qui n'apparait pas dans le questionnaire et ordre des questions mélangé pour ne pas laisser repérer les construits mesurés par le répondant => saisies une sur 2 entre utilité et utilisabilité perçues.

[Section 2.2]

	Totalement en désaccord	Plutôt en désaccord	Légèrement en désaccord	Neutre	Légèrement en accord	Plutôt en accord	Totalement en accord
PLAISIR PERÇU*	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
13) J'aime que le robot social me parle.							
15) J'aime faire des activités avec le robot social.							
17) Je trouve le robot social agréable.							
19) Je trouve le robot social fascinant.							
21) Je trouve le robot social ennuyeux.							
22) Je trouve le robot social amusant à observer.							
23) Je pense que le robot social rendrait ma vie plus intéressante.							

CONFIANCE*	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
14) Je ferais confiance au robot social s'il me donnait des conseils.							
16) Je suivrais les conseils que le robot social me donne.							
18) Je vais demander conseil au robot social dans le cadre de mon activité professionnelle.							
20) Je ferais plus confiance au robot social qu'à mes collègues pour des conseils professionnels.							

Avez-vous trouvé certains items de ces sections 2.1 et 2.2 difficiles à renseigner ?

□ OUI

□ NON

Si OUI, indiquer le numéro de la question: ……

Quelles suggestions de reformulation ou même ajouts de questions pourriez-vous nous faire ?

……

……

……

……

[Section 2.3] Adaptation du Godspeed Questionnaire de Bartneck par la chercheuse

2.3- Veuillez noter vos impressions au sujet du robot social (exemple de PEPPER sur l'image présentée en début de ce questionnaire) sur les 2 échelles ci-après.

Section III ‘‘*Likeability’’* (appréciation du robot)

	⟷							
1	**Déplaisant**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**Plaisant**
2	**Inamical**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**Amical**
3	**Détestable**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**Aimable**
4	**Désagréable**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**Agréable**
5	**Méchant**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**Gentil**

Section IV ‘‘*Perceived intelligence’’* (intelligence du robot perçue par l'utilisateur)

	⟷							
6	**Incompétent**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**Compétent**
7	**Ignorant**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**Cultivé**
8	**Irresponsable**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**Responsable**
9	**Idiot**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**Intelligent**
10	**Insensé**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**Sensé**

[Section 2.4] Vos intentions d'usage d'un robot social ?

	Totalement en désaccord	Plutôt en désaccord	Légèrement en désaccord	Neutre	Légèrement en accord	Plutôt en accord	Totalement en accord
INTENTIONS D'USAGE	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
1) Je m'imagine bien utiliser un robot social dans mes activités professionnelles.							
2) Je parle souvent aux autres du fait de pouvoir utiliser un robot social dans mon travail.							
3) Je pense que c'est une bonne idée d'utiliser un robot social.							
4) Je pense que c'est une bonne idée d'utiliser un robot social dans mes activités professionnelles.							
5) Si je pouvais acheter un robot social, j'aimerais en acheter un dès maintenant.							
6) Si je pouvais posséder un robot social, je m'imagine l'utiliser pendant plusieurs mois.							
11) Si j'avais l'occasion d'utiliser un robot social dans le cadre de mon travail, je m'imagine l'utiliser pendant plusieurs mois.							
8) Si j'avais l'occasion d'utiliser un robot social dans le cadre de mon travail, je m'imagine l'utiliser pendant plusieurs années.							
7) Je pense que je vais utiliser le robot social dans les prochains jours.							
10) Je suis certain(e) que je vais utiliser le robot social dans les prochains jours.							
12) J'ai prévu d'utiliser le robot social dans les prochains jours.							
9) J'aimerais que le robot soit développé pour faire plus de choses dans mon travail.							

Commentaires pour l'amélioration de ce questionnaire

Avez-vous trouvé certains items de cette section 2 difficiles à renseigner ?

□ OUI

□ NON

Si OUI, indiquer le numéro de la question: ……

Quelles suggestions de reformulation ou même ajouts de questions pourriez-vous nous faire ?

3 De l'anxiété robotique?

Échelle N.A.R.S (Negative attitude toward robots scale de Nomura, Kanda et Suzuki, 2006) +traduction et adaptation par la chercheure (Bahier Michel, 2019)

(Anxiété robotique: en lien avec l'objectif B)

3.1 Comment répondre?

- Comme dans la section précédente, pour chaque affirmation, indiquez votre degré d'accord à partir d'une échelle allant de 1 (Totalement en désaccord) à 7 (Totalement en accord).
- Les chiffres intermédiaires permettent de nuancer vos réponses.
- Merci de sélectionner le chiffre correspondant à votre réponse.

	Totalement en désaccord	Plutôt en désaccord	Légèrement en désaccord	Neutre	Légèrement en accord	Plutôt en accord	Totalement en accord
INTERACTION*	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
1) Je me sentirais mal à l'aise si on me donnait un travail dans lequel je devrais utiliser des robots sociaux.							
2) Le mot "robot" ne signifie rien pour moi.							
3) Je me sentirais nerveux(se) si je devais interagir avec un robot social devant d'autres personnes.							
4) Je détesterais l'idée que des robots émettent des jugements sur des choses.							
5) Je me sentirais très nerveux(se) rien que de me tenir face à un robot social.							
6) Je me sentirais paranoïaque en parlant avec un robot social.							
7) J'aurais peur que le robot social se montre plus intelligent que moi.							

SOCIAL*	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
8) Je me sentirais mal à l'aise si les robots sociaux avaient réellement des émotions.							
9) Quelque chose de mal pourrait se produire si les robots sociaux se développaient comme des êtres vivants.							

10) J'ai le sentiment que si je dépends trop des robots, quelque chose de mal pourrait arriver.	
11) Je suis préoccupé(e) par le fait que les robots sociaux pourraient avoir une mauvaise influence sur les enfants.	
12) J'ai l'impression que dans le futur notre société sera dominée par les robots.	
13) J'ai le sentiment que dans le futur, les robots seront monnaie courante dans notre société.	
14) J'ai peur que le robot social me remplace dans mon travail.	
15) J'aurais peur que le robot social enregistre des informations me concernant.	
16) J'aurais peur que le robot social diffuse des informations me concernant.	
17) J'aurais peur de devenir inutile si le robot social me remplace dans mon travail.	
18) J'aurais peur d'être surveillé par le robot social.	

ÉMOTIONS*	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
19) Je me sentirais détendu(e) en parlant avec des robots sociaux.							
20) Si les robots sociaux avaient des émotions, je serais en mesure de devenir ami(e) avec eux.							
21) Je sens que je pourrais devenir ami(e) avec des robots sociaux.							
22) Je me sens à l'aise en étant avec des robots sociaux qui ont des émotions.							
23) Je me sens à l'aise en étant avec des robots sociaux.							
24) Je me sens à l'aise en présence de robots industriels.							
25) Je me sens à l'aise en présence de robots ayant la forme d'animaux.							

ANXIÉTÉ TECHNOLOGIQUE*	1	2	3	4	5	6	7
26) Si je devais utiliser un robot social, j'aurais peur de commettre des erreurs techniques avec lui.							
27) Si je devais utiliser le robot social, j'aurais peur de le casser.							
28) Si je devais utiliser le robot social, j'aurais peur de casser des choses dans mon environnement de travail.							
29) Si je devais utiliser le robot social, j'aurais peur de blesser quelqu'un.							
30) Si je devais utiliser le robot social, je m'inquiéterais de devoir le recharger.							
31) Si je devais utiliser le robot social, je m'inquiéterais de perdre des données s'il s'éteignait (batteries à plat).							
32) Un robot social étant un objet connecté à Internet, je serais inquiet(e) quant à la sécurité des données qu'il enregistre.							
33) Je ne suis pas sûr(e) d'être assez compétent(e) pour utiliser un robot social.							
34) Je ne saurais pas comment m'adresser au robot social.							

3.2 Commentaires pour l'amélioration de ce questionnaire

3.2.1 Avez-vous trouvé certains items de cette section difficiles à renseigner ?

□ OUI

□ NON

Si OUI, indiquer le numéro de la question: ……

3.2.2 Quelles suggestions de reformulation pourriez-vous nous faire?

……



Annexe H: Approbation éthique août 2019 pour l'étude terrain (dont cueillette données auprès de la population de validation)

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Sherbrooke, le 19 août 2019

Mme Livia Bahier Michel
FACULTÉ D'ÉDUCATION (études)
Université de Sherbrooke

N/Réf. 2019-1900/Bahier Michel

Objet : Approbation finale de votre projet de recherche

Madame,

Le Comité d'éthique de la recherche – Éducation et sciences sociales a reçu les clarifications ou les modifications demandées concernant votre projet de recherche intitulé **« Titre de la thèse doctorale: Étude du processus d'adoption de robots sociaux en situation professionnelle: cas des chefs de projet d'une entreprise française du secteur tertiaire (ingénierie construction) dans le cadre de leur activité d'élaboration d'une note de risque »**.

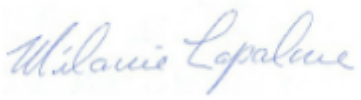
Les documents suivants ont été analysés :

- Formulaire de réponse aux conditions (F20-numéro)
- Déclaration relative aux projets de recherche (CER-Bahier-signatures-directions.pdf)
- Projet de recherche (BahierMichelL_16005127_ProjetRech_ETHIQUE-Nagano_2019-08-02.docx) [date : 02 août 2019, version : BahierMichelL_16005127_ProjetRech_ETHIQUE-Nagano_2019-08-02]
- Outil de collecte des données (BahierMichelL_16005127_ProjetRech_INSTRUMENTS_2019-08-02_V10.docx) [date : 02 août 2019, version : BahierMichelL_16005127_ProjetRech_INSTRUMENTS_2019-08-02_V10]
- Recrutement (Mails_invitations_pop validation-et-recherche_Bahier_vf3.docx) [date : 14 juillet 2019, version : Mails_invitations_pop validation-et-recherche_Bahier_vf3]
- Recrutement (AIDEZ LA SCIENCE_afficheEchValidation_V6.pdf) [date : 01 août 2019, version : AIDEZ LA SCIENCE_afficheEchValidation_V6]
- Formulaire de consentement (Formulaire_consentement_EchValidation_vf.docx) [date : 19 août 2019, version : Formulaire_consentement_EchValidation_vf]
- Formulaire d'information et de consentement (Formulaire_consentement_EchRecherche_vf.docx) [date : 19 août 2019, version : Formulaire_consentement_EchRecherche_vf]

Le comité a le plaisir de vous informer que votre projet de recherche a été **approuvé**.

Cette approbation étant **valide jusqu'au 19 août 2020**, il est de votre responsabilité de remplir le formulaire de suivi (formulaire F5-ESS) que nous vous ferons parvenir annuellement. Il est également de votre responsabilité d'aviser le comité de toute modification au projet de recherche (formulaire F4-ESS) ou de la fin de votre projet (formulaire F6-ESS). Ces deux derniers formulaires sont disponibles dans Nagano.

Le comité vous remercie d'avoir soumis votre demande d'approbation à son attention et vous souhaite, Madame, le plus grand succès dans la réalisation de cette recherche.



Mme Mélanie Lapalme
Présidente du CÉR - Éducation et sciences sociales
Professeure au département de psychoéducation
Faculté d'éducation

c. c. Vice-décanat à la recherche
Directeur ou directrice de recherche (le cas échéant)
Service d'appui à la recherche, à l'innovation et à la création (le cas échéant)

Annexe I: Affiche de recrutement du deuxième échantillon de population de validation (fidélité temporelle)

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE (QUEBEC, CANADA)
UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE L'OUEST (ANGERS, FRANCE)

julhiet sterwen



AIDEZ LA SCIENCE

Saison 2 - ep.2 !

Participez à mon projet de recherche de doctorat :
Le thème ? Toujours le processus d'adoption/rejet de robots humanoïdes au travail (secteur tertiaire : dans nos métiers et ceux de nos clients, quoi !), en zoomant sur la phase amont, nos perceptions et usages attendus.

ARE YOU ROBOT READY ?!

COMMENT ?

Il vous suffit de répondre une première fois à un questionnaire anonyme, puis une **2e fois quinze jours plus tard**, à mon signal (avec un même code pour pouvoir relier les 2 passations).

2x20 PETITES MINUTES POUR VOUS
UN GRAND PAS POUR LA RECHERCHE EN ROBOTIQUE !

MOBILISONS NOUS !

J'ai besoin d'au moins 50 personnes pour assurer la scientificité de l'étude.
Relevons le défi ensemble !

ATTENTION : Ne pas diffuser hors de la SOCIÉTÉ... Mais n'hésitez pas à relayer et à mobiliser en interne. Je compte sur vous !

UN IMMENSE MERCI !!!

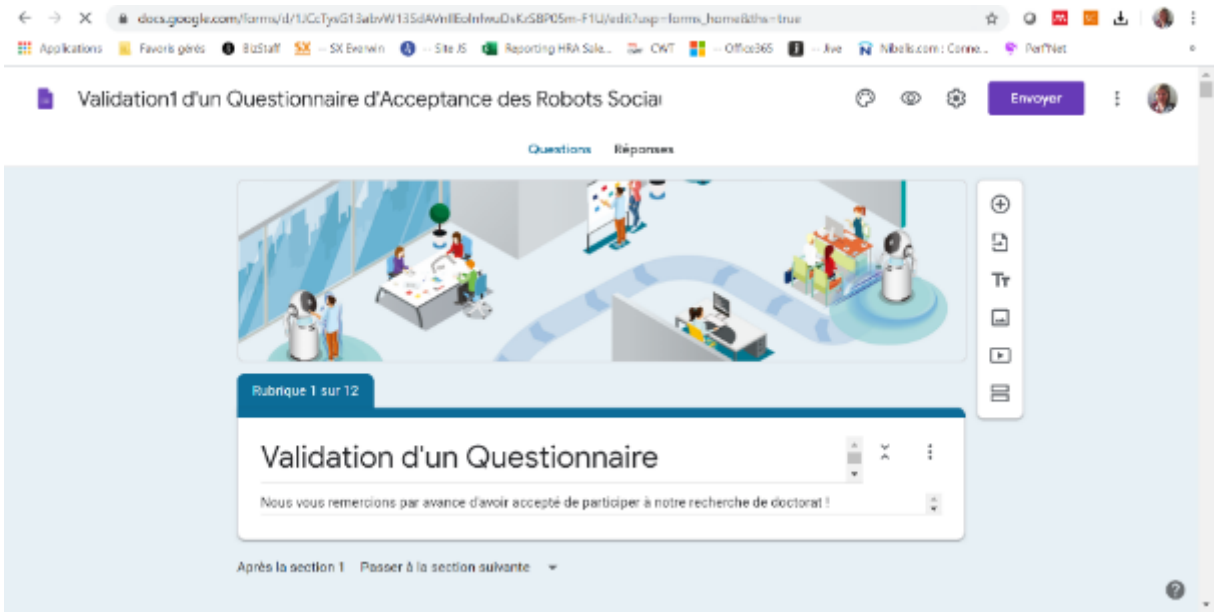
SCAN ME



QUAND? du 24 au 30 avril
puis **2e passation entre le 14 et le 21 mai 2020**
Où? Questionnaire en ligne Google form
sur **Teams** ou QR code ci-contre
(avec formulaire d'information et de consentement détaillé disponible en pdf sur demande)

POUR TOUTE QUESTION: 06 12 37 40 43
LIVIA.BAHIER.MICHEL@USHERBROOKE.CA

Annexe J: Formulaire de consentement de l'échantillon de validation de la fidélité temporelle du questionnaire Q.A.R.S.© - version Test



➔Version test en ligne[181] ou via le QR code suivant:

SCAN ME

[181] Lien passation modifié pour la dernière fois, sous *GoogleForm*, le 23/04/2020 (version « validation1 » groupe Test/reTest JS): https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScvDMyMhDgn4kEAPEE0uLHQxn29LZEBrV_Oovaj4GiDxUdXHw/viewform?usp=sf_link

[➔Version texte pdf]

Validation d'un Questionnaire d'Acceptance des Robots Sociaux (Q.A.R.S.©)

Étude du processus d'adoption (ou de rejet) d'un robot humanoïde dans le cadre d'une activité professionnelle tertiaire.

Nous vous remercions par avance d'avoir accepté de participer à notre recherche de doctorat.

••• LE THÈME ? •••
Le processus d'adoption/rejet de robots sociaux dans le cadre d'activités professionnelles tertiaires.

••• COMMENT ? •••
Il vous suffit de répondre une première fois à ce questionnaire anonyme, puis une 2e fois quinze jours plus tard (avec un même code* pour pouvoir relier les 2 passations).
Vous trouverez toutes les informations détaillées concernant le cadre de cette recherche dans le Formulaire d'information et de consentement (F.I.C.) à signer dans la section suivante.

Si vous avez des questions concernant cette recherche, n'hésitez pas à me contacter.
Je vous remercie par avance pour votre contribution.

Livia BAHIER MICHEL, Chercheure doctorante
Étudiante au Doctorat - Éducation, Carriérologie et Éthique (E.C.E.)
Tel.: (+33)6 77 77 68 37
Courriel: livia.bahier.michel@usherbrooke.ca
Membre étudiante du CRIFPE-Sherbrooke et de l'équipe de recherche E.G.E.I. (Éthique et Gouvernance des Entreprises et Institutions) à Angers.

==========> INVITATION FORMELLE A PARTICIPER <==========

(Formulaire de consentement pour le projet de recherche à signer en bas de cette section, merci)

Madame, Monsieur,

Comme indiqué dans le post et l'affiche d'invitation qui vous ont conduit(e) à ce lien, nous vous invitons à participer à la recherche en titre.

Les objectifs de ce projet de recherche sont multiples et ils visent à étudier le processus d'adoption (ou de rejet) d'un robot social (humanoïde) dans une entreprise telle que la vôtre (secteur des services – métiers du conseil).

Cette étude scientifique a pour objectifs de :

1) Identifier et comprendre l'influence des perceptions du robot *a priori* par le futur utilisateur sur ses intentions d'utiliser le robot social au travail ;

2) Identifier et comprendre l'influence de l'anxiété technologique de l'utilisateur (face au robot social) sur ses intentions d'utiliser le robot social au travail ;

3) Décrire l'influence des caractéristiques de l'utilisateur potentiel (âge, sexe, catégorie socio-professionnelle [CSP], expérience préalable de robots, volontariat pour l'usage) sur les facteurs psychologiques, et

4) Observer et décrire l'évolution (à différents temps de mesure) de l'usage effectif du robot social en contexte de travail : ici, dans le cadre de l'élaboration d'une note de risque par des chefs de projet (dans une entreprise de conseil en construction).

••• En quoi consiste la participation au projet ? •••

Votre participation à ce projet de recherche consiste principalement à répondre, **par deux fois**, à un questionnaire d'enquête afin d'en assurer la validation scientifique. Ce questionnaire auto-administré est d'une durée maximale de 20 minutes environ et le seul inconvénient lié à votre participation est le temps consacré à le compléter.

••• Qu'est-ce que la chercheure fera avec les données recueillies ? •••

Ce questionnaire anonyme ne requiert pas votre identification comme personne participante à cette recherche et les données recueillies par cette étude seront traitées de manière entièrement confidentielle. Les résultats de la recherche ne permettront pas d'identifier les personnes

participantes. Les résultats seront diffusés dans la cadre de la thèse, dans des articles scientifiques et lors de présentations dans des colloques. Les données recueillies seront conservées dans un fichier électronique protégé par un mot de passe et les seules personnes qui y auront accès sont la chercheure et ses directeurs de recherche.
Les données seront conservées pour une durée de sept (7) ans suivant la fin du projet de recherche (correspondant au dépôt final de la thèse) et elles seront ensuite détruites. Elles seront utilisées aux seules fins décrites dans le présent document.

••• Est-il obligatoire de participer ? •••
Non. La participation à cette étude se fait sur une base volontaire. Vous êtes entièrement libre de participer ou non, et de vous retirer en tout temps sans avoir à motiver votre décision ni à subir de préjudice de quelque nature que ce soit.

••• Y a-t-il des risques, inconvénients ou bénéfices ? •••
Au-delà des risques et inconvénients mentionnés jusqu'ici, les chercheures et chercheurs considèrent que les risques possibles sont minimaux. Le principal bénéfice prévu est de contribuer à l'avancement des connaissances scientifiques. Aucune compensation financière n'est accordée.

••• Que faire si j'ai des questions concernant le projet ? •••
Si vous avez des questions concernant ce projet de recherche, n'hésitez pas à communiquer avec moi aux coordonnées indiquées ci-dessous.

(NB : ce texte est disponible en format pdf sur demande auprès de la Chercheure)

****
!!! IMPORTANT !!!

En validant la mention « J'ACCEPTE » (en bas de ce formulaire en ligne), j'atteste que :
===> J'ai lu et compris le document d'information au sujet du projet.
===>J'ai compris les conditions, les risques et les bienfaits de ma participation. J'ai obtenu des réponses aux questions que je me posais au sujet de ce projet. J'accepte librement de participer à ce projet de recherche.
UN GRAND MERCI PAR AVANCE pour votre contribution.

****

Livia BAHIER MICHEL, Chercheure doctorante
Étudiante au Doctorat - Éducation, Carriérologie et Éthique (E.C.E.)
Tel. direct (en France): (+33)6 77 77 68 37
Courriel: livia.bahier.michel@usherbrooke.ca

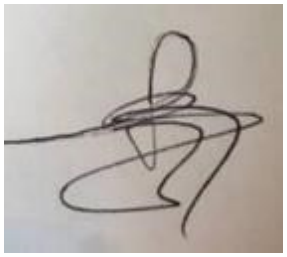
Directeurs de recherche:
Professeurs Vincent Grenon (vincent.grenon@USherbrooke.ca - Université de Sherbrooke)
Et Guy Minguet (guy.minguet@imt-atlantique.fr - Institut Mines Télécom Atlantique Nantes et Université Catholique de l'Ouest à Angers)

****

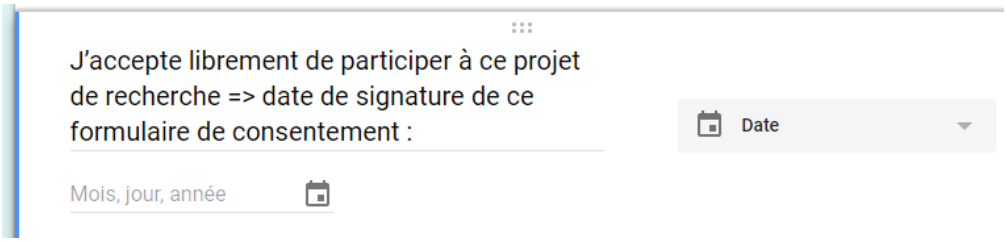
Cette recherche a été revue et approuvée par le Comité d'éthique de la recherche, Éducation et sciences sociales, de l'UdeS. Cette démarche vise à assurer la protection des participants. Si vous avez des questions sur les aspects éthiques de l'expérimentation (consentement à participer, confidentialité, etc.), simplement communiquer avec la direction dudit comité à l'adresse de courriel qui suit: ethique.ess@usherbrooke.ca ou encore par téléphone (1-819-821-8000 poste 62644).

Cette étude se déroulant en France, conformément à la loi européenne de R.G.P.D. (Règlement Général sur la Protection des Données), vous pouvez exercer votre droit d'accès aux données vous concernant et les faire rectifier en contactant la Chercheure Livia Bahier Michel: livia.bahier.michel@usherbrooke.ca.

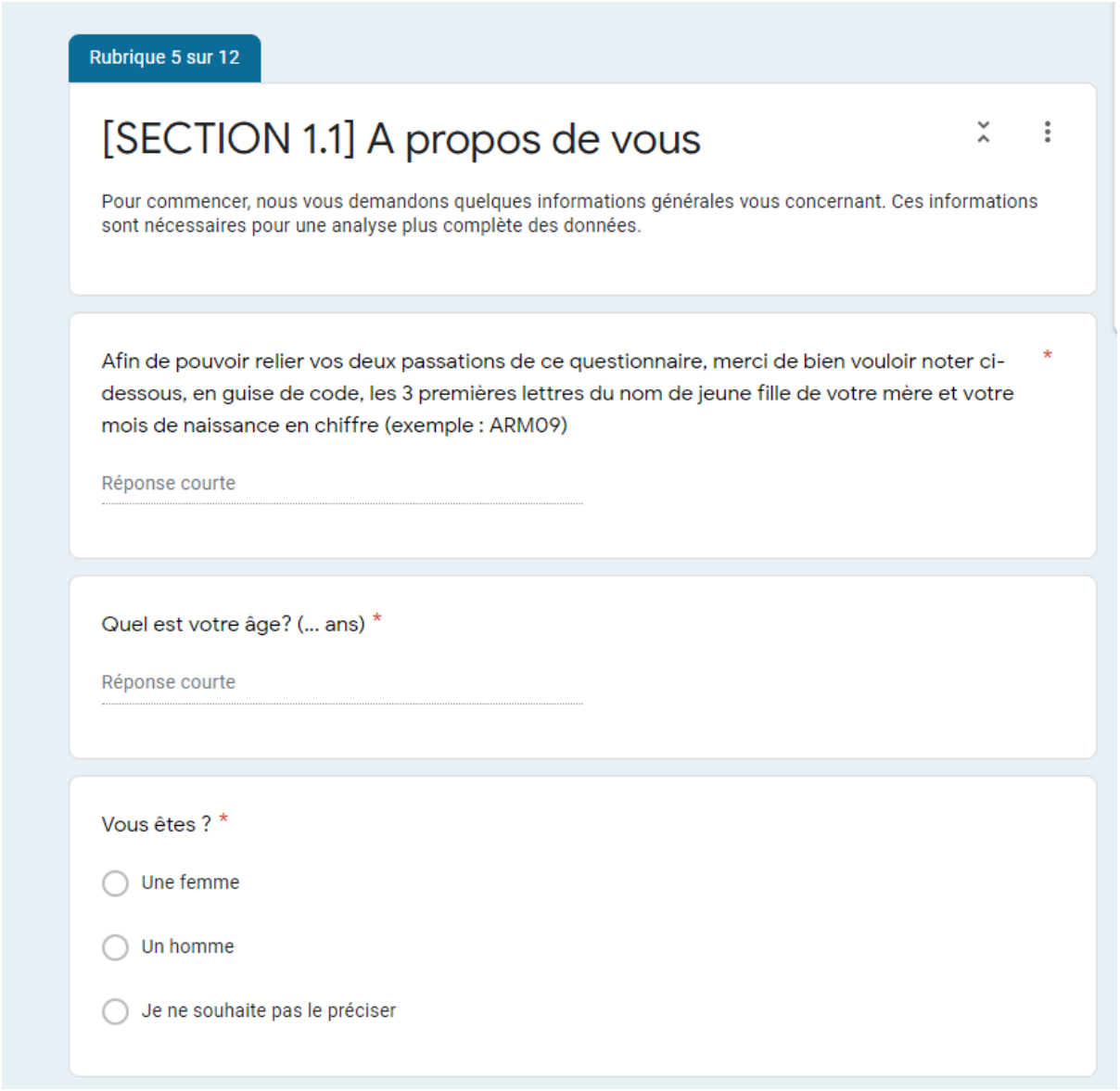
Signature de la Chercheure : Livia Bahier Michel.



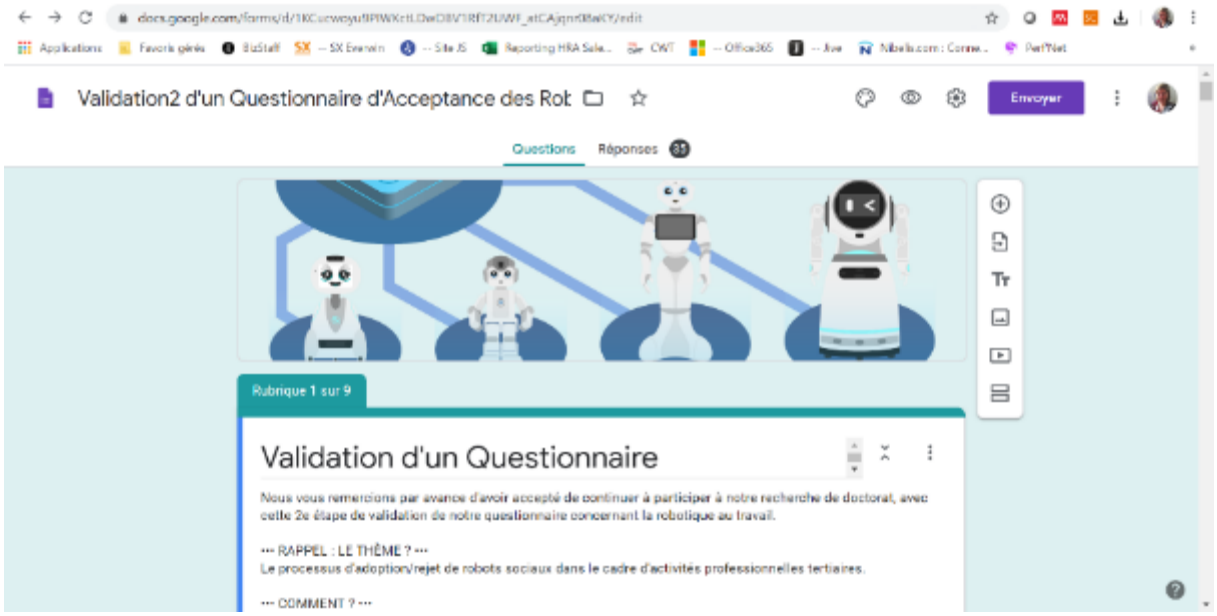
J'accepte librement de participer à ce projet de recherche => date de signature de ce formulaire de consentement :



*Afin de pouvoir relier vos deux passations de ce questionnaire, merci de bien vouloir noter ci-dessous, en guise de code, les 3 premières lettres du nom de jeune fille de votre mère et votre mois de naissance en chiffre (exemple : ARM09)



Annexe K: Extrait du formulaire de consentement de l'échantillon de validation de la fidélité temporelle du questionnaire Q.A.R.S.© - version Retest



Validation d'un Questionnaire d'Acceptance des Robots Sociaux (Q.A.R.S.©)

Nous vous remercions par avance d'avoir accepté de continuer à participer à notre recherche de doctorat, avec cette 2e étape de validation de notre questionnaire concernant la robotique au travail.

••• RAPPEL : LE THÈME ? •••

Le processus d'adoption/rejet de robots sociaux dans le cadre d'activités professionnelles tertiaires.

••• COMMENT ? •••

Il vous suffit de répondre pour la 2e fois à ce questionnaire anonyme (qui ne comporte cette fois que les questions finales liées à vos perceptions sur les robots), quinze jours environ après votre première passation en ligne (avec le même code* pour pouvoir relier les 2 passations, en suivant les mêmes instructions ci-dessous).

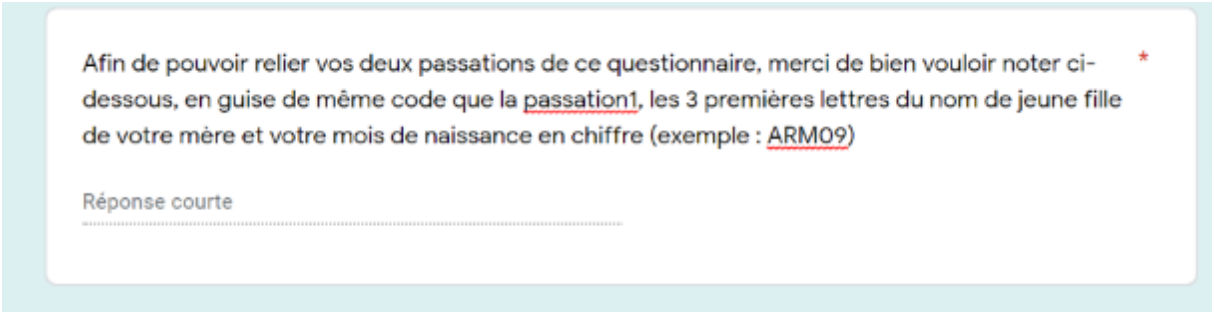
Vous retrouverez si besoin toutes les informations détaillées concernant le cadre de cette recherche dans le Formulaire d'information et de consentement (F.I.C.), dans mon message précédent ou sur demande.

Si vous avez des questions concernant cette étude, n'hésitez pas à me contacter.
Je vous remercie par avance pour votre contribution.

Livia BAHIER MICHEL, Chercheure doctorante
Étudiante au Doctorat - Éducation, Carriérologie et Éthique (E.C.E.)
Tel.: (+33)6 77 77 68 37
Courriel: livia.bahier.michel@usherbrooke.ca
Membre étudiante du CRIFPE-Sherbrooke et de l'équipe de recherche E.G.E.I. (Éthique et Gouvernance des Entreprises et Institutions) à Angers.

[…[182]]

*Afin de pouvoir relier vos deux passations de ce questionnaire, merci de bien vouloir noter ci-dessous, en guise de même code que la passation1, à savoir les 3 premières lettres du nom de jeune fille de votre mère et votre mois de naissance en chiffre (exemple : ARM09)



[182] Même formulaire que pour la passation précédente Test

Annexe L: Questionnaire Q.A.R.S.© - version finale validée (incluant la réorganisation des blocs après Discussion), disponible pour études applicatives

Questionnaire d'Acceptance des Robots Sociaux (Q.A.R.S.©) de Bahier (2021)

1. Informations sociodémographiques et contextuelles

1.1 A propos de vous

Pour commencer, nous vous demandons quelques informations générales vous concernant. Ces informations sont nécessaires pour une analyse plus complète des données.

- Quel est votre âge ? …. Ans

- Êtes-vous ?

□ Une femme □ Un homme □ Je ne souhaite pas le préciser

- Quel est votre niveau d'études (ou équivalent si vous ne les avez pas suivies en France) ?

□ BEPC (collège) □ CAP, BEP □ Bac
□ Bac +2 □ Bac +3 ou 4 □ Bac +5 et au-delà
□ Autre, précisez: ……

- Statut professionnel actuel :

□ cadre dirigeant □ cadre □ technicien □ étudiant(e) □ agent de maîtrise
□ retraité(e) □ sans emploi

- Quel est votre métier actuel (ex : ingénieur, psychologue, conseiller bancaire, formateur…) ? …….

- Quelle fonction exercez-vous au sein de votre entreprise (si intitulé différent de votre métier, par exemple consultant…) ?

..…….

- Exercez-vous une responsabilité de *(plusieurs réponses possibles)* :

□ Manager □ Directeur □ Associé □ Chef de projet □ Chargé d'affaires □Autre (préciser) …….
□ Pas de responsabilité particulière

- Depuis combien de temps l'exercez-vous ? …… ans

(ex. 4 ans ; mettre 0,5 ans pour une ancienneté de 6 mois par exemple)

1.2 Les robots dans votre environnement

- Vous décririez-vous comme un(e) lecteur(rice) de science-fiction ? □ OUI □ NON

- Si oui, quels auteurs en particulier ?

……

……..……..……

- Parmi les films ou séries d'anticipation suivants, lesquels avez-vous vus (plusieurs réponses possibles) ?



□ Westworld (série américaine de Nolan, J., 2016)

□ Ex-Machina (Garland, A., 2015)

□ Real Human (série danoise de Lundström, L., 2012)

□ Wall-E (film d'animation de Stanton, A., 2008)

□ I, Robot (Proyas, A., 2004)

□ Terminator (Cameron, J., 1985)

□ Blade Runner (Scott, R., 1982)

□ Star wars (Lucas, G., 1977)

□ 2001 : L'Odyssée de l'espace (Kubrick, S., 1968)

□ Aucun d'entre eux

□ Autre (préciser) …….

- Avant cette étude, aviez-vous déjà pensé à utiliser un robot dans votre travail ?

□ OUI*

□ NON

*Si oui, pouvez-vous préciser pour quels types d'usages, pour quelles activités de travail : ……

……

- Pour chacune de ces technologies, indiquez si elle utilisée dans votre entreprise :

	Je ne sais pas si elle est utilisée dans mon entreprise	Elle n'est pas utilisée dans mon entreprise et il n'y a pas de projet en cours	Elle va être utilisée dans mon entreprise ; il y a un projet en cours	Elle est utilisée dans mon entreprise	Je ne connais pas cette technologie
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
1) Objets connectés (par exemple : badge d'accès via *smartphone*, dispositif de géolocalisation…)					
2) Intelligence Artificielle (par exemple, reconnaissance automatique des personnes [caméra], assistant vocal type Alexia ou Google Assistant…)					
3) Robots (par exemple : bras robotique, chariot logistique autonome, robot d'accueil…)					
4) Cloud Computing (par exemple : stockage de données dans One Drive, DropBox…)					
5) Big data					
6) Réalité Virtuelle (RV) (par exemple : formation avec des casques de réalité virtuelle [secours, procédure de sécurité, …])					
7) Réalité Augmentée (RA) (par exemple : maintenance des machines avec l'assistance d'un casque de réalité augmenté [type Hololens ou Google Glasses])					
8) Drones					
9) Chatbots (par exemple : répondeur téléphonique de l'entreprise, accueil client sur le site web, ...)					
10) Jumeau numérique (par exemple : bâtiment numérique [BIM], simulation virtuelle de chaines de production, ...)					

- Avez-vous déjà eu l'occasion d'interagir avec un robot ?





□ OUI □ NON

- A quelle occasion *(plusieurs réponses possibles)* ?

□ Salon technologique (ex. Vivatech, INNOROBO…)

□ Dans un magasin

□ A la gare

□ Dans un office de tourisme

□ Dans une maison de retraite

□ A l'hôpital

□ Au travail

□Autre : préciser…….

- Préciser quel était son usage (par exemple en formation, à l'accueil…)

…….

- Pendant quelle(s) durée(s) avez-vous interagi avec ce robot ?

□ quelques minutes □ une heure □ une journée entière □ plus d'une journée

□ de façon répétée*

(*Si de façon répétée, merci de préciser dans quelles circonstances et sur quelle durée:)

……

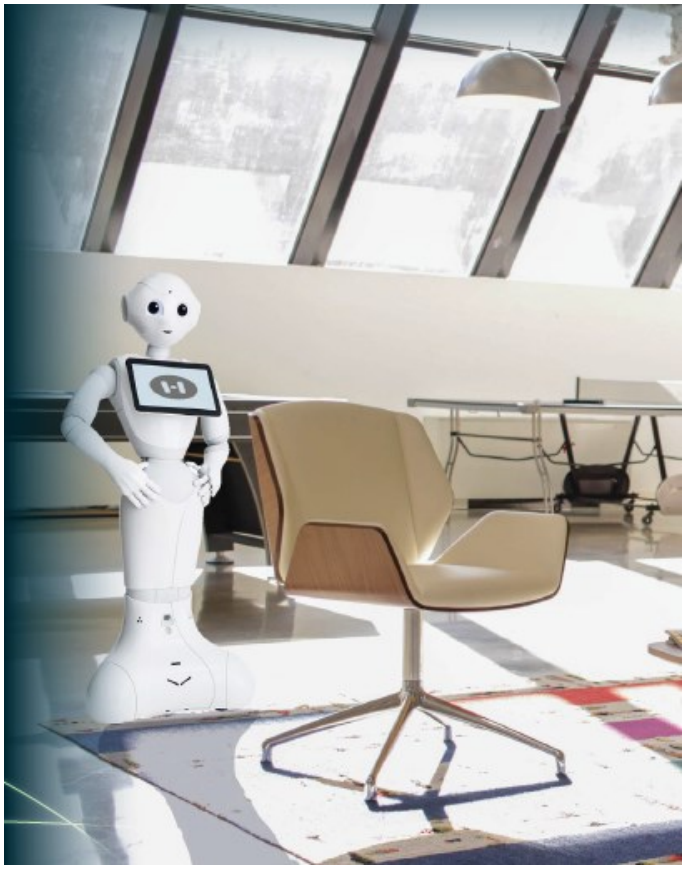
□Autre : préciser…….

2. Vos attitudes vis-à-vis des robots sociaux

Un robot dit ‘‘social’’ est un robot destiné à interagir avec les humains, sans nécessairement de spécialité particulière (contrairement à un robot industriel ou médical). Pouvant parler, regarder, se déplacer, se connecter à des logiciels utilisés par l’humain, se saisir d’objets, etc, il est en mesure d’évoluer dans les mêmes environnements que des humains, par exemple leur lieu de travail. Il peut se présenter sous différentes formes : mécanique, animale, ou même de forme similaire à l’humain (androïde si très ressemblant [anthropomorphe], ou humanoïde si on détecte bien qu’il s’agit d’une machine). Il sera plus ou moins autonome selon le niveau d'I.A. (intelligence artificielle) embarquée dans ses logiciels.

Dans cette étude, nous nous concentrerons sur les robots humanoïdes ou partiellement humanoïdes comme dans l’exemple qui suit (car se déplaçant sur roulettes et non sur des pieds).

➔En vous basant sur l’image de l’exemple de robot semi-humanoïde PEPPER ci-dessous, et sur vos expériences avec des robots de ce type le cas échéant, veuillez répondre aux questions qui vont suivre dans le questionnaire.



[Source @Hoomano: https://hoomano.com/fr/accueil/]

[Section 2.1]

Veuillez noter vos impressions au sujet du robot social (exemple de PEPPER sur l'image présentée en début de ce questionnaire) sur les 2 échelles ci-après.

1	Déplaisant	1	2	3	4	5	6	7	Plaisant
2	Inamical	1	2	3	4	5	6	7	Amical
3	Détestable	1	2	3	4	5	6	7	Aimable
4	Désagréable	1	2	3	4	5	6	7	Agréable
5	Méchant	1	2	3	4	5	6	7	Gentil

6	Incompétent	1	2	3	4	5	6	7	Compétent
7	Ignorant	1	2	3	4	5	6	7	Cultivé
8	Irresponsable	1	2	3	4	5	6	7	Responsable
9	Idiot	1	2	3	4	5	6	7	Intelligent
10	Insensé	1	2	3	4	5	6	7	Sensé

[Section 2.2] [183]

2.2 - Comment remplir cette section du questionnaire ?

- Pour chaque affirmation, indiquez votre degré d'accord à partir d'une échelle allant de 1 (Totalement en désaccord) à 7 (Totalement en accord).
- Les chiffres intermédiaires permettent de nuancer vos réponses.
- Merci de sélectionner le chiffre correspondant à votre réponse.

	Totalement en désaccord	Plutôt en désaccord	Légèrement en désaccord	Neutre	Légèrement en accord	Plutôt en accord	Totalement en accord
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Le fait d'utiliser le robot social dans mon travail me permettrait d'accomplir des tâches plus rapidement.							
Le fait d'utiliser le robot social améliorerait ma performance professionnelle.							
Le fait d'utiliser le robot social au travail augmenterait ma productivité.							
Le fait d'utiliser le robot social améliorerait mon efficacité au travail.							
Le fait d'utiliser le robot social rendrait plus facile de faire mon travail.							
Je trouverais le robot social utile dans mon métier.							

	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Apprendre à utiliser le robot social serait facile pour moi.							
Je trouverais facile de faire en sorte que le robot social fasse ce que je veux.							
Mon interaction avec le robot social serait claire et compréhensible.							
Je trouverais le robot social flexible en termes d'interaction.							
Il me serait facile de devenir habile à utiliser le robot social.							
Je trouverais le robot social facile à utiliser.							

[183] NB: Questions à randomiser pour l'administration en ligne (valable pour les sections 2.2, 2.3 et 2.4].

	Totalement en désaccord	Plutôt en désaccord	Légèrement en désaccord	Neutre	Légèrement en accord	Plutôt en accord	Totalement en accord
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
J'aime que le robot social me parle.							
J'aime faire des activités avec le robot social.							
Je ferais confiance au robot social s'il me donnait des conseils.							
Je suivrais les conseils que le robot social me donne.							
Je trouve le robot social agréable.							
Je vais demander conseil au robot social dans le cadre de mon activité professionnelle.							
Je trouve le robot social fascinant.							
Je trouve le robot social ennuyeux.							
Je trouve le robot social amusant à observer.							
Je pense que le robot social rendrait ma vie plus intéressante.							

[Section 2.3] Comment répondre?

- Comme dans la section précédente, pour chaque affirmation, indiquez votre degré d'accord à partir d'une échelle allant de 1 (Totalement en désaccord) à 7 (Totalement en accord).
- Les chiffres intermédiaires permettent de nuancer vos réponses.
- Merci de sélectionner le chiffre correspondant à votre réponse.

	Totalement en désaccord	Plutôt en désaccord	Légèrement en désaccord	Neutre	Légèrement en accord	Plutôt en accord	Totalement en accord
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Si je devais utiliser un robot social, j'aurais peur de commettre des erreurs techniques avec lui.							
Si je devais utiliser le robot social, j'aurais peur de le casser.							
Si je devais utiliser le robot social, j'aurais peur de casser des choses dans mon environnement de travail.							
Si je devais utiliser le robot social, j'aurais peur de blesser quelqu'un.							
Si je devais utiliser le robot social, je m'inquiéterais de devoir le recharger.							
Si je devais utiliser le robot social, je m'inquiéterais de perdre des données s'il s'éteignait (batteries à plat).							

	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Je me sentirais nerveux(se) si je devais interagir avec un robot social devant d'autres personnes.							
Je me sentirais très nerveux(se) rien que de me tenir face à un robot social.							
Je me sentirais paranoïaque en parlant avec un robot social.							
J'aurais peur que le robot social se montre plus intelligent que moi.							
J'ai peur que le robot social me remplace dans mon travail.							
J'aurais peur de devenir inutile si le robot social me remplace dans mon travail.							

J'aurais peur que le robot social enregistre des informations me concernant.	
J'aurais peur que le robot social diffuse des informations me concernant.	
J'aurais peur d'être surveillé par le robot social.	
Si les robots sociaux avaient des émotions, je serais en mesure de devenir ami(e) avec eux.	
Je sens que je pourrais devenir ami(e) avec des robots sociaux.	
Je me sens à l'aise en étant avec des robots sociaux qui ont des émotions.	

[Section 2.4] Vos intentions d'usage d'un robot social ?

	Totalement en	Plutôt en désaccord	Légèrement en désaccord	Neutre	Légèrement en accord	Plutôt en accord	Totalement en accord
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Je m'imagine bien utiliser un robot social dans mes activités professionnelles.							
Je pense que c'est une bonne idée d'utiliser un robot social.							
Je pense que c'est une bonne idée d'utiliser un robot social dans mes activités professionnelles.							
Si je pouvais posséder un robot social, je m'imagine l'utiliser pendant plusieurs mois.							
Si j'avais l'occasion d'utiliser un robot social dans le cadre de mon travail, je m'imagine l'utiliser pendant plusieurs années.							
Je pense que je vais utiliser le robot social dans les prochains jours.							
J'aimerais que le robot soit développé pour faire plus de choses dans mon travail.							
Je suis certain(e) que je vais utiliser le robot social dans les prochains jours.							
Si j'avais l'occasion d'utiliser un robot social dans le cadre de mon travail, je m'imagine l'utiliser pendant plusieurs mois.							
J'ai prévu d'utiliser le robot social dans les prochains jours.							