



**HAL**  
open science

# Rôle de l'acceptabilité dans l'interaction entre un véhicule conventionnel et un véhicule automatisé

Géraldine van Der Beken Pottier

► **To cite this version:**

Géraldine van Der Beken Pottier. Rôle de l'acceptabilité dans l'interaction entre un véhicule conventionnel et un véhicule automatisé. Psychologie. Université Rennes 2, 2020. Français. NNT : 2020REN20005 . tel-02943058

**HAL Id: tel-02943058**

**<https://theses.hal.science/tel-02943058>**

Submitted on 18 Sep 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## **THESE DE DOCTORAT DE**

**L'UNIVERSITE RENNES 2**

Comue Université Bretagne Loire

Ecole Doctorale n° 603

Education, Langages, Interaction, Cognition, Clinique

Spécialité : Psychologie

**Par Géraldine POTTIER - VAN DER BEKEN**

**ROLE DE L'ACCEPTABILITE DANS L'INTERACTION ENTRE**

**UN VEHICULE CONVENTIONNEL ET UN VEHICULE AUTOMATISE**

Thèse présentée et soutenue à Rennes le 14 février 2020

Unité de recherche : LP3C EA1285

### **COMPOSITION DU JURY**

Yvonne DELEVOYE-TURRELL, Professeur des Universités à l'Université de Lille (Président)

Daniel GILIBERT, Professeur des Universités à l'Université de Montpellier 3 (rapporteur)

Philippe SARNIN, Professeur des Universités à l'Université de Lyon 2 (rapporteur)

Stéphanie BORDEL, Chargée de recherche au STI Cerema Ouest (examineur)

Alain SOMAT, Professeur des Universités à l'Université de Rennes 2 (Directeur de thèse)

Sami KRAIEM, coordinateur scientifique Vedecom (Directeur de thèse)

Pascal PANSU, Professeur des Universités à l'Université de Grenoble-Alpes (Directeur de thèse)



UNIVERSITE RENNES 2

Unité de recherche : LP3C EA1285

École Doctorale n° 603 : Education, Langages, Interaction, Cognition, Clinique

**SOUS LE SCEAU DE L'UNIVERSITE BRETAGNE LOIRE**

# **ROLE DE L'ACCEPTABILITE DANS L'INTERACTION ENTRE UN VEHICULE CONVENTIONNEL ET UN VEHICULE AUTOMATISE**

Thèse de doctorat de Psychologie

Présentée par Géraldine POTTIER - VAN DER BEKEN

Directeurs de thèse :

Alain SOMAT, Professeur en psychologie sociale, Université de Rennes 2

Sami KRAIEM, coordinateur scientifique, Vedecom

Pascal PANSU, Professeur en psychologie de l'éducation, Université de Grenoble Alpes

Soutenue à Rennes, le 14 février 2020

Jury :

Yvonne DELEVOYE-TURRELL, Professeur des Universités à l'Université de Lille (Président)

Daniel GILIBERT, Professeur des Universités à l'Université de Montpellier 3 (rapporteur)

Philippe SARNIN, Professeur des Universités à l'Université de Lyon 2 (rapporteur)

Stéphanie BORDEL, Chargée de recherche au STI Cerema Ouest (examineur)

## Remerciements

Mes remerciements les plus sincères vont à mes directeurs de thèse en premier lieu, Alain SOMAT, Sami KRAIEM et Pascal PANSU, qui, au-delà de leur audace d'avoir accepté une candidature différente, ont su m'accompagner avec professionnalisme et constance. A mes trois directeurs, je leur adresse gratitude et reconnaissance.

Je remercie également les dirigeants de Vedecom et notamment Féthi BEN OUEZDOU, Directeur Scientifique, pour avoir su garder le lien entre les personnes et soutenir l'objectif de l'exercice. Ainsi qu'Isabelle MAUDET, Directrice des Ressources Humaines, pour son écoute, son humanité et son rôle essentiel, dont je sais qu'elle mesure la portée, avec son équipe, dont Assia et Léa.

Je remercie mon Comité de Suivi de thèse, Stéphanie BORDEL, qui a su écouter, recentrer et faire évoluer le travail. Une pensée émue va au Professeur Michel DUBOIS, dont le décès prématuré nous a tous profondément attristé, et dont j'aurai aimé, égoïstement, profiter plus longtemps des enseignements.

Je remercie particulièrement Yvonne DELEVOYE-TURRELL, Professeur à l'Université de Lille, qui m'a fait l'honneur d'avoir accepté de présider mon jury de thèse, pour sa participation scientifique ainsi que les échanges, le professionnalisme et la vision qu'elle m'a offert depuis la licence. Je remercie aussi les professeurs Daniel GILIBERT et Philippe SARNIN pour avoir accepté de participer à mon jury de thèse et les conseils scientifiques apportés à cette occasion.

Je remercie aussi mes collègues de Vedecom, partis ou restés, pour les échanges, les modèles, les calibrations, les calculs, les logiciels, les dessins voire les ordinateurs, et notamment ceux de MOB5 : Patricia, Rémy, Stéphanie, Marlène, Séverine, Nicolas et les autres, ainsi que les courageux qui se sont lancés dans l'aventure de la création d'entreprise : Guilhem, Fouad, Medhi; l'équipe MOB2 pour les travaux sur le simulateur de conduite et en fait bien plus : Elsa, Céline, Mercedes, Franck, et les autres; l'équipe de l'IVM pour son accueil généreux dans ses

locaux parisiens, ses projets enthousiasmants comme Hyperlieux mobiles et ses déjeuners sur les bords de Seine au soleil avec Mireille, Julien et Kevin; un merci tout particulier à ma chère *camarade* Christine, même si elle ne fait jamais de sport. Je remercie aussi tous ceux à Vede-com avec qui j'ai réfléchi, construit, et finalement appris, Floriane, Charlotte, Romy, Marie C., Marie J., Bertrand, Mohammad, Naeem, Fawaz, Karima et beaucoup d'autres.

Je remercie aussi l'équipe du laboratoire LP3C de l'Université de Rennes 2, ses doctorants dont Medhi, ses enseignants, ainsi que Corentin GONTHIER pour son soutien patient sur les statistiques de la méta-analyse. Je remercie aussi les membres du laboratoire LaRAC de l'Université de Grenoble-Alpes.

J'adresse deux remerciements particuliers : le premier à Ghazaleh pour les moments passés ensemble, scientifiques ou personnels, qui nous promettent un avenir passionnant. Le second à Mioara, dont la disponibilité, les compétences, les qualités d'encadrant et la générosité m'ont soutenue, et dont j'espère conserver le lien.

Et un remerciement personnel : aux mères courage, en même temps que professionnelles engagées, amies fidèles et soutien de premier plan; celles qui prennent des risques et portent les projets jusqu'à leur succès, Cécile et Vanessa.



Cette thèse est dédiée à mes Indestructibles, ma Famille, mon clan

Success is not final. Failure is not fatal. It is the courage to continue that counts.

Winston CHURCHILL

## INDEX DES TABLEAUX

Tableau 1. Synthèse des trois études .....	16
Tableau 2. Catégories NHTSA des relations entre l'humain et la machine par niveau d'automatisation de la voiture .....	29
Tableau 3. Description des trois modalités de la variable degré d'automatisation .....	88
Tableau 4. Dessins des panneaux de signalisation du questionnaire en ligne .....	88
Tableau 5. Critères de qualité d'ajustement des données .....	93
Tableau 6. Moyennes et écart-types des intentions de passer, par scénario .....	94
Tableau 7. Moyennes et écart-types des différences des intentions de passer entre l'interaction avec un véhicule automatisé et celle avec le véhicule conventionnel, par scénario .....	95
Tableau 8. Corrélations entre les variables psychologiques.....	96
Tableau 9. Moyennes des différences d'intention comportementale et sens de ces différences entre l'interaction avec un véhicule automatisé et conventionnel, par degré de priorité .....	98
Tableau 10. ANOVAs des différences d'intention de passer en fonction du degré d'automatisation et degré de priorité .....	98
Tableau 11. Corrélations entre les variables du modèle de l'acceptabilité et la différence d'intention de passer, par scénario .....	99
Tableau 12. Critères de qualité d'ajustement des données .....	101
Tableau 13. Corrélations entre les variables additionnelles et la différence d'intention de passer, par scénario.....	103
Tableau 14. Critères de qualité d'ajustement des données au modèle de l'acceptabilité augmenté des variables additionnelles (confiance, technophilie, anxiété technologique, adaptation à l'autre et perception du risque) .....	105
Tableau 15. Critères de qualité d'ajustement des données au modèle amélioré de l'acceptabilité, augmenté des variables additionnelles (confiance, technophilie, anxiété technologique, adaptation à l'autre et perception du risque) .....	106

Tableau 16. Moyennes, écart-type et alpha de Cronbach des variables de l'acceptabilité (phase 1, pré-simulateur).....	118
Tableau 17. Moyennes, écart-types et alpha de Cronbach des variables de l'acceptabilité (phase 3, post-simulateur) .....	122
Tableau 18. Corrélations entre les variables psychologiques.....	126
Tableau 19. Moyennes et écart-types des données de conduite, par scénario .....	127
Tableau 20. Moyennes et écart-types des différences des données de conduite, par scénario .....	128
Tableau 21. Corrélations des variables de conduite entre elles (variables continues), par scénario .....	132
Tableau 22. ANOVAs des différences des variables de conduite en fonction des degrés d'automation et degrés de priorité .....	134
Tableau 23. Corrélations entre les différences des variables de conduite (variables continues) et l'acceptabilité, la confiance et l'anxiété, par scénario .....	136
Tableau 24. ANOVAs des différences des variables de conduite (variables dichotomiques) en fonction des variables de l'acceptabilité, la confiance et l'anxiété, par scénario.....	137
Tableau 25. Analyse de régression, modalité <i>différence de distance inter véhiculaire</i> .....	138
Tableau 26. Différence des variables de l'acceptabilité avant/après l'expérience d'interaction avec le véhicule automatisé .....	139

# INDEX DES FIGURES

Figure 1. Photographies des voitures, avec de gauche à droite : le Fardier de Cugnot, le moteur type P, la première Coccinelle et à droite une représentation du véhicule automatisé. ....	20
Figure 2. Schémas des capteurs du véhicule automatisé et de leurs champs d'action. ....	22
Figure 3. Théorie de l'Action Raisonnée (TAR), d'après Ajzen et Fishbein (1975). ....	40
Figure 4. Théorie du Comportement Planifié (TCP), d'après Ajzen (1991). ....	43
Figure 5. Modèle d'Acceptation des Technologies (TAM), d'après Davis (1989). ....	45
Figure 6. Modèle d'Acceptation des Technologies version 2 (TAM 2), d'après Venkatesh et Davis (2000). ....	46
Figure 7. Modèle d'Acceptation des Technologie version 3 (TAM 3), d'après Venkatesh et Bala (2008). ....	47
Figure 8. Modèle de l'Innovativité Personnelle (PITT), d'après Agarwal et Prasad (1998). ....	48
Figure 9. Théorie de la Diffusion de l'Innovation (TDI), d'après Rogers (1995). ....	49
Figure 10. La Théorie Unifiée de l'Acceptance et de l'Usage des Technologies (UTAUT), d'après Venkatesh, Morris, Davis et Davis (2003). ....	51
Figure 11. La Théorie Unifiée de l'Acceptance et de l'Usage des Technologies version 2 (UTAUT 2), d'après Venkatesh, Thong et Xu (2012). ....	52
Figure 12. Data selection process. ....	67
Figure 13. Theoretical model. ....	71
Figure 14. Diagram of SEM of the improved model. ....	77
Figure 15. Dessin du scénario le participant est prioritaire, priorité à droite. ....	89
Figure 16. Dessin du scénario non prioritaire, priorité à droite. ....	89
Figure 17. Dessin du scénario non prioritaire, céder-le-passage. ....	90
Figure 18. Dessin du scénario non prioritaire, stop. ....	90
Figure 19. Modèle de l'acceptabilité. ....	92
Figure 20. Moyenne des intentions de passer en interaction avec le VA3 et le VC, par degré de priorité. ....	97
Figure 21. Moyenne des intentions de passer en interaction avec le VA5 et le VC, par degré de priorité. ....	97

Figure 22. Exemple de diagramme structurel du scénario <i>non prioritaire, priorité à droite</i> avec les variables de l'acceptabilité envers le véhicule automatisé.....	101
Figure 23. Exemple de diagramme structurel du scénario <i>tourne à gauche, pas de signalisation</i> avec les variables de l'acceptabilité et les variables additionnelles.....	104
Figure 24. Vue du simulateur de conduite de Vedecom.....	119
Figure 25. Vue du scénario 1, croisement 1 céder-le-passage, interaction avec un véhicule automatisé.....	120
Figure 26. Vue du scénario 1, croisement 2 priorité à droite, interaction avec un véhicule conventionnel.....	121
Figure 27. Vue du scénario 1, au croisement 3 stop, interaction avec un véhicule automatisé.....	121
Figure 28. Données descriptives de conduite d'interaction du conducteur de véhicule conventionnel, par degré d'automatisme et de priorité .....	130

## INDEX DES ANNEXES ET APPENDIX

Annexe 1. Etude 1 : les annexes de la méta-analyse .....	183
Annexe 2. Etude 2, le questionnaire : les consignes de passation .....	192
Annexe 3. Etude 2, le questionnaire : les items du questionnaire 1 .....	193
Annexe 4. Etude 2 : les items du questionnaire 2 .....	196
Annexe 5. Etude 3 sur simulateur : formulaire de consentement à participer à une expérimentation scientifique .....	197
Annexe 6. Etude 3 sur simulateur : demande d'autorisation droit à l'image .....	203
Annexe 7. Etude 3 sur simulateur : les consignes aux participants.....	206
Annexe 8. Etude 3 sur simulateur : codage des scénarios sur le simulateur de conduite.....	207
Annexe 9. Etude 3 sur simulateur : guide de l'entretien semi-directif.....	208
Annexe 10. Etude 3 sur simulateur : grille de codage des données des entretiens .....	209
Annexe 11. Modèle d'intention comportementale, inspiré du modèle de l'intent mining (Khodabandelou et al., 2013). .....	213
Annexe 12. Détail des activités, stratégies et sous intentions comportementales.....	214
Appendix 1. Keywords of the Meta-analysis .....	183
Appendix 2. Request for Data Analysis.....	184
Appendix 3. List of the 29 Studies Used in the Meta-analysis.....	185
Appendix 4. Statistics of the MASEM .....	188
Appendix 5. Moderator Analysis .....	189
Appendix 6. Guideline of the Goodness Fit Indices .....	190

# SOMMAIRE

<b>INDEX DES TABLEAUX .....</b>	<b>8</b>
<b>INDEX DES FIGURES .....</b>	<b>10</b>
<b>INDEX DES ANNEXES ET APPENDIX.....</b>	<b>12</b>
<b>CHAPITRE 1 CONDUIRE EN INTERACTION AVEC UN VEHICULE AUTOMATISE .....</b>	<b>19</b>
1.1. L'HISTOIRE DE LA VOITURE : UNE HISTOIRE D'ACCEPTABILITE SOCIALE .....	19
1.2. LE VEHICULE AUTOMATISE, UN VEHICULE PARTICULIER .....	21
1.2.1. <i>Le véhicule automatisé, des enjeux multidimensionnels</i> .....	23
1.2.2. <i>Le véhicule automatisé, une rupture technologique qui change la conduite</i> .....	27
1.3. DE L'ACCEPTABILITE CENTREE SUR L'INTENTION D'ACHETER OU LA CONDUITE DU SYSTEME, A L'ACCEPTABILITE DE L'INTERACTION .....	32
<b>CHAPITRE 2 PREDIRE LE COMPORTEMENT INDIVIDUEL ENVERS UNE NOUVELLE TECHNOLOGIE PAR LES MODELES DE L'ACCEPTANCE .....</b>	<b>37</b>
2.1. L'ETUDE DE LA FORMATION DU JUGEMENT D'ACCEPTABILITE D'UNE NOUVELLE TECHNOLOGIE PAR LES MODELES DE L'ACCEPTANCE .....	39
2.2. L'UTAUT, LE MODELE LE PLUS ROBUSTE POUR PREDIRE L'INTENTION D'USAGE D'UNE NOUVELLE TECHNOLOGIE ? .....	53
<b>CHAPITRE 3 PROBLEMATIQUE GENERALE : L'ACCEPTABILITE DU VEHICULE AUTOMATISE, PREDICTEUR DU TYPE DE COMPORTEMENT D'INTERACTION AVEC LE VEHICULE AUTOMATISE .....</b>	<b>56</b>
<b>CHAPITRE 4 HOW IS JUDGMENT OF ACCEPTABILITY CONSTRUCTED? A META-ANALYSIS OF FACTORS OF BEHAVIOR INTENTION TOWARD NON-EXPERIENCED INNOVATIONS.....</b>	<b>60</b>
4.1. <i>Introduction</i> .....	60
4.2. <i>Research methodology</i> .....	65
4.3. <i>Results</i> .....	72
4.4. <i>Discussion</i> .....	78
4.5. <i>Limitations and future research</i> .....	79
<b>CHAPITRE 5 EFFET DE L'ACCEPTABILITE DU VEHICULE AUTOMATISE SUR L'INTENTION D'INTERAGIR AVEC LUI : ETUDE 2 .....</b>	<b>80</b>
5.1. <i>Des variables prédictrices de l'intention comportementale lors de l'interaction avec le véhicule automatisé</i> .....	80
5.2. <i>Objectifs et hypothèses opérationnelles</i> .....	84
5.3. <i>Méthode</i> .....	85

5.4 Résultats .....	94
5.5. Discussion.....	106
5.6. Limites de la méthode.....	111
5.7. Conclusion et perspectives .....	112
<b>CHAPITRE 6 EFFET DE L'ACCEPTABILITE DU VEHICULE AUTOMATISE SUR LE COMPORTEMENT</b>	
<b>D'INTERACTION AVEC LUI : ETUDE 3 .....</b>	<b>113</b>
6.1. Des variables prédictives du comportement lors de l'interaction avec le véhicule automatisé.....	114
6.2. Objectifs et hypothèses opérationnelles .....	116
6.3. Méthode.....	117
6.4. Résultats .....	126
6.5. Discussion.....	140
6.6. Limites de la méthode.....	145
6.7. Conclusion et perspectives .....	147
<b>CHAPITRE 7 DISCUSSION GENERALE.....</b>	<b>148</b>
7.1. PREDIRE LE COMPORTEMENT D'INTERACTION PAR LE MODELE DE L'ACCEPTABILITE D'UNE INNOVATION NON IMPLEMENTEE	148
7.1.1. Un modèle de l'acceptabilité estimant l'intention comportementale envers une technologie non implémentée .....	148
7.1.2. Un modèle pour prédire l'acceptabilité du véhicule automatisé.....	149
7.1.3. Estimer l'effet de l'acceptabilité sur la prédiction du comportement d'interaction avec l'objet .....	153
7.2. LA DYNAMIQUE ENTRE L'ACCEPTABILITE ET LE TYPE DE COMPORTEMENT D'INTERACTION .....	156
7.3. INTERROGATION SUR LE CONSTRUIT DE L'ACCEPTABILITE : DU PROCESSUS AU RESULTAT .....	157
7.3.1. De l'acceptabilité individuelle à l'acceptabilité sociétale.....	157
7.3.2. Dynamique de l'acceptabilité et effet de l'expérience .....	159
7.4. PERSPECTIVES .....	160
7.4.1. Intégrer les données des Sciences Humaines et Sociales (SHS) dans les algorithmes des véhicules automatisés .....	160
7.4.2. Approfondir l'étude du comportement des personnes à faible acceptabilité du véhicule automatisé .....	164
<b>CONTRIBUTIONS SCIENTIFIQUES.....</b>	<b>166</b>
<b>RÉFÉRENCES.....</b>	<b>167</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>183</b>
<b>RESUME.....</b>	<b>215</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>215</b>

## Avant-propos

Imaginez. Nous sommes en 2022, une mère de famille emmène sa fille de 8 ans à l'école, en voiture. Sur le trajet habituel, elle voit arriver en face d'elle une voiture différente, qu'elle reconnaît immédiatement : il s'agit d'un véhicule automatisé. La mère doit tourner à gauche vers l'école, que va-t-il faire ? Un véhicule automatisé respectera sûrement le code de la route, sinon il n'aurait pas été homologué. Elle a le temps de passer, mais elle n'a jamais vu fonctionner de véhicule automatisé. A quelle vitesse va-t-il s'engager ? Le véhicule aura-t-il bien évalué la distance ? Et s'il y avait un problème technique ? Autant de questions susceptibles de venir à l'esprit du conducteur qui entre en interaction avec un véhicule automatisé. C'est le thème central de cette thèse. Il concerne le comportement d'interaction entre l'humain et une nouvelle technologie, le véhicule automatisé. Nous cherchons à savoir si une interaction avec un véhicule automatisé modifie l'activité de conduite d'un conducteur de véhicule conventionnel. Et si oui, en quoi le jugement d'acceptabilité préalablement construit sur le véhicule automatisé participe à expliquer cette modification de comportement à son endroit. Pour estimer le rôle de l'acceptabilité dans le comportement d'interaction, il nous faut en premier lieu l'évaluer. Accepter, dans notre perspective, est considéré comme un processus ancré sur les constructions sociales envers la technologie qui rendent son usage acceptable et qui sous-tendent les comportements avec elle.

Notre premier objectif a été d'identifier les facteurs qui participent à la formation du jugement d'acceptabilité d'une innovation. Pour conduire cet examen, nous avons réalisé une méta-analyse (étude 1) centrée sur les innovations de type technologique. Sur la base des résultats de cette méta-analyse, nous avons élaboré une échelle pour prédire le jugement d'acceptabilité du véhicule automatisé. A partir de cette mesure de l'acceptabilité, nous avons testé l'hypothèse de l'impact de ce jugement sur l'intention comportementale (étude 2, par questionnaire) et sur le comportement (étude 3, sur simulateur) des conducteurs de véhicule conventionnel lors d'une interaction avec un véhicule automatisé à un croisement en ville comparativement à une interaction avec un véhicule conventionnel. Nous supposons que plus le jugement d'acceptabilité est faible, plus les comportements d'interaction avec un véhicule automatisé seront différents de ceux observés avec un véhicule conventionnel.

Tableau 1. Synthèse des trois études

Méta-analyse : étude 1	Effet de l'acceptabilité du véhicule automatisé sur l'intention d'interagir avec lui : étude 2	Effet de l'acceptabilité du véhicule automatisé sur le comportement d'interaction avec lui : étude 3
Objectifs	A partir du modèle issu de l'étude 1, il s'agit de montrer que l'acceptabilité est prédictrice de l'intention de passer à un croisement lors d'une interaction avec un véhicule automatisé en ville par rapport au comportement d'interaction avec un véhicule conventionnel.	A partir des études 1 et 2, notre objectif est de confirmer que l'acceptabilité est prédictrice du comportement de conduite à un croisement lors d'une interaction avec un véhicule automatisé par rapport au comportement d'interaction avec un véhicule conventionnel.
	Comprendre quels facteurs psychologiques (dont l'acceptabilité) expliquent l'intention comportementale d'interaction avec un véhicule automatisé par rapport à l'intention comportementale d'interaction avec un véhicule conventionnel.	Comprendre quels facteurs psychologiques (dont l'acceptabilité) expliquent le comportement d'interaction avec un véhicule automatisé par rapport au comportement d'interaction avec un véhicule conventionnel.
		Identifier l'effet boucle de rétroaction de l'acceptabilité sur le comportement suite à l'expérience d'interaction avec un véhicule automatisé.

Effet de l'acceptabilité du véhicule automatisé sur l'intention d'interagir avec lui : étude 2	Effet de l'acceptabilité du véhicule automatisé sur le comportement d'interaction avec lui : étude 3
<p>Hypothèses opérationnelles</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La différence d'intention comportementale d'interaction entre le véhicule automatisé et le véhicule conventionnel dépendra du degré d'automatisation. Plus précisément, on s'attend à ce que les participants aient davantage l'intention de passer si le degré de degré d'automatisation est élevé, d'autant plus que le degré de priorité est faiblement contraignant pour eux.</li> <li>2. La différence d'intention comportementale d'interaction entre le véhicule automatisé et le véhicule conventionnel sera prédite par l'acceptabilité du véhicule automatisé. Plus précisément, on s'attend à ce qu'une faible acceptabilité soit liée à une différence d'intention comportementale d'interaction avec le véhicule automatisé par rapport à un véhicule conventionnel; l'inverse étant attendu lorsque l'acceptabilité est forte.</li> <li>3. D'autres facteurs psychologiques comme la technophilie, l'anxiété technologique, l'adaptation à l'autre ou la confiance pourront expliquer la différence d'intention de passer lors de l'interaction avec un véhicule automatisé par rapport à un véhicule conventionnel. Plus précisément, on s'attend à ce que la technophilie, la confiance et l'adaptation à l'autre soient positivement corrélées avec la différence d'intention de passer face au véhicule automatisé par rapport au véhicule conventionnel. Alors que l'inverse est attendu pour l'anxiété technologique, <i>i.e.</i>, une corrélation négative avec la différence d'intention de passer face au véhicule automatisé par rapport au véhicule conventionnel.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La différence de comportement d'interaction entre le véhicule automatisé et le véhicule conventionnel dépendra du degré d'automatisation. Plus précisément, on s'attend à ce que les conducteurs de véhicules conventionnels passent davantage, ralentissent moins et mettent moins de distance inter véhiculaire avec un véhicule automatisé qu'avec un véhicule conventionnel. Cet effet sera d'autant plus élevé que le degré de priorité est faiblement contraignant pour eux.</li> <li>2. La différence de comportement d'interaction entre le véhicule automatisé et le véhicule conventionnel sera liée aux facteurs psychologiques comme l'acceptabilité, la confiance et l'anxiété technologique. Plus précisément, on s'attend à ce qu'une faible acceptabilité soit liée à une différence de comportement d'interaction avec le véhicule automatisé par rapport à un véhicule conventionnel; l'inverse étant attendu lorsque l'acceptabilité est forte. On s'attend aussi à ce que d'une part, la confiance soit corrélée positivement avec les comportements d'interaction go, la vitesse, l'accélération, et négativement avec l'arrêt alors que l'inverse est attendu pour l'anxiété technologique – <i>i.e.</i>, une corrélation négative est attendue avec les comportements d'interaction go, la vitesse, l'accélération, et une corrélation positive avec l'arrêt.</li> <li>3. L'acceptabilité du véhicule automatisé augmentera à la suite d'une première expérience d'interaction avec celui-ci.</li> </ol>

Méta-analyse : étude 1	Effet de l'acceptabilité du véhicule automatisé sur l'intention d'interagir avec lui : étude 2	Effet de l'acceptabilité du véhicule automatisé sur le comportement d'interaction avec lui : étude 3
<b>Méthode</b>		
1. Collecte de données par sélection de textes avec données expérimentales décrivant les facteurs de l'acceptabilité d'une innovation de type technologique non encore implémentée.	1. Collecte de données auto-rapportées par enquête en ligne où les participants sont placés en situation d'un conducteur de véhicule conventionnel entrant en interaction avec un véhicule automatisé ou conventionnel, à un croisement non prioritaire en ville.	1. Collecte de données par enquête en ligne auto-rapportées avant et après le passage sur simulateur; collecte de données de conduite sur le simulateur de conduite Oktal où les participants sont placés en situation d'interaction avec un véhicule automatisé ou conventionnel, à un croisement non prioritaire en ville; entretiens semi-directifs sur les déterminants de leur comportement d'interaction.
2. Catégorisation des variables.	2. Analyse statistique sur SPSS v24.0 des données du questionnaire d'acceptabilité.	2. Analyse statistique sur SPSS v24.0 des données du simulateur et du questionnaire d'acceptabilité par régression linéaire pour déterminer si les variables psychologiques prédisent la différence de comportement d'interaction et estimer l'effet de la boucle de rétroaction.
3. Analyse statistique par MASEM, Meta Analytical Structural Equation Modelling (Viswesvaran and Ones, 1995) sur SPSS v24.0 et SPSS AMOS v26.0, pour proposer un modèle de l'acceptabilité.	3. Modélisation statistique par équation structurelle sur AMOS 24.0, pour vérifier l'adéquation des données expérimentales au modèle de l'acceptabilité.	

# CHAPITRE 1 CONDUIRE EN INTERACTION AVEC UN VEHICULE AUTOMATISE

## 1.1. L'histoire de la voiture : une histoire d'acceptabilité sociale

Partie de la campagne française pour transporter les récoltes, et rapidement développée dans le milieu militaire (le « Fardier », un chariot autopropulsé de Joseph Cugnot, en 1769), la voiture a d'abord été conçue pour un usage dans l'environnement du travail - l'agriculture - et de l'armée - transport du matériel. En 1801, l'anglais Richard Trevithick présente le premier train autotracté, propulsé à la vapeur et prévu pour neuf passagers : déjà, la voiture est pensée autonome et pour le transport collectif. Cette propulsion se développera jusque l'Obéissante d'Amédée Bollée également conçue pour le transport collectif et qui pouvait atteindre les 40km/h. Le moteur à explosion du belge Lenoir arrive en 1860, avec le carburateur et donc le pétrole. Puis l'américain George Brayton en 1872 invente la première machine à combustion interne à huile lourde et Beau de Rochas qui met au point le moteur à 4 temps. L'industrialisation se lance : en 1885, Gottlieb Daimler et Nikolaus Otto fabriquent la Type P et déposent le brevet du premier moteur à explosion de série. Ce sera le début du siècle de l'automobile : invention de la pompe à essence en 1901 par un pharmacien, développement des pneumatiques par Michelin portés pour la première fois par une voiture nommée l'Eclair en 1885, puis les freins, la direction ou le démarrage. A la fin du XIXème siècle, la voiture passe du chariot collectif à ce que nous connaissons, avec le moteur sous le capot à l'avant, des pneus, un volant et sa dimension individuelle, au maximum familial. Les européens dominent la recherche et la fabrication industrielle : en 1900, la France produit 48% des voitures mondiales. Jusqu'à la deuxième guerre mondiale, les évolutions techniques rapides et l'arrivée du taylorisme ont continué la mutation de cette industrie vers l'usage privé et familiale. Les années 45 à 70 marquent la démocratisation de l'automobile : 1946 verra sortir la première 4CV de Renault et la Coccinelle de Volkswagen. Peu après, les petites Fiat sortent des usines de Turin, et la Mini en Angleterre. Cette période est l'âge d'or de l'acceptabilité de la voiture par les usagers directs que sont les acheteurs de voiture. La fin du XXème siècle ouvre une réflexion sur l'automobile sans pétrole, hybride ou électrique et le XXIème siècle réinvente la voiture qui, désormais, deviendra un véhicule connecté, automatisé et partagé.

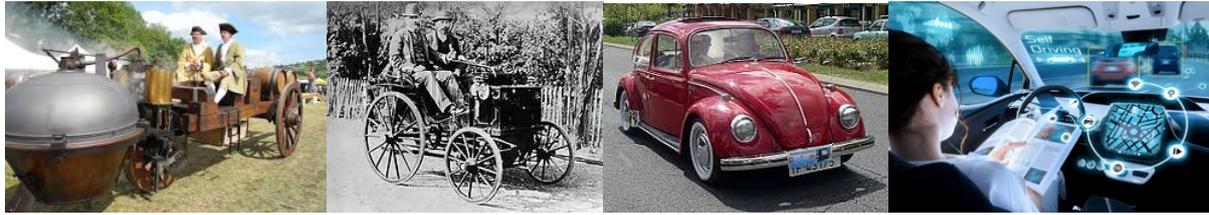


Figure 1. Photographies des voitures, avec de gauche à droite : le Fardier de Cugnot, le moteur type P, la première Coccinelle et à droite une représentation du véhicule automatisé.

Les premières voitures ne sont cependant pas acceptées par tout le monde, et notamment par les autres usagers de l'espace public : elles sont bruyantes, odorantes, stressantes pour les piétons et même les poules. Le Fardier de Cugnot roule à 4 km/h. Le premier accident avec une victime implique d'ailleurs le Fardier en 1771 lors d'une démonstration aux officiers de l'armée. La taille de la chaudière, les matériaux inadaptés à la haute pression, la structure relativement instable ont marqué les difficultés techniques des débuts. A cette époque, la dangerosité perçue et réelle, ainsi que les premiers accidents, ont conduit à réglementer cette nouvelle technologie pour ainsi augmenter à son acceptabilité. La Locomotive Act en Angleterre (1885) impose qu'une voiture soit précédée d'un piéton agitant un drapeau rouge pour avertir de l'arrivée de l'engin. Les premiers panneaux de circulation apparaissent à la même époque, la circulation encombrée se réglemente notamment dans Paris où plusieurs voies sont interdites aux voitures. Les routes s'élargissent et se renforcent pour supporter le poids des voitures. Avec le développement de la voiture, la réglementation s'est renforcée : la circulation automobile se réalise dans un environnement normatif et régulé (Imbsweiler, Ruesh, Weinreuter, Leon, & Deml, 2018a). Mais au-delà de la réglementation imposée par les circonstances, et avec l'augmentation du trafic depuis les années 50, ce qui caractérise cette technologie, c'est que l'automobile évolue dans un environnement ouvert, incertain et dynamique (Larue, Naweed, & Rodwell, 2018). Il en ressort qu'étudier le comportement de conduite, dans sa complexité cognitive et sociale, est non seulement un enjeu de la recherche appliquée pour

les concepteurs de l'industrie automobile, mais aussi plusieurs secteurs politiques : administratif, réglementaire, aménagement urbain, santé, éducation ou encore éthique<sup>1</sup>. Ceci témoigne que l'acceptabilité de la voiture s'est construite avec le développement de la technologie et qu'elle est le résultat d'actions notamment publiques entreprises pour rendre opératoire une forme de compromis pour tous les usagers de la route (Fortin & Fournis, 2011).

## 1.2. Le véhicule automatisé, un véhicule particulier

Le véhicule automatisé prépare une révolution, qui impliquera de concevoir autrement le comportement de conduite, les interactions sociales dans la conduite et la place de l'automobile dans la mobilité. Il paraît à ce stade nécessaire de définir le véhicule automatisé : « un véhicule dans lequel au moins certaines des fonctionnalités critiques pour la sécurité (comme la direction, l'accélération ou le freinage) se produisent sans l'intervention directe du conducteur » (Zmud & Sener, 2017, p2501, notre traduction<sup>2</sup>). L'architecture du véhicule automatisé est composée de trois niveaux. Le premier consiste à percevoir l'environnement par des capteurs multiples, en temps réel, pour se repérer dans l'espace et identifier des objets. Le deuxième planifie les actions : planifier la route ou prendre les décisions. Le troisième contrôle les actions réalisées et notamment réalise des contrôles de trajectoire et des contrôles de vitesse et prépare les éventuels ajustements. Pour satisfaire ces trois niveaux, les véhicules automatisés disposent de capteurs radars longue portée avant et arrière (informant de la position et vitesse des autres usagers), de lidars avant et arrière (qui émettent des faisceaux laser pour

---

1 Des recherches sur l'éthique du véhicule automatisé interrogent par exemple sur l'écriture des algorithmes de décision : faut-il, dans une situation dangereuse pour les occupants du véhicule et des piétons, privilégier l'un ou l'autre ? travaux de Bonnemains, Tessier et Saurel (2018); Dogan, Chatila, Chauvier, Evans, Hadjixenophontos et Perrin (2016)

2 "vehicles where at least some aspects of a safety-critical function (e.g., steering, throttle, or braking) occur without direct driver input"

cartographier la scène de conduite), de caméras (qui lisent les panneaux, couleurs, marquages au sol, reconnaissent les animaux, les piétons ou les cyclistes) et de capteurs ultra-sons (qui identifient les objets sur les distances courtes). Tous ces capteurs permettent de détecter et percevoir l'ensemble des informations utiles provenant de l'environnement. Les véhicules automatisés embarquent aussi un système de cartographie en 3D, mis à jour en permanence par des informations circulant en 5G et assurant une précision de moins de 10 cm, ce que les systèmes GPS ne permettent pas à ce jour. Un système d'information intègrera ensuite les informations par fusion de données et un système de communication V2X (Vehicle to other) assurera l'échange d'informations avec tous les usagers de la route et l'infrastructure.

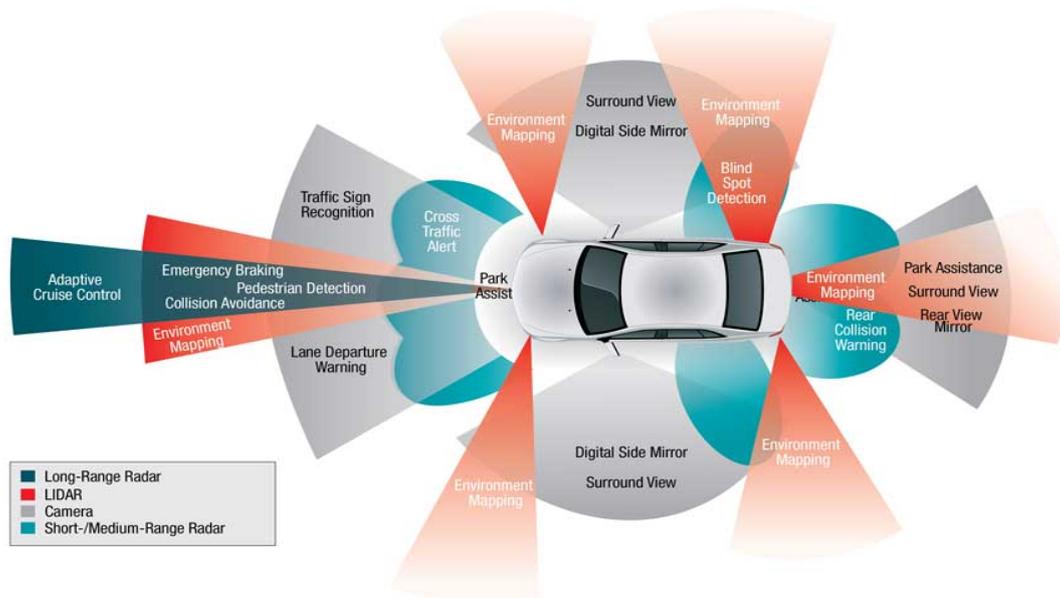


Figure 2. Schémas des capteurs du véhicule automatisé et de leurs champs d'action.

Note. Images de <http://www.engineering.com>.

### 1.2.1. Le véhicule automatisé, des enjeux multidimensionnels

Accepter le véhicule automatisé mobilise des enjeux dans de nombreux domaines de la société, bien au-delà de l'acceptation d'un nouveau type de voiture par un particulier.

#### 1.2.1.1. Des enjeux sur les infrastructures routières et le design urbain

Si 100 ans de développement de la voiture ont profondément modelé nos villes par la place des routes, des parkings, des places de stationnements ou l'organisation des flux (gestion du trafic), l'arrivée du véhicule automatisé va imposer de nouvelles configurations urbaines. Cette innovation va d'abord apporter de nouveaux services de mobilité comme ceux cités par l'enquête CVT Athéna (2017) : pour les conducteurs de véhicules automatisés, pour les usagers de robots-taxis ou pour ceux de navettes autonomes, pour le transport de marchandises ou pour les trajets routiers longue distance. Le rapport Regards croisés 2017 de l'IFSTTAR soutient que les infrastructures routières seraient massivement engagées dans la transformation liée au véhicule automatisé. La rupture principale vient du fait que le véhicule automatisé dépend largement des capteurs présents, sur la voiture et dans son environnement, ou encore des marquages au sol. En somme, les routes devront être adaptées. Selon une étude du MIT (Saiz & Salazari, 2017), les véhicules automatisés n'auront plus besoin de panneaux de signalisation, car ils communiqueront entre eux, avec les usagers et avec les infrastructures locales implémentées. Un véhicule automatisé pourra remplacer jusqu'à neuf véhicules, en proposant un service de robot-taxi ou de co-voiturage, par exemple pour les transports scolaires. Avec la baisse du trafic automobile associée à l'arrivée des voitures robot, les chercheurs estiment que l'espace dédié aux voitures diminuera, ce qui libèrera des espaces pour les piétons ou les cyclistes. Ils pourront se garer plus loin des centres de vie, ce qui dégagera encore de l'espace de parkings en centre-ville, qui aujourd'hui représente 45% de la superficie urbaine de Washington. Des architectes intègrent déjà la possibilité d'adapter les actuels parkings en futurs logements, selon cette même source

De plus, les véhicules automatisés apporteront de nouveaux services associés, comme les aires de chargement des passagers, des lieux d'attente et de chargement des usagers, et d'autres formes de stationnements (CVT Athéna, 2017) qu'il convient de penser et de concevoir. A travers ces évolutions de l'architecture urbaine on comprend que le véhicule automa-

tisé apportera des services nouveaux de mobilités. Le rapport CVT Athéna identifie deux disruptions majeures par rapport aux offres de mobilité actuelles : la première est qu'il permettra à des usagers qui n'avaient pas accès à la mobilité par voiture (à cause de l'âge ou de l'aptitude à conduire) d'utiliser un véhicule individuel. La deuxième est de mettre en question le modèle fondé sur la possession privée pour circuler, alors que la voiture d'aujourd'hui est individuelle, dans la propriété comme dans l'usage, avec 75% des trajets qui se font avec une seule personne à bord, le conducteur.

#### 1.2.1.2. Des enjeux environnementaux

Selon le ministère de la transition écologique et solidaire (2016), la voiture reste le premier émetteur de CO<sub>2</sub> (dioxyde de carbone). Les transports utilisent 43% de la consommation de toutes les énergies mondiales confondues. Le coût santé de la pollution des transports s'élèverait à 60 milliards d'euros par an en Europe<sup>3</sup> et auraient causé la mort de 48.000 personnes en France en 2018. Le principal responsable serait le rejet des oxydes d'azote (NOx) par les moteurs diesel. L'engagement vers des transports décarbonnés et une meilleure gestion des déplacements sont donc un enjeu politique majeur. Les nouveaux modes de transports passeront notamment par des offres interconnectées de transport proposées ou facilitées par les pouvoirs publics. Ces nouveaux modes devraient réduire la circulation, ainsi que la consommation globale. Étant électrique, le véhicule automatisé devra permettre une réduction des émissions de gaz à effet de serre et ainsi contribuer à une mobilité plus écologiquement acceptable (Greenblatt & Saxena, 2015, cités par Hohenberger, Spörrle & Welpé, 2016, p375). Au-delà de l'impact écologique direct, l'arrivée de cette technologie amènera des réflexions sur les nouvelles mobilités, dont les impacts sur l'environnement seront directs. Par exemple, les pouvoirs publics pourront proposer des offres de mobilité optimisées notamment dans les

grands centres urbains *via* les robots taxis qui remplaceront des bus parfois vides, très consommateurs de carburant. Ces véhicules électriques automatisés permettront aussi d'optimiser les flux logistiques nécessaires avec l'évolution du e-commerce.

### 1.2.1.3. Des enjeux économiques

Le secteur automobile en Europe est une industrie puissante : elle représente une valeur ajoutée de 550 milliards d'euros en 2016 et 11 millions d'emplois. Selon une étude réalisée par le Brookings Institute (Mandart, 2017), 80 milliards de dollars auraient déjà été investis dans le véhicule automatisé. Du côté des constructeurs, Ford et Renault ont investi 1 milliard d'euros en 2018 (25 millions pour son seul simulateur de conduite). Cette somme avait déjà été dépensée par Google en 2017. Toyota, de son côté, a publié en mars 2018 son intention de lancer sur le véhicule automatisé 2,3 milliards d'investissements, quand 34 milliards sont engagés d'ici 2022 par le groupe Volkswagen et ses douze marques dont Audi, Seat ou Porsche<sup>4</sup>. L'investissement pour le véhicule automatisé concerne également les équipementiers : Faurecia et Accenture s'allient en 2018 pour un projet commun de 100 millions d'euros pour créer les services associés au véhicule automatisé. Ces sommes ne tiennent pas compte des investissements des gestionnaires de data : Google, Apple ou Amazon s'engagent à coup millions sur la recherche associée au véhicule automatisé, par les assistants vocaux, par exemple avec Alexa de Amazon qui équipera les voitures connectées de Volkswagen, ou Cortana de Microsoft qui s'installe sur certaines Nissan. Ces investissements d'industriels qui ne sont pas des constructeurs automobiles confirment que la voiture n'est plus du giron exclusif des constructeurs pour engager de nouveaux acteurs et pour devenir un maillon de la vie connectée. Par exemple, Alexa développera des commandes vocales depuis la voiture vers la maison, pour ouvrir la porte de garage ou lancer le chauffage. En toutes logiques, les attentes de retour commercial sur de tels investissements sont élevées.

---

<sup>4</sup> Le Point automobile, le 17/11/2017

#### 1.2.1.4. Des enjeux de sécurité publique

Selon la NHTSA<sup>5</sup> 2008, 90% des accidents impliquant des véhicules à moteurs sont expliqués par une erreur humaine (Rahman, 2016). L'observatoire national interministériel de la sécurité routière estime qu'en France en 2017, 45% des accidents mortels seraient dus à la vitesse, combinant ou non le facteur alcool et stupéfiants pour 27% et 15% respectivement des conducteurs de la tranche d'âge 25-34 ans. Le bilan souligne aussi les facteurs inattention au volant, malaise et non-respect des priorités pour les seniors de 75 ans et plus. Ces deux tranches d'âges, les 25-35 ans et les plus de 75 ans, seraient autant impliquées dans les accidents, selon le rapport ministériel. Par ailleurs, et selon l'enquête Cox Automotive (2018), 54% des consommateurs pensent que les nouvelles technologies de la route optimiseront la conduite. On estime que l'introduction d'innovations technologiques sur la route, *via* les Advanced Driver-Assistance Systems (ADAS) et systèmes autonomes, pourraient prévenir le décès de 5 millions de personnes et les blessures de 50 millions d'autres dans le monde en 2020 (Bimbrow, 2015). Ainsi, une des attentes principales envers le véhicule automatisé sera d'augmenter la sécurité sur les routes, objectif important tant pour les pouvoirs publics (Hulse, Xie, & Galea 2018), que pour les usagers de la route.

Comme nous venons de le voir, le véhicule automatisé mobilise des enjeux et des changements dans de nombreux domaines, non seulement sur le plan de l'urbanisme, mais également sur les plans de l'environnement, de l'économie et peut-être plus important sur celui de la sécurité publique. Cependant le chemin à parcourir est encore long avant que les gens ne s'approprient cette technologie, car il s'agit d'une véritable rupture technologique dans la manière de concevoir sa mobilité et la place de la voiture.

---

<sup>5</sup> NHTSA, National Highway Traffic Safety Administration, est l'agence chargée de la sécurité routière aux États-Unis.

## 1.2.2. Le véhicule automatisé, une rupture technologique qui change la conduite

### 1.2.2.1 Automation et intelligence artificielle

Le véhicule automatisé est une rupture technologique impliquant une intelligence artificielle et un système autonome. Si l'on se réfère à la définition souvent reprise de l'intelligence artificielle de Marvin Lee Minsky (1956, notre traduction<sup>6</sup>), l'intelligence artificielle est « la construction de programmes informatiques qui s'adonnent à des tâches qui sont, pour l'instant, accomplies de façon plus satisfaisante par des êtres humains car elles demandent des processus mentaux de haut niveau tels que : l'apprentissage perceptuel, l'organisation de la mémoire et le raisonnement critique. ». En complément, « l'intelligence artificielle est la capacité des robots, contrôlés par ordinateur, à résoudre des problèmes normalement associés aux capacités de traitement supérieures des êtres humains. » (Encyclopedia Britannica, 2018, notre traduction<sup>7</sup>). L'intelligence artificielle est donc un dispositif qui doit résoudre des problèmes qui ne sont aujourd'hui accessibles qu'à l'intelligence humaine comme s'adapter à des conditions changeantes et adapter en conséquence le comportement à travers l'apprentissage. L'intelligence artificielle est en capacité de sélectionner des données, de les transformer en informations, pour prendre des décisions et contrôler le déroulement d'un processus (Lee & See, 2004).

---

6 « the building of computer programs which perform tasks which are, for the moment, performed in a more satisfactory way by humans because they require high level mental processes such as: perception learning, memory organization and critical reasoning ».

7 d'après la définition récupérée le 1er août 2019 sur : <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence> : « Artificial Intelligence is the ability of computer-controlled robots to solve problems that are normally associated with the higher intellectual processing capabilities of humans »

Antérieure à l'intelligence artificielle, l'automatisation est la capacité d'un dispositif à réaliser un programme déterminé, sans intervention humaine (Parasuraman, Sheridan, & Wickens, 2008). L'automatisation s'est installée depuis plus de 50 ans dans les voitures pour atteindre des degrés impliquant progressivement des fonctions que certains comparent aux fonctions cognitives de haut niveau du conducteur (Parasuraman et al., 2008). Les ADAS facilitent la conduite, améliorent la sécurité, la gestion du carburant, ou encore la gestion de la mobilité. Les améliorations ciblant le conducteur ont porté sur la régulation de vitesse, l'aide au parking, ou l'engagement automatique des phares ou des essuie-glaces. Les ADAS sécurité, les premières à arriver sur le marché comptent par exemple l'ABS (AntiBlockerSystem, pour assister le freinage), l'ESC (Electronic Stability Program, pour corriger la trajectoire), ou le programme de signalisation sonore de sortie de trajectoire. Les systèmes à vocation environnementale ont visé l'arrivée de la voiture hybride ou électrique. Enfin, parmi les systèmes les plus récents aidant à la conduite, on compte les systèmes permettant de s'insérer sur une voie ou d'augmenter le freinage d'urgence. En somme, les ADAS ont introduit progressivement des systèmes automatisés, apportant aux conducteurs une expérience de la conduite automatisée. Le véhicule automatisé devrait permettre de combiner automatisation et intelligence artificielle : Le véhicule automatisé est une voiture capable de rouler automatiquement et en toute autonomie dans le trafic réel et sur une infrastructure non spécifique, sans l'intervention humaine (Bilan de la sécurité routière, 2016). Le classement du National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) retient une hiérarchie de l'automatisation en six niveaux représentés dans le tableau 2, dans lesquels les rôles relatifs de l'humain et de la machine sont interdépendants.

Tableau 2. Catégories NHTSA des relations entre l'humain et la machine par niveau d'automatisme de la voiture

	<b>Niveau 0 : pas d'auto- mation</b>	<b>Niveau 1 : conduite assistée</b>	<b>Niveau 2 : automatisme partielle</b>	<b>Niveau 3 : automatisme condition- nelle</b>	<b>Niveau 4 : automatisme élevée</b>	<b>Niveau 5 : automatisme complète</b>
<b>Humain</b>	Le conducteur contrôle continuellement toutes les fonctions dynamiques de conduite : l'accélération, le freinage, la direction.	Le conducteur réalise les tâches dynamiques de conduite longitudinales OU latérales.	Le conducteur doit à chaque instant monitorer les tâches de conduite dynamiques et contrôler l'environnement de conduite.	Le conducteur n'a pas besoin de monitorer les tâches de conduite dynamiques et de contrôler l'environnement; il doit pouvoir reprendre le contrôle.	Le conducteur n'est pas sollicité pendant la conduite durant des situations définies au préalable.	Sans conducteur.
<b>Machine</b>	La machine peut alerter.	Les autres tâches sont réalisées par la machine. La machine assiste par un système d'information de l'environnement.	Le système réalise les tâches longitudinales ET latérales dans des cas d'usage définis.	Le système réalise les tâches longitudinales et latérales de conduite dans des cas définis; il peut requérir la reprise de contrôle humain avec un temps suffisant.	Le système réalise les tâches de conduite latérale et longitudinale dans tous les environnements, dans des cas d'usage définis.	Le système réalise toutes les tâches de conduite, dans tous les environnements et pour tous les cas d'usage.
<b>Exemple</b>		Régulateur de vitesse, radar de franchissement de ligne, avertisseur collision.	Régulateur de vitesse adaptatif, assistance au parking.	Pilote d'auto-route, roulage en convoi (platooning), Google car.	Conduite automatisée urbaine.	

Au plus le degré d'automatisme est élevé, au plus le système d'intelligence artificielle définit l'objectif de la tâche et assure sa réalisation sans qu'une supervision humaine ne soit requise (de Visser, Pak, & Shaw, 2018). Le véhicule automatisé présentera un ensemble de dispositifs techniques de type radars, caméras, lidars, ADAS et algorithmes (de perception, de planification et de décision), là où un véhicule conventionnel actuel en dispose d'une partie seulement. L'interaction homme-machine avec un degré d'automatisme élevé dépasse donc la relation humain-outil pour relever d'une relation sociale d'agent à agent (de Visser et al., 2018). Il

s'agira pour les deux agents de communiquer, se connecter, pour interagir efficacement dans un espace et un temps partagé, en toute sécurité.

#### 1.2.2.2. Le véhicule automatisé, un robot social ?

Si l'on se réfère à la définition du robot posée par la Norme ISO 8373, « un robot est un mécanisme actionné programmable selon deux axes ou plus avec un degré d'autonomie, se déplaçant dans son environnement, pour effectuer des tâches »<sup>8</sup>, le véhicule automatisé serait un robot. Mais est-il un robot social ? A suivre Bartneck et Fortizzi (2004, p592, notre traduction<sup>9</sup>), un robot social est un robot qui « interagit et communique avec les humains en reproduisant les normes comportementales attendues par les usagers avec lesquels le robot interagit ». Pour Breazeal (2002) un robot autonome est social s'il interagit et communique avec des humains ou d'autres systèmes autonomes, en suivant/observant des comportements sociaux et des règles attachées à ces rôles, ce qui est le cas du véhicule automatisé. Une autre caractéristique du robot social serait sa capacité à se synchroniser avec son interactant<sup>10</sup> humain, et inversement, afin de composer une unité sociale (Lakens, Schubert, & Paolino, 2016). Pour les auteurs, le comportement synchronisé est « un mécanisme par lequel les gens coordonnent leurs comportements dans les interactions sociales » (Lakens et al., 2016, p256, notre traduction<sup>11</sup>). Si dans cette perspective la synchronie tend vers une harmonisation des gestes et postures, elle est aussi porteuse d'une signification sociale. Dans le cas du comportement d'interaction avec un véhicule automatisé, il s'agira moins de réaliser les mêmes gestes, que de réaliser des comportements en collaboration et adaptés dans une unité de temps et de lieu. Si le véhicule automatisé est un robot, le comportement des autres usagers de la route,

---

8 Récupéré le 1er août 2019 sur : <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8373:ed-2:v1:fr>

9 "that interacts and communicate with humans by following the behavioral norms expected by the people with whom the robot is intended to interact"

10 Interactant est un mot appartenant à la langue anglaise, signifiant « a person or thing, that interacts with others », Collins English Dictionary (Récupéré le 7 août 2019 sur : <https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/interactant>)

11 "Behavioral synchronization is one mechanism through which people coordinate their behavior in social interactions."

avec lesquels il entrera en relation, pourra en être modifié, notamment par l'effet des réactions de l'autre. Ces réactions pourront notamment être de type affectif. C'est ainsi que Dautenhahn, Bond, Cañamero et Edmonds (2002) ont étudié l'impact de l'effet émotionnel négatif, de type anxiété, suscité par l'usage d'un système robotisé caractérisé par sa dimension sociale et son intelligence (Social Intelligent Agent, SIA). Cette anxiété peut avoir un effet négatif entravant l'interaction. Les réactions de l'autre pourront aussi impliquer des questions quant à la gestion du risque, en lien avec la sur-confiance : elle peut amener à des comportements à risque comme à la paralysie du trafic, les piétons et conducteurs conventionnels s'engageant face à un véhicule automatisé là où ils ne le font pas face à un véhicule conventionnel ou au contraire à l'adoption de comportement de prudence face à un risque réel ou supposé (Meeder, Bosina, & Weidmann, 2017). Les auteurs, sans proposer une expérimentation validant les deux scénarios, avancent que l'arrivée du véhicule automatisé pourrait soit annoncer une ère du « piéton en enfer », soit une ère du « piéton au paradis ». Le « piéton au paradis » serait celui qui aurait confiance dans ces robots mobiles, notamment lorsqu'il s'agit de traverser une route. Il apparaît ainsi que le comportement des usagers de la route peut être différent en interaction avec un robot, notamment en lien avec l'attitude affective engagée, positivement ou négativement, *via* la confiance, la sur-confiance, la prise de risque ou l'anxiété (Dautenhahn et al., 2002).

Cependant, le véhicule automatisé ne serait un robot social qu'indirectement : le robot social est physiquement incarné, reprenant des caractéristiques physiques de l'humain ou ses gestes (il est anthropomorphe), ce qui n'est pas le cas du véhicule automatisé. Ensuite, sa vocation utilitaire première est la robotique domestique et les services individualisés pour l'humain. Enfin et surtout, le véhicule automatisé est un système autonome, tel que décrit plus haut, caractérisé par une capacité à réaliser toutes les tâches de conduite, sans intervention humaine, ce que les robots domestiques ne réalisent pas. Si le véhicule automatisé n'est pas un robot social, il est cependant un objet social, dès lors qu'il y a autonomie du robot et interaction sociale avec l'humain, notamment par le partage de l'espace et des tâches (Jerčić, Wen, Hagelbäck, & Sundstedt, 2018). Nous retrouvons ces deux caractéristiques dans le véhicule automatisé : d'abord, cet objet analyse l'environnement, prend des décisions, capture des indices sociaux (sa vitesse, sa communication par clignotant, son engagement sur la route par

exemple) et apprend des situations d'interaction. Ensuite, le véhicule automatisé entrera en circulation dans un trafic mixte, dans lequel les autres usagers de la route, et notamment les véhicules conventionnels, circulent avec leurs règles et usages.

### 1.3. De l'acceptabilité centrée sur l'intention d'acheter ou la conduite du système, à l'acceptabilité de l'interaction

Fasciné par l'avancée technologique, l'essentiel des préoccupations médiatiques, sociales ou technologiques ont porté sur le dispositif technique en lui-même et son acceptabilité d'usage direct : intention d'acheter et interaction fonctionnelle du conducteur avec la machine. Restant sur l'estimation de l'acceptabilité dans la phase pré-implémentation, ce qui exclut les études d'interaction homme machine et d'évaluation de l'adoption en phase d'implémentation, deux types d'études ont été publiées. D'abord, celles portant sur l'acceptabilité sociale du véhicule automatisé mesurant le jugement du public à l'égard de cette innovation de rupture, *via* des enquêtes non scientifiques. Les données présentent des scores d'acceptabilité relativement élevés (autour de 55-60%, étude Cox, 2018), en lien avec la confiance dans les nouvelles technologies comme le GPS (score de confiance de 88% selon l'enquête IFOP 2018). Ce score se contracte cependant sur la dernière période, ce qui est particulièrement représenté dans l'enquête AAA (2019) montrant l'effet de l'accident de la voiture autonome Uber avec un vélo en mars 2018 sur le score d'acceptabilité. En lien avec ce score, les enquêtes estiment l'intention d'acheter un véhicule automatisé (39% pour l'enquête Cox automotive, 2018; 28% pour l'enquête IPSOS, 2018) ou l'intention de l'utiliser (56% des interrogés de l'enquête Oliver Wyman, 2018, ne se voient pas utiliser un véhicule automatisé dans les prochaines années). Ces enquêtes évaluent également les inquiétudes des utilisateurs potentiels, en lien avec la sécurité, la perte de contrôle, l'exploitation de données personnelles (Observatoire Cetelem, 2016), la perte du plaisir de conduire (41% pour OpinionWay pour VMware, 2017), ou la menace sur l'emploi (Enquête IFOP, 2018). A côté de la seule estimation du jugement à l'égard de ce dispositif, d'autres publications, de nature scientifique, cherchent à analyser le processus d'acceptabilité du dispositif en s'appuyant sur les modèles de l'acceptance (TAM, Davis, 1989, UTAUT, Venkatesh et al., 2003; TCP, Ajzen, 1991). Ces modèles postulent

que l'acceptabilité d'une innovation est estimée par l'intention comportementale envers l'objet, qui elle-même prédit son usage réel; et cette intention comportementale dépend de variables comme la performance attendue, la perception d'effort, l'influence sociale, la motivation à utiliser, ou les attitudes (Park, Kim, Nam, & Kim, 2013; Osswald, Wurhöfer, Trosterer, Beck, & Tscheligi, 2012; Zmud, Sener, & Wagner, 2016). D'autres déterminants ont été analysés pour expliquer l'intention d'utiliser le véhicule automatisé, comme la confiance en lien avec la fiabilité du systèmes (Parasuraman et al., 2008).

Ces études ont centré l'étude de l'acceptabilité du véhicule automatisé sur l'utilisateur direct (le conducteur, l'acheteur), n'investiguant que peu l'effet de l'interaction de ce dispositif avec les usagers de son environnement. Or, l'arrivée du véhicule automatisé se fera d'abord dans un trafic mixte comprenant à la fois des véhicules automatisés et d'autres usagers de la route, ce que peu d'études ont interrogé (Hulse, et al., 2018). A ce jour, l'étude de la relation avec les autres usagers de la route a surtout porté sur la relation avec les usagers vulnérables que sont les piétons et les cyclistes (Lundgren et al., 2017), à travers l'exploration de plusieurs champs d'étude.

Un premier domaine de travaux a porté sur l'étude de la coopération sur la route *via* celle de la communication entre les usagers vulnérables et le véhicule, qu'il soit conventionnel (Cámara et al., 2018a), ou automatisé (Merat, Madigan, & Nordhoff, 2017, dans le projet européen CityMobil2). Lors d'une interaction piéton/véhicule conventionnel, la communication personne à personne participe de la compréhension de la situation et de la prise de décision. Cette communication s'appuie sur des indices implicites et explicites, comme l'échange de regard ou l'observation de la gestuelle du conducteur. Face à un dispositif automatisé, qui n'émet pas ce type d'indices, les travaux portent sur le processus de décision du piéton : Merat et al. (2017) ont montré que la vitesse du véhicule était le principal facteur de décision pour ces usagers. Pour Schneemann et Gohl (2016), les facteurs de la distance, la vitesse (constitutifs du « gap acceptance ») et la trajectoire du véhicule automatisé sont les principales données utilisées par le piéton pour estimer son comportement de traverser une route sur laquelle circule le véhicule.

Un deuxième domaine d'étude vise l'analyse du comportement et de l'intention comportementale du piéton, tel que le véhicule automatisé peut le capturer et l'intégrer dans ses

propres programmes (Merat et al., 2017). Ce domaine explore tant la cinématique du piéton, en lien avec le comportement observé lors de l'interaction, que l'étude de la prise de décision du piéton (Fox, Camara, Markkula, Romano, Madigan, & Merat, 2018). Par exemple, Fox et al. (2018) proposent d'estimer la décision de passer en lien avec la théorie des jeux : quand un agent estime avoir un avantage sur l'autre, le plus fort prend la priorité, le plus faible cède le passage, chacun sachant qu'il y a une probabilité faible, mais non-nulle, de collision.

Un troisième domaine d'étude vise à mesurer et comprendre la différence de comportement des usagers vulnérables de la route lors de leur interaction avec un véhicule automatisé par rapport à un véhicule conventionnel (Kraiem, Bel, & Coeugnet, 2018). Le questionnaire de cette étude amenait les participants piétons ou cyclistes à déclarer leur intention de traverser une route. L'étude manipulait plusieurs variables indépendantes dont le degré de priorité auquel les voitures qui arrivaient étaient soumises, la présence d'un passage piéton ou d'un feu cycliste, et le degré d'automatisation du véhicule arrivant (véhicule conventionnel vs véhicule automatisé). Les chercheurs ont calculé que l'intention d'un piéton de traverser une route sur laquelle arrive un véhicule automatisé est significativement supérieure à celle de passer quand arrive un véhicule conventionnel, surtout lorsqu'il y avait un passage piéton : en moyenne, les piétons ont une intention de passer de  $M = 5.61$  sur une échelle de 1 à 6 (écart-type de 3.06) face à un véhicule automatisé, contre une intention de passer de  $M = 4.66$  (écart-type de 2.84) face à une voiture conventionnelle<sup>12</sup>. Ils ont identifié les variables qui sont liées à ces différents comportements : la confiance est corrélée à .27 avec la décision de traverser lors de l'interaction avec le véhicule automatisé dans le scénario sans passage piéton, et l'attitude à .21. Ce dernier domaine d'étude, le plus proche de notre champ d'investigation, est cependant moins développé notamment dans la relation entretenue entre un conducteur de véhicule conventionnel et un véhicule automatisé.

---

12 Échelle de 1 à 6, 1 étant « pas du tout d'accord », 6 étant « tout à fait d'accord »

L'analyse du comportement du conducteur de véhicule conventionnel lors de son interaction avec le véhicule automatisé, bien qu'essentiel par les flux et la complexité de l'interaction, relève d'un autre champ d'étude qui n'a pas été exploré à ce jour. Le véhicule automatisé, en tant que véhicule particulier, pourrait provoquer des comportements particuliers, notamment dans la coopération inter véhicules. Nous savons que les conducteurs adoptent des comportements différents en fonction des représentations qu'ils ont construites sur le type de véhicule ou de conducteurs avec lesquels ils entrent en interaction (Bjorklund & Åberg, 2005; Hamdar, Qin, & Taledpour, 2016; Ragot & Munduteguy, 2008). Ragot et Munduteguy (2005, p28) ont notamment montré dans une étude par questionnaire et entretiens que « le risque est associé à l'autre » et la représentation que le participant s'en est fait. Ainsi, les automobilistes considèrent la conduite des deux-roues à moteur significativement plus dangereuse que la leur et celle des autres automobilistes. Par ailleurs, les automobilistes estiment respecter davantage le code de la route que ne le font les deux-roues motorisés. Ils déclarent aussi avoir une vitesse moins élevée que les deux-roues motorisés. Au final, cette étude montre que les conducteurs automobiles déclarent avoir une conduite moins dangereuse et moins risquée que les deux-roues motorisés. Ce décalage est aussi expliqué par les chercheurs : les caractéristiques techniques de la moto ne seraient pas bien connues des automobilistes, comme la maniabilité, la vitesse ou le freinage, ce qui participe à développer des croyances comportementales spécifiques envers ces engins. Pour Bjorklund et Åberg (2005) ou Fox et al. (2018), l'explication porterait sur la représentation de la force de l'un par rapport à l'autre, le fort et le faible : ainsi, pour Fox et al. (2018), le fort est celui qui a un véhicule plus sûr ou plus lourd, comme un SUV; le faible est défini par l'exemple, un cycliste ou un piéton. Lors d'une interaction entre deux voitures, si une des voitures est plus proche du croisement, et qu'elles sont de force équivalente, la plus proche passe; si la distance est la même, celle qui est la plus forte passe. Or, selon les auteurs, pour les usagers de la route, ils se considèrent tous plus forts que le véhicule automatisé. Selon ces données, les conducteurs de véhicule conventionnel devraient passer lors d'une interaction avec un véhicule automatisé, si la distance est la même entre les deux véhicules arrivant au croisement. Mais cette proposition n'a pas été éprouvée expérimentalement. Une autre dimension mériterait d'être explorée, la représentation du véhicule automatisé comme un véhicule qui respectera de manière conservatrice le code de la

route. Si des études préalables ont pu porter sur la représentation de dangerosité des motocyclistes, au regard de l'absence de respect du code de la route (Ragot & Munduteguy, 2008), il serait intéressant d'étudier la représentation des conducteurs de véhicule conventionnel à l'égard du conservatisme et du respect du code de la route par les systèmes automatisés. Si cette représentation est confirmée, elle pourra amener à une collaboration altérée, observable par des comportements à risques lors de l'interaction avec le véhicule automatisé. Dans la même perspective, le comportement des humains face au véhicule automatisé pourra, sachant que les systèmes s'arrêteront en cas d'obstacle sur leur route, forcer une priorité (Fox et al., 2018; Camara et al., 2018b) : c'est le stop robot. Cette analyse tend à montrer que la représentation que le conducteur s'est construite du véhicule automatisé pourra l'amener à adopter un comportement d'interaction différent qu'avec un véhicule conventionnel. Cette étude éclaire sur les formes de cette différence, à savoir un comportement de type agressif, observable par des variables de cinématique de conduite (vitesse, accélération, passage en premier au croisement). En revanche, elle ne nous dit que peu de choses sur les facteurs qui expliquent cette différence de comportement. Quelles croyances ou attitudes les conducteurs de véhicules conventionnels ont-ils construit et comment ces dernières influent-elles leur acceptabilité envers le véhicule automatisé et, in fine, sur leur comportement d'interaction avec celui-ci ?

Accepter le véhicule automatisé est analysé ici comme un facteur propice à collaborer efficacement. Si les véhicules automatisés doivent être prévisibles dans leur comportement pour que le conducteur en interaction l'accepte, il existe des inconnus à ce stade. Il pourrait exister notamment une représentation orientée du véhicule automatisé : dès lors que le véhicule automatisé est un objet social autonome, ses particularités notamment être une technologie de rupture (en lien avec la technophilie), inspirer la confiance, ou être fiable (c'est-à-dire performant) pourrait induire des comportements spécifiques des interactants. A ce stade, aucune étude ne permet aujourd'hui de prédire assurément le type de comportement du conducteur de véhicule conventionnel lors de son interaction avec le véhicule automatisé : est-ce que les comportements seront différents ? Si oui, qu'est ce qui caractérise cette différence, et quels sont les facteurs susceptibles d'expliquer cette différence ? Et notamment, en quoi l'acceptabilité préalablement constituée pourrait participer à expliquer cette différence ? Autant de questions auxquelles cette thèse se donnera pour ambition de répondre.

## CHAPITRE 2 PREDIRE LE COMPORTEMENT INDIVIDUEL ENVERS UNE NOUVELLE TECHNOLOGIE PAR LES MODELES DE L'ACCEPTANCE

Quels modèles théoriques permettraient de prédire et expliquer le comportement des conducteurs de véhicules conventionnels lors de leur interaction avec un véhicule automatisé ? Notre ambition n'est pas ici de convoquer tous les champs théoriques de la relation homme-intelligence artificielle, qui relèvent de disciplines à la fois trop nombreuses et trop étendues pour les intégrer en un seul projet : management des systèmes d'information, sciences de gestion, interaction-homme machine, ingénierie, psychologie, ergonomie, sociologie, philosophie, mathématiques, informatique. Nous basons nos travaux sur les modèles de la cognition sociale qui envisagent l'acceptabilité comme l'étude des constructions sociales envers la technologie qui rendent son usage acceptable et sous-tendent le comportement avec celui-ci, dans une dynamique temporelle.

La proposition que l'acceptabilité repose sur un continuum temporel est abordé de plusieurs manières dans la littérature : soit les modèles montrent pourquoi et comment certains utilisateurs s'approprient plus vite la technologie (Rogers, 1995, 2010; Pelletier & Moreau, 2008), soit ils représentent les phases dynamiques de la relation homme-technologie jusqu'à son adoption durable (Bobillier-Chaumon & Dubois, 2009). Cette deuxième perspective repose sur trois moments, le pré-développement industriel (avant que l'objet ne soit disponible), l'implémentation et le post-développement industriel et comporte trois mesures distinctes en lien avec ces trois moments : l'acceptabilité, l'appropriation et l'adoption (Bobillier-Chaumon & Dubois, 2009; Terrade, Pasquier, Reerink-Boulanger, Guingouain, & Somat, 2009; Bobillier-Chaumon, 2016). L'acceptabilité dans la phase de pré-développement industriel évalue les déterminants perceptifs (*i.e.*, identification des besoins et des attentes) envers un objet non disponible. Ces déterminants ont la particularité d'être subjectifs et rationalisés par l'utilisateur,

dans une approche où il compare par construction - et non par observation réelle - le bénéfice de l'usage de l'objet et des alternatives, et le coût de cet usage. Ils postulent que plus un usager a l'intention d'utiliser la technologie, plus il est prêt à fournir des efforts pour cela, plus le comportement-cible<sup>13</sup> a des chances d'être effectivement réalisé. Dans la phase de développement industriel (la phase d'adoption), quand la technologie est prête à une mise sur le marché et disponible pour des essais ou des expériences, l'ergonomie et l'approche centrée utilisateur donnent des perspectives pour analyser l'acceptance *via* le comportement observé de l'individu dans l'interaction avec l'objet. Il s'agit de mesurer objectivement et subjectivement l'appropriation de la technologie par les usagers dans l'usage et repose sur l'évaluation des conditions de l'usage *via* l'estimation de l'utilisabilité, l'utilité et la satisfaction : lorsqu'une technologie est facile à utiliser, répond aux besoins de l'usager et qu'elle est compatible avec les contraintes et objectifs de l'organisation, alors son adoption et la probabilité d'usage augmentent (Bobillier-Chaumon, 2016). Dans les mois et années qui suivent l'implémentation de la technologie, d'autres modèles mesurent l'acceptance à travers l'effet de la technologie et de son usage sur les utilisateurs et leur activité dans la durée (Brangier, Dufresne, & Hammes-Adelé 2009; Bobillier-Chaumon & Dubois, 2009; Bobillier-Chaumon, 2016). Il s'agit alors de mesurer l'appropriation de l'innovation dans le temps, entre six mois et deux ans après l'implémentation, à travers l'évaluation de l'effet de l'usage sur l'activité et sur le projet de l'individu : la technologie sera appropriée si son usage permet de faire et d'être, c'est-à-dire respecte l'identité sociale réelle ou désirée. Dans cette dernière phase d'appropriation, l'ajustement se fait au niveau des usagers et non plus de la technologie comme dans la deuxième phase d'adoption (Pasquier, 2013).

---

13 Un comportement-cible est défini par son objet, sa cible, le moment et le lieu de sa réalisation (Fishbein & Ajzen, 2011).

## 2.1. L'étude de la formation du jugement d'acceptabilité d'une nouvelle technologie par les modèles de l'acceptance

Les modèles de l'acceptance n'ont pas été conçus pour prédire exclusivement le comportement face à une technologie avant qu'elle ne soit disponible (*i.e.*, l'acceptabilité) : ils estiment également l'intention d'usage et de réusage dans la durée. Cependant, ce sont les seuls qui puissent estimer le jugement (*i.e.*, les réactions) de l'utilisateur face au véhicule automatisé au stade de développement industriel à la réalisation de cette thèse, entre 2016 et 2019, et prédire ainsi l'intention comportementale à son égard. Ceci renvoie à deux courants théoriques : celui du jugement envers le comportement-cible (c'est-à-dire la réalisation d'un acte particulier, dans un temps et un espace donné, envers un objet précis) et celui du jugement envers la technologie dont on souhaite prédire l'usage. Nous présentons ces deux courants *via* six modèles de référence et leurs extensions.

Le premier courant d'étude prédit le comportement en fonction de la valeur ou du jugement que l'usager accorde au comportement-cible et donc à l'objet. Il se rapporte à l'étude de l'intention comportementale envers cet objet, sous l'influence de la valeur de ce comportement et des normes sociales (Pasquier, 2013). Ces modèles étudient la représentation subjective que l'individu se construit du comportement envers la technologie et la formation du jugement à son endroit. La Théorie de l'Action Raisonnée (TAR, Ajzen & Fishbein, 1975) et la Théorie du Comportement Planifié (TCP, Ajzen, 1991) sont les modèles de référence. Ils étudient en quoi le comportement volitif, sous contrôle d'un agent raisonné et qui décide, est à la base de la prédiction du comportement d'usage (Ajzen & Fishbein, 1975; Rogers, 1995). La TAR est la première théorie qui, chronologiquement, proposera la modélisation du comportement face à une technologie nouvelle. Elle montre la relation entre l'intention comportementale et le comportement réel, avec comme variables prédictives de l'intention comportementale l'attitude et les normes subjectives (cf., figure 3).

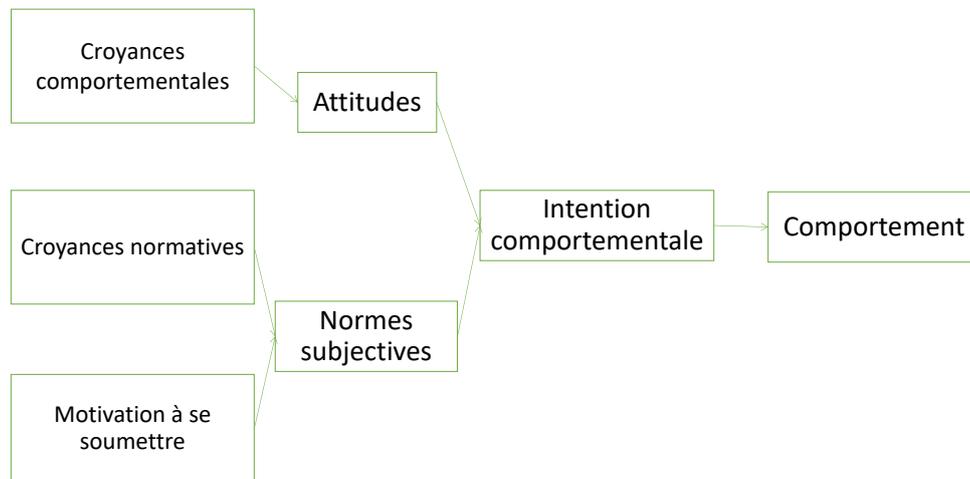


Figure 3. Théorie de l'Action Raisonnée (TAR), d'après Ajzen et Fishbein (1975).

Dans cette perspective, l'intention comportementale et l'attitude sont au centre des modèles de l'acceptabilité. Le 1<sup>er</sup> facteur de la TAR, l'intention comportementale, est défini comme « l'indication qu'une personne est prête à réaliser un comportement » (Fishbein & Ajzen, 2011, p39, notre traduction<sup>14</sup>). Elle correspond à la motivation à réaliser la tâche selon une intensité plus ou moins forte qui amène la réalisation contrôlée et raisonnée du comportement. L'intention comportementale est le principal prédicteur du comportement (Fishbein & Ajzen, 2011). L'intention comportementale est une construction renvoyant à la croyance que les usagers se sont construite sur un objet, c'est-à-dire, à l'image qu'un individu se fait d'une situation ou d'un objet, de sa connaissance et de son utilité (Bernoussi & Florin, 1995). En cela, l'intention comportementale est une expression subjective et renvoie à une croyance de cause à effet qui conduit l'agent à établir un lien entre l'émission d'un comportement donné et un résultat spécifique. Une des caractéristiques de cette croyance est qu'elle provoque une réaction de type association envers l'objet ou la situation, ses caractéristiques, qualités ou

---

14 "indications of a person's readiness to perform a behavior"

attributs (Fishbein & Ajzen, 2011). La croyance est reliée à l'attitude envers l'objet. Ainsi, les croyances construites envers le véhicule automatisé sont liées à l'attitude à l'égard du véhicule automatisé dans sa dimension affective, c'est-à-dire sa valence (bon/mauvais), mais aussi dans sa dimension cognitive (je suis d'accord/je ne suis pas d'accord) (Fishbein & Ajzen, 2011). Le 2<sup>ème</sup> facteur de la TAR, l'attitude, est une évaluation positive ou négative, une « disposition latente ou une tendance à répondre plus ou moins favorablement à un objet psychologique » (Fishbein & Ajzen, 2011, p76, notre traduction<sup>15</sup>). La valence de l'attitude est liée à l'intention comportementale dans le sens où une attitude positive amène l'utilisateur à considérer les avantages du comportement par rapport aux désavantages. Cette relation entre la valence de l'attitude et le comportement est cependant discutée en psychologie sociale (Armitage, Conner & Norman, 1999). Pour certains auteurs, les relations attitude-comportement sont inconsistantes (Fazio, Chen, McDonel, & Sherman, 1982; Fazio, 2007). D'autres disciplines, comme le marketing et la communication persuasive (Courbet & Fourquet-Courbet, 2005) ou le champ des neurosciences affectives (Robinson, Watkins, & Harmon-Jones, 2013) apportent des précisions. En neurosciences affectives, il a par exemple été démontré une relation entre la valence d'une émotion induite et la performance de conduite mesurée par le contrôle latéral et la gestion de la vitesse (Chan & Singhal, 2015) : dans la condition où l'émotion induite est négative, la vitesse moyenne est plus basse et le contrôle latéral jugé insuffisant par rapport à la condition où l'émotion induite est positive. Le 3<sup>ème</sup> facteur de la TAR est la norme subjective : elle illustre que le comportement serait dépendant du jugement direct ou supposé des autres<sup>16</sup> et de la motivation à se soumettre à ce jugement. La norme sociale est « la pression

---

15 "a latent disposition or tendency to respond with some degree of favourableness or unfavourableness to a psychological object"

16 Les autres étant des personnes qui comptent

sociale à réaliser le comportement » (Ajzen, 1991, p188 notre traduction<sup>17</sup>) ressentie par l'entourage dont le jugement compte. La norme sociale peut être descriptive en référence aux comportements majoritaires, ou injonctive relevant de la valeur sociale accordée au comportement (Cialdini, Kallgren, & Reno, 1991). Une norme sociale subjective positive est liée au ressenti d'une pression sociale vers la réalisation du comportement-cible (Ajzen & Fishbein, 1980). En somme, l'attitude et la norme subjective sont dépendantes de croyances construites par l'utilisateur, sous l'influence des résultats attendus, de la valeur sociale du comportement attendu et la motivation à se conformer. Ce modèle fondateur propose que l'utilisateur ait l'intention d'utiliser une technologie s'il a conscience des bénéfices positifs associés à son usage (attitude de valence positive) et qu'il pense que son environnement social l'incitera à utiliser l'innovation, soit parce que l'environnement social l'utilise lui-même, soit parce que l'entourage social pense que l'utilisateur devrait l'utiliser.

Aux variables prédictives de la TAR, la Théorie du Comportement Planifié (TCP) ensuite ajoute la variable du Contrôle Comportemental Perçu (CCP) pour prédire l'intention comportementale et le comportement (cf., figure 4). Le CCP correspond à « la représentation que les gens pensent avoir de leur capacité à faire ou du contrôle qu'ils ont sur leur capacité à réaliser un certain comportement » (Fishbein & Ajzen, 2011, p64, notre traduction<sup>18</sup>).

---

17 "it refers to the perceived social pressure to perform or not to perform the behavior"

18 "are a people's perceptions of the degree to which [people] are capable of, or have control over, performing a given behavior"

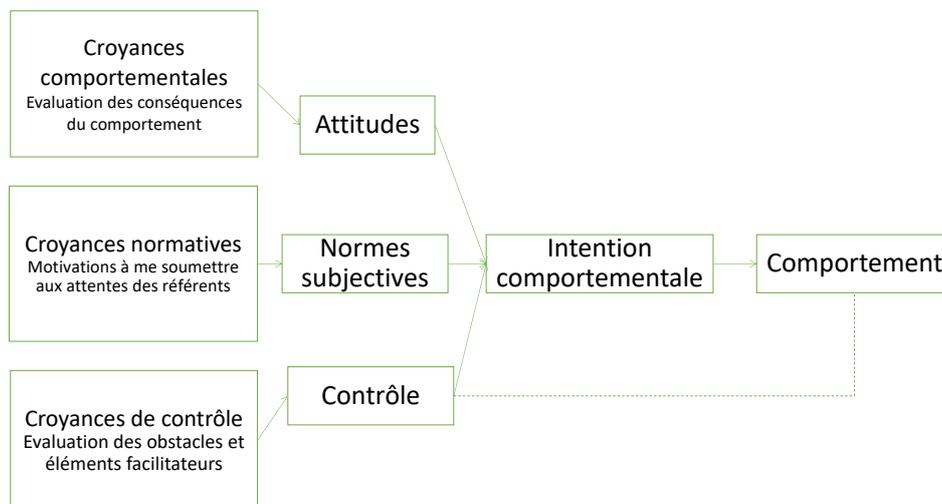


Figure 4. Théorie du Comportement Planifié (TCP), d'après Ajzen (1991).

Il s'agit d'une perception de la facilité, ou de la difficulté, à réaliser le comportement voulu, en lien avec la compétence de l'utilisateur à réussir le comportement, à s'y adapter et à apprendre à le réaliser (Alexandre, Reynaud, Osiurak, & Navarro 2018). Ainsi, plus un usager pense disposer de ressources internes et d'opportunités externes favorables, plus il aura une perception de contrôle qui lui donnera le sentiment de pouvoir réussir le comportement-cible. Cette variable est proche du construit de l'auto-efficacité de Bandura (1986) qui est la conviction qu'a l'utilisateur qu'il dispose des ressources pour réaliser le comportement. Cet ajout témoigne que le comportement est sous l'influence de déterminants extérieurs à l'utilisateur (Terrade et al., 2009; Sheeran, 2002) et n'est pas sous son contrôle volontaire exclusif (Chauvin, Letirand, & Delhomme, 2007). En effet, l'utilisateur ayant le sentiment qu'il a ou n'a pas la capacité, au sens de l'habileté, à réussir l'utilisation de l'innovation, ceci suggère que d'autres facteurs, externes, interviendraient. Pour Poupon (2017), la perception qu'a l'utilisateur de contrôler sa capacité à produire le comportement-cible et à dépasser les obstacles de l'utilisation est interne. Ainsi, le déficit de contrôle empêcherait de relier l'action aux résultats de l'action, entraînant une baisse de la motivation à faire ou une réaction émotionnelle négative (Seligman, 1975). Un défaut de ce contrôle comportemental suggérerait que l'utilisateur pense ne pas avoir toutes les ressources internes pour utiliser l'innovation et qu'il doit recourir à des ressources externes, comme les conditions facilitatrices (Venkatesh & Morris, 2000).

La TAR et la TCP ont été utilisées dans de nombreux domaines industriels, mais aussi dans l'étude de la conduite automobile. Par exemple, ils ont permis la prédiction des comportements routiers en lien avec l'usage de l'alcool au volant (Åberg, 1993), les comportements d'infraction sur la route (Parker, Manstead, Stradling, Reason, & Baxter, 1992) ou plus largement la conduite à risque (Elliot, Armitage, & Baughn, 2005; Castanier, Deroche, & Woodman, 2013). Ils ont aussi été utilisés pour prédire l'intention d'utiliser des dispositifs d'aide à la conduite, comme les systèmes d'Intelligence Speed Adaptation (ISA) (Warner & Åberg, 2006; Vlasenroot, Brookhuis, Marchau, & Witlox, 2010) ou un système de navigation (Kyriakidis, Happee, & de Winter, 2015; Park & Kim, 2014; Rahman, 2016). Ils ont encore été utilisés pour anticiper l'intention d'utiliser des véhicules électriques (Poupon, 2017; Cestac, 2009), des véhicules automatisés individuels (Schoettle, & Sivak, 2014; Underwood, 2014; Zmud & Sener, 2017) ou collectifs (Merat et al., 2017; Madigan, Louw, Wilbrink, Schieben, & Merat 2017; Motak et al., 2017).

A côté de ces modèles qui semblent soutenir que l'acceptabilité peut dépendre de la valeur subjective accordée au comportement envers l'objet, une deuxième proposition scientifique se centre sur le rapport pratique et exclusif entre l'utilisateur et la technologie. Ici, l'acceptabilité est dépendante de la façon dont l'utilisateur envisage d'utiliser la technologie, la plus-value qu'il estime pouvoir en tirer dans l'usage et sa motivation à l'utiliser en comparaison du coût que cela engage. Dans ces modèles, l'acceptabilité est opérationnalisée par l'intention comportementale elle-même dépendante de deux déterminants perceptifs : perception de la performance et perception de la facilité d'usage attendue (Technology Acceptance Model, TAM, Davis, 1989a). Les perceptions correspondent aux croyances et attitudes de l'utilisateur. Au centre du TAM, et comme prédicteur de l'intention comportementale, se retrouve l'attitude envers la technologie. Avec la performance attendue, l'attitude est présentée comme un déterminant direct de l'intention comportementale et sous la dépendance de deux facteurs qui témoignent de la motivation : la performance attendue du dispositif (motivation extrinsèque) et sa facilité d'usage attendue (motivation intrinsèque). La figure 5 présente le modèle d'acceptation des technologies (TAM) de Davis (1989a).

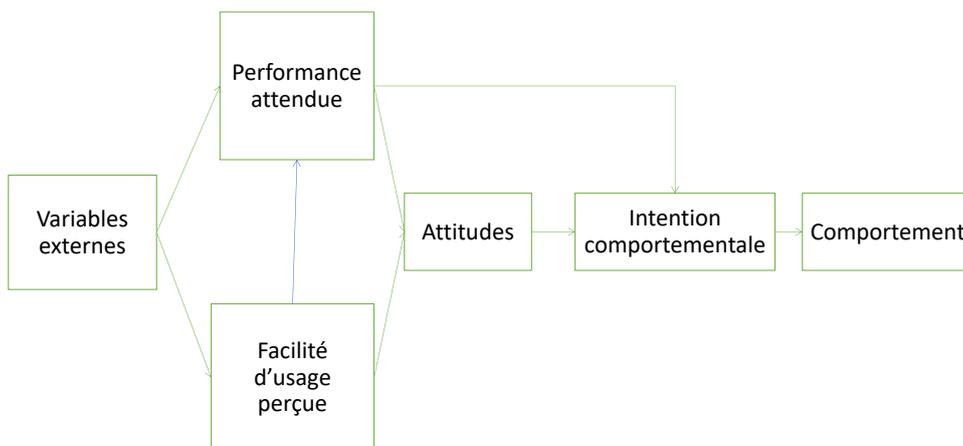


Figure 5. Modèle d'Acceptation des Technologies (TAM), d'après Davis (1989).

La performance attendue est définie comme « le degré avec lequel une personne croit que l'utilisation du système améliorera sa performance » (Davis, Bagozzi, & Warshaw, 1989b, p982, notre traduction<sup>19</sup>). Elle représente le bénéfice attendu par l'usage, portant sur une performance professionnelle ou organisationnelle attendue comme pouvant être améliorée par l'usage. La facilité d'usage attendue est « le degré avec lequel une personne croit que l'utilisation d'un système ne lui demandera pas d'effort » (Davis, 1989a, p383, notre traduction<sup>20</sup>). Dans la filiation de l'auto-efficacité de Bandura (1986), elle est la croyance que l'usage requiert peu ou pas d'effort. Ce construit relie la facilité d'apprentissage à l'usage du système. Ces deux variables sont dépendantes de facteurs externes comme les caractéristiques du système, le développement du process ou la formation qui accompagne le déploiement. Bien que le TAM ait démontré sa robustesse, il a été critiqué pour l'absence de dimension sociale influençant l'intention comportementale (Schepers & Wetzels, 2007). Une deuxième version du TAM

19 "an extent to which a person believes that using the system will improve his or her job performance"

20 "an extend to which a person believes that using a particular system will be free of effort"

(TAM 2, Venkatesh & Davis, 2000) développera particulièrement la motivation extrinsèque *via* l'étude de l'influence sociale et du processus cognitif instrumental comme antécédents à la performance attendue (cf., figure 6). Le processus d'influence sociale reflète l'impact de trois forces sociales interdépendantes qui rendent compte de la pression sociale à utiliser la technologie : la norme subjective, l'image et le côté volontaire d'usage. Le processus cognitif instrumental regroupe les jugements à l'égard de la performance attendue de la technologie qui sont confrontés aux objectifs et aux conséquences de la réalisation de la tâche. Les auteurs intègrent deux facteurs modérateurs de la relation normes subjectives/intention comportementale : l'expérience et la dimension volontaire de l'usage.

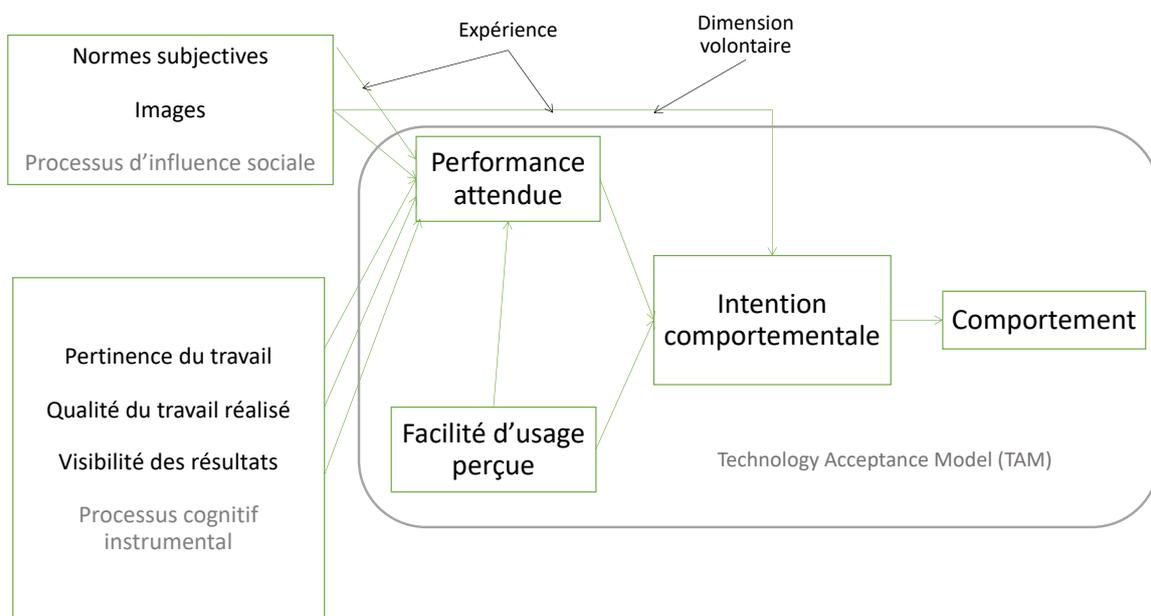


Figure 6. Modèle d'Acceptation des Technologies version 2 (TAM 2), d'après Venkatesh et Davis (2000).

A partir de cette version, le TAM ne retiendra plus l'attitude comme antécédent à l'intention d'usage. Le TAM 3 (Venkatesh & Bala, 2008), présenté dans la figure 7, complète le TAM2. Il apporte notamment des spécifications concernant la motivation intrinsèque, à partir du développement des facteurs relatifs à la facilité d'usage perçue *via* les concepts d'ancrage (l'auto-efficacité face à l'informatique, l'anxiété face à l'informatique, le caractère ludique de l'usage, le contrôle perçu) et d'ajustement (le plaisir à utiliser et l'utilisabilité objective). Les

croiances ancrées sont les croyances générales que l'utilisateur s'est construites sur la technologie ou son usage, qui participent à la formation du jugement avant usage, jugement qui peut s'ajuster après une première expérience.

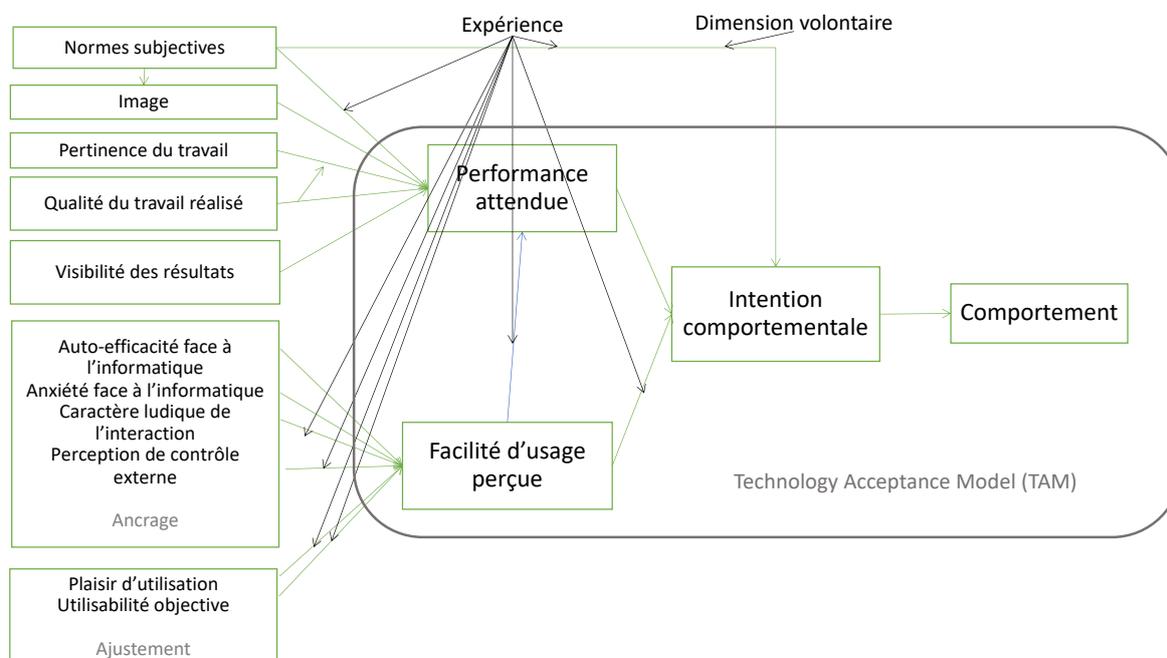


Figure 7. Modèle d'Acceptation des Technologies version 3 (TAM 3), d'après Venkatesh et Bala (2008).

Le TAM a connu et continue à bénéficier d'un large soutien dans la recherche appliquée, en partie grâce à sa parcimonie et sa robustesse. Il a notamment été conçu pour prédire l'intention d'utiliser des dispositifs dans les Technologies de l'Information et des Communications (TIC) (Hsiao & Yang, 2011; Atarodi, Berardi, & Toniolo, 2018; Surendran, 2012), comme la banque à distance (Amin, Rizal Abdul Hamid, Lada, & Baba, 2009), le e-commerce (Cheng, Lam, & Yeung, 2006; Chong, Darmawan, Ooi, & Lin, 2010; Tsu Wei, Marthandan, Yee-Lo, Ooi, & Arumugam, 2009), ou la téléphonie mobile (Lu, Liu, Yu, & Whang, 2008). En lien avec le champ d'étude de cette thèse, le TAM a montré qu'il pouvait être un modèle capable de prédire l'intention d'utiliser un véhicule électrique (Emsenhuber & Zielke, 2012), des ADAS (Rahman, Lesch, Horrey, et Strawderman, 2017) ou plus généralement l'intention d'utiliser un véhicule automatisé (Buckley, Kaye, & Pradhan, 2018).

En relation avec le TAM, car s'appuyant sur les construits cognitifs de la perception d'usage de la technologie, le modèle Personal Innovativeness in Information Technology (PITT, Agarwal & Prasad, 1998) ajoute des variables liées aux caractéristiques personnelles (cf., figure 8). Il propose d'évaluer l'intention d'adopter une innovation en fonction de la perception que les utilisateurs ont de l'innovation (avantage relatif, facilité d'usage, comptabilité), elle-même dépendante de la conscience. Pour la première fois, des auteurs soulignent l'effet modérateur de l'innovativité (la technophilie) dans la relation perception/décision d'adoption. La technophilie est « la volonté pour un individu d'essayer une innovation » (Agarwal & Prasad, 1998, p18, notre traduction<sup>21</sup>); elle est associée à une prise de risque envers les bénéfices possibles mais non garantis de l'innovation. Ainsi, un technophile aura davantage l'intention d'utiliser l'innovation qu'un non technophile, pour une même représentation de la complexité et de congruence avec son style de travail.

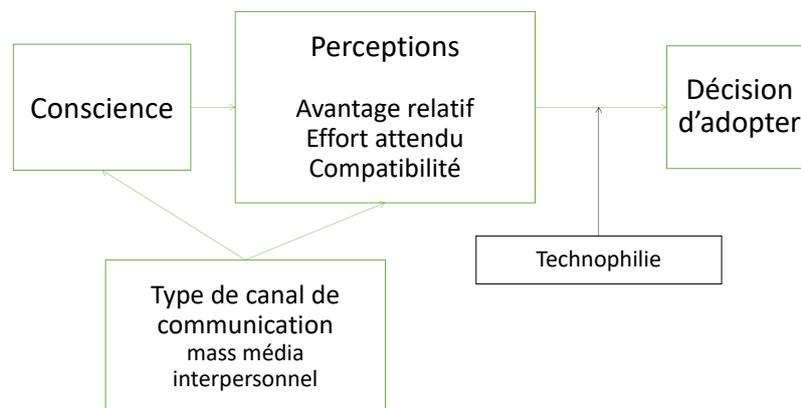


Figure 8. Modèle de l'Innovativité Personnelle (PITT), d'après Agarwal et Prasad (1998).

Pour compléter cette approche, un modèle ouvre l'étude du comportement face à une innovation en introduisant l'effet de l'environnement et de la personnalité (*via* la technophilie) : la Théorie de la Diffusion de l'Innovation (TDI, Rogers, 1995, 2003). Ce modèle, présenté en

21 "is the willingness of an individual to try out an innovation".

figure 9, modélise le processus de diffusion de l'innovation auprès des membres du groupe, *via* la communication, l'organisation, les réseaux ou les leaders. La TDI prédit l'adoption individuelle de la technologie puis identifie les trajectoires de propagation de l'innovation dans le groupe.

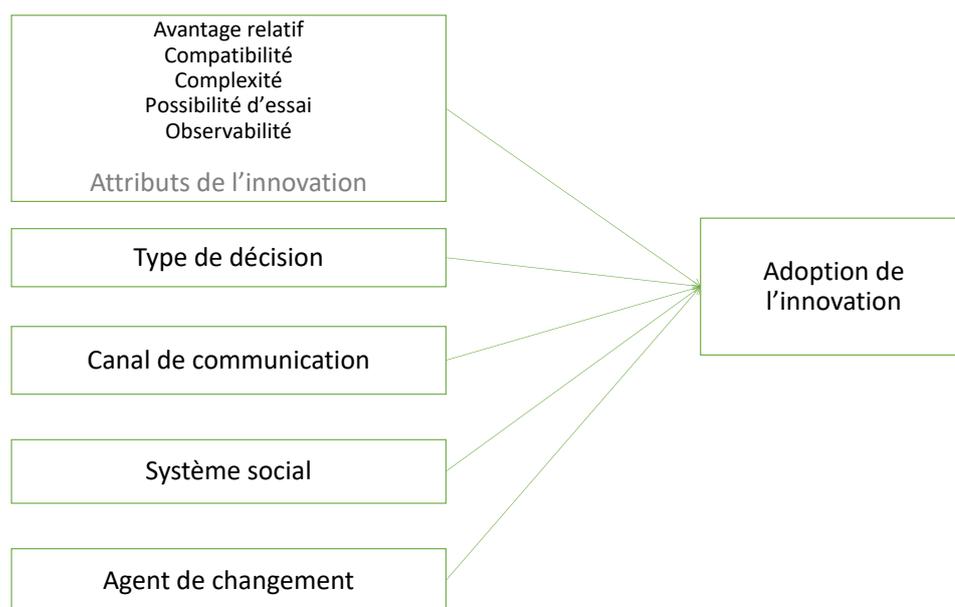


Figure 9. Théorie de la Diffusion de l'Innovation (TDI), d'après Rogers (1995).

Pour la TDI, l'adoption de l'innovation repose sur l'avantage relatif que l'utilisateur, individuellement, aura identifié d'utiliser la nouvelle technologie par rapport à l'existante. Cette comparaison est réalisée en premier lieu par les plus technophiles.

En somme, les modèles de l'acceptance proposent que pour accepter un dispositif l'utilisateur doit, sur la base d'une construction mentale basée sur ses besoins, ses attentes et ses perceptions, envisager son utilisation ou sa relation à l'objet. Ils sont donc déterministes, reposent sur la conscience de la relation humain/objet et renvoient à la motivation à utiliser l'objet. Ils prédisent environ 40% de la variance de l'intention d'usage de la technologie (Venkatesh, Morris, Davis, & Davis, 2003; Davis, 1989a; Venkatesh & Davis, 2000). Leur parcimonie et leur robustesse justifie le nombre d'expérimentations scientifiques publiées qui s'y réfèrent. A titre d'illustration, entre 1975 et 2000, 39 464 articles ont été publiés en se référant explicitement

au TAM.<sup>22</sup>Pour rassembler la valeur ajoutée des différents modèles déjà largement utilisés dans les publications, et tenir compte de la plus grande complexité des technologies, le Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT, Venkatesh et al., 2003) a associé les huit modèles les plus robustes sur l'intention comportementale que sont la Théorie de l'Action Raisonnée, le Technology Acceptance Model, la théorie de la motivation (Deci & Ryan, 1985), la Théorie du Comportement Planifié (Ajzen, 1991), le modèle unifié TAM-TCP (Taylor, & Todd, 1995), le modèle de l'utilisation des ordinateurs portables (Thomson, Higgins, & Howell 1994), la Théorie de la Diffusion de l'Information (Rogers, 1995), et la Théorie Socio-Cognitive (TSC, Bandura, 1986) qui propose que les facteurs environnementaux (cadre social, organisationnel, ou matériel), comportementaux (patterns d'actions réalisés) et personnels (événements et buts cognitifs, les réactions affectives, les perceptions dont la perception d'auto-efficacité) pèsent équitablement dans la construction de la représentation de la relation à l'objet. En combinant ces modèles, l'UTAUT (cf., figure 10) parvient à corriger les effets négatifs des modèles trop parcimonieux, tout en centrant la prédiction du comportement sur des facteurs éprouvés : l'intention comportementale et les conditions facilitatrices. Il rapproche aussi les deux groupes de modèles : ceux centrés sur l'attitude à l'égard de l'objet et ceux centrés sur le comportement d'utilisation de l'objet. L'intention comportementale est déterminée par la performance attendue, la facilité d'usage attendue et l'influence sociale *via* la prédiction de valeurs; ces trois facteurs étant eux-mêmes modérés par l'âge, le genre, l'expérience antérieure et la volonté d'usage.

---

22 Sur la base d'une recherche sur Science, avec les mots clés « Technology Acceptance Model », sur la période 1975-2000.

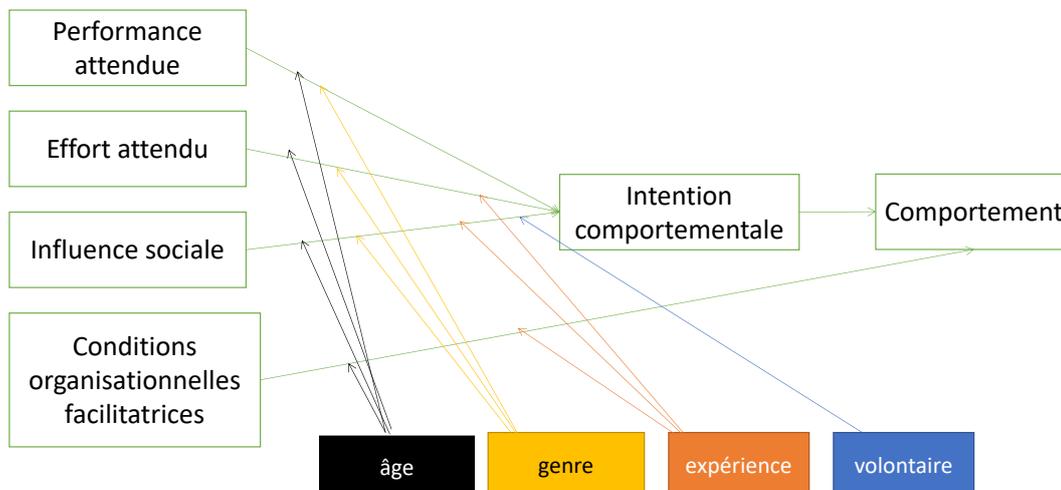


Figure 10. La Théorie Unifiée de l'Acceptance et de l'Usage des Technologies (UTAUT), d'après Venkatesh, Morris, Davis et Davis (2003).

Tout comme le TAM 2 et 3, l'UTAUT écarte l'attitude comme déterminant de l'intention d'usage. Il propose également que la performance attendue en premier et l'attente d'effort ensuite soient les facteurs qui pèsent le plus dans la variance de l'intention comportementale. Le modèle ajoute aux déterminants individuels des facteurs de l'environnement organisationnel ou technique aidant à l'usage : les conditions facilitatrices. Ces déterminants sont externes à la personne, comme le degré d'automatisation d'une innovation. Les auteurs posent qu'au plus les conditions facilitatrices sont favorables, au plus l'intention d'utiliser l'innovation sera élevée. Ce modèle expliquerait 56% de la variance de l'intention comportementale. En 2012, l'UTAUT 2 (Venkatesh, Thong, & Xu, 2012, voir figure 11) examine un nouveau contexte d'étude, la consommation d'une technologie de l'information, et ajoute trois construits au modèle d'origine : la motivation hédonique, la valeur et les habitudes.

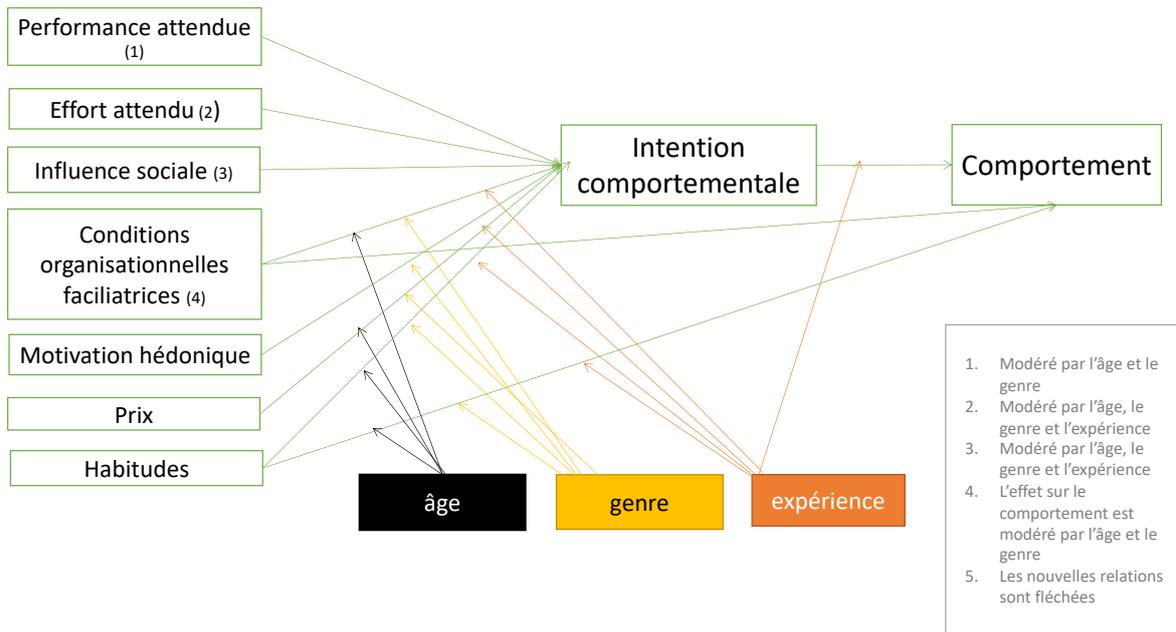


Figure 11. La Théorie Unifiée de l'Acceptance et de l'Usage des Technologies version 2 (UTAUT 2), d'après Venkatesh, Thong et Xu (2012).

La motivation hédonique correspond au plaisir, à l'amusement en lien avec l'usage. La valeur est ici le prix de l'objet. L'habitude fait référence à une action répétée, devenue automatique, sans engager l'action délibérément. Par opposition à l'expérience antérieure qui représente un temps d'usage, l'habitude se crée par observation de l'environnement et association de ces observations au comportement. Cette version 2 améliore la variance de l'intention d'utiliser les technologies de l'information par internet de .56 à .74; les habitudes, la motivation hédonique, l'attente de performance, l'attente d'effort, l'influence sociale et les conditions facilitatrices sont, dans cet ordre, les meilleurs prédicteurs de l'intention d'utiliser une technologie. L'UTAUT a été utilisé pour l'acceptabilité d'un système de navette autonome (Madigan et al., 2017; Merat et al., 2017). Les résultats montrent que le plaisir à utiliser l'innovation est le facteur le plus significatif, suivi de la performance attendue, l'influence sociale et les conditions organisatrices. Dans une étude portant sur la prédiction d'utilisation d'un ADAS, Rahman et al. (2017) ont montré que la performance attendue est le déterminant le plus important de l'intention comportementale et que l'UTAUT permet de prédire 71% de la variance de l'intention comportementale. Par ailleurs, plusieurs études ont investigué l'effet des déterminants de l'UTAUT 2 sur l'acceptabilité du véhicule automatisé (Park, Kim, Nam, & Kim, 2013;

Osswald et al., 2012; Zmud & Sener, 2017). Park et al. ont ainsi montré que les conditions facilitatrices étaient liées à l'intention d'utiliser les systèmes connectés de véhicules automatisés. Zmud et Sener (2017) ont montré que l'expérience antérieure d'usage d'application sur les transports, de *smartphone* et de réseaux sociaux était positivement liée à l'intention d'utiliser un véhicule automatisé. Relevons toutefois qu'aucune de ces publications n'a exploré l'effet de l'acceptabilité du véhicule automatisé par les conducteurs, dans leur interaction avec cet objet.

## 2.2. L'UTAUT, le modèle le plus robuste pour prédire l'intention d'usage d'une nouvelle technologie ?

Depuis 1975 et la TAR, de nombreuses publications ont utilisé les modèles de l'acceptance, incontournables voire hégémoniques, pour prédire l'intention comportementale à l'égard d'une nouvelle technologie. Dès 2003, Venkatesh et al., avec l'UTAUT, ont souhaité réaliser une synthèse pour éliminer la redondance de construits expliquant l'intention comportementale et éclairer les chercheurs sur le choix de leur propre modèle (Dwivedi, Rana, Chen, & Williams, 2011). L'UTAUT proposerait-il l'échelle de mesure la plus satisfaisante pour prédire l'acceptabilité, toutes technologies confondues ?

En tant que modèle, l'UTAUT 2 a une meilleure validité<sup>23</sup> prédictive de l'intention comportementale par rapport au TAR, TCP ou TSC, capable de prédire environ 40% de la variance de l'intention comportementale à l'égard de la technologie. Appliqué à notre domaine d'étude, plusieurs auteurs ont estimé que la prédiction de l'intention d'usage pouvait s'appuyer efficacement sur l'UTAUT ou le TAM (Merat et al., 2017; Madigan et al., 2017; Park et al., 2013; Osswald et al., 2012; Zmud & Sener, 2017).

---

23 Validité : ensemble des preuves théoriques et empiriques accumulées pour supporter l'interprétation des résultats d'un test

Cependant, ces résultats ne sont pas complètement satisfaisants. L'UTAUT et les modèles qui le composent ont été discutés pour le faible lien entre l'intention comportementale et le comportement réel (Letirand, 2006). Une des explications tiendrait dans la forte variabilité de l'attitude et de sa valence dans le temps, sous l'influence de déterminants multiples et de sa dépendance au moment de son évaluation (Fishbein & Ajzen, 2011). Ensuite, dans plus de 90% des études se référant à l'UTAUT, les chercheurs ont ajouté des variables externes selon le contexte pour améliorer le pouvoir prédictif du modèle (Chang, 2012; Lee, Cheung, & Chen, 2005; Ghazizadeh, Lee, & Boyle., 2012; Venkatesh & Davis, 2003; Atarodi et al., 2018; Dwivedi et al., 2011; King & He, 2006). Ainsi, l'influence sociale, au-delà de sa définition précisée plus haut, est évaluée dans certaines publications *via* le jugement de valeur que l'utilisateur porte sur son comportement (Terrade et al., 2009), sa valeur morale ou encore l'image sociale de l'usage de la technologie (Pasquier, 2012; Lefevre et al., 2008). La confiance (Merat et al., 2017), les attitudes (Rahman, 2016), le contrôle comportemental perçu en lien avec la perception du risque (Buckley et al., 2018) ou l'anxiété technologique (Dwivedi et al., 2012) sont aussi ajoutés au modèle pour prédire le comportement envers les nouvelles technologies. Ainsi, ces variables supplémentaires ont permis aux chercheurs d'améliorer les résultats empiriques et de proposer des précisions théoriques à l'UTAUT dont la portée reste cependant à estimer. Il semble cependant nécessaire de reprendre les publications s'appuyant sur les modèles cités pour s'assurer quels déterminants essentiels expliquent effectivement l'intention comportementale envers une technologie et ainsi clarifier un champ de recherche devenu trouble par le volume et la spécificité des publications centrée sur le type d'activité. Enfin, sur le plan méthodologique, la référence à l'UTAUT ne garantit pas que les auteurs aient utilisé les construits et les relations originales du modèle pour prédire l'intention d'usage.

A côté des discussions sur les variables retenues, les caractéristiques des utilisateurs (*i.e.*, culture, démographie, ou type) semblent avoir des effets sur la prédiction du comportement envers la technologie. Ainsi, la plupart des études montrent que les étudiants font émerger des relations plus fortes que les non-étudiants entre les variables du modèle de l'UTAUT ou du TAM (Schepers & Wetzels, 2007; Atarodi et al., 2018). Il apparaît aussi que les avis des scientifiques divergent selon les contextes (et notamment les activités) ce qui empêcherait de généraliser les résultats des publications (King & He, 2006; Pasquier, 2013; Schepers & Wetzels, 2007; Atarodi et al., 2018).

Au final, l'objectif de Venkatesh et Davis lors de la mise au point de l'UTAUT était bien de clarifier les déterminants de l'intention comportementale envers une technologie, leur place dans la chaîne causale, leur poids relatif et la méthode employée. Cet objectif pourrait s'enrichir d'une méta-analyse pour proposer un modèle et construire un questionnaire aux qualités psychométriques satisfaisantes. Il reste un domaine qui n'a pas fait l'objet de propositions, celui des utilisateurs indirects de l'innovation, ceux qui ne l'ont pas désiré mais qui entrent en interaction avec l'objet. Pour Atarodi et al. (2018), cette observation est le résultat de modèles dominants de l'étude de l'acceptabilité, centrés sur un nombre restreint d'objets d'études, sans envisager par exemple les différentes formes d'usage, dont l'usage indirect, ce que ce travail de thèse propose d'explorer.

# CHAPITRE 3 PROBLEMATIQUE GENERALE : L'ACCEPTABILITE DU VEHICULE AUTOMATISE, PREDICTEUR DU TYPE DE COMPORTEMENT D'INTERACTION AVEC LE VEHICULE AUTOMATISE

A ce jour, et aux regards des enjeux économiques et de la rupture technologique engagée, les recherches sur l'acceptabilité du véhicule automatisé ont principalement porté sur l'étude de l'intention d'achat et de l'adaptation fonctionnelle du conducteur à cette voiture particulière (Merat et al., 2017). Lorsqu'il s'agit d'étudier l'interaction avec les autres usagers de la route, et en accord avec les enjeux sociétaux et environnementaux proposés, les études ont privilégié les relations du véhicule automatisé avec les usagers vulnérables. L'originalité de cette thèse tient donc dans l'étude du comportement d'interaction du conducteur de véhicule conventionnel avec le véhicule automatisé.

Le piéton, avec d'autres usagers vulnérables, a focalisé à ce jour les études sur la prédiction du comportement d'interaction avec un véhicule automatisé (Merat et al. 2017; Camara et al., 2018a). Pour être socialement acceptable, le véhicule automatisé doit ne pas être dangereux pour les plus vulnérables. Pourtant, force est de constater que l'étude d'interaction du conducteur de véhicule conventionnel avec le véhicule automatisé a été négligée. Cette étude est essentielle aujourd'hui dans l'organisation de la mobilité intégrant les véhicules automatisés. Plusieurs arguments justifient que l'on étudie aujourd'hui le comportement d'interaction d'un conducteur de véhicule conventionnel avec un véhicule automatisé. Le comportement d'interaction est lié à la performance de conduite comportant une interaction humain/robot, son efficacité, sa fluidité qui sont nécessaires notamment à la gestion du trafic et ses corollaires (gestion du temps, gestion de la pollution, nuisances associées aux congestions, confort/inconfort de la conduite ...). Cette efficacité est dépendante de la représentation des conducteurs de ce véhicule différent qui pourrait être considéré comme inférieur, non sûr, ou au contraire envisagé avec une surreprésentation de sécurité et de conservatisme qui le rendrait gênant sur la route. Elle est liée à des comportements de conduite particuliers, comme une interaction non coopérative dont le sens est à préciser : soit le comportement d'interaction

du conducteur humain pourrait être défensif, en refusant l'interaction; soit le comportement d'interaction avec le véhicule automatisé pourrait être agressif, en forçant des priorités ou obligeant le véhicule automatisé à modifier son comportement pour s'adapter; soit le comportement d'interaction du conducteur humain pourrait être neutre, c'est-à-dire ne pas impliquer des différences par rapport à une interaction avec un véhicule connu. Le deuxième argument justifiant l'étude du comportement d'interaction est de juger si cette interaction peut s'organiser ou non dans un même espace : si l'interaction avec le véhicule automatisé s'avère impossible ou difficile, les autorités administratives devront envisager des espaces dédiés, isolés des conducteurs humains. L'aménagement des villes, l'organisation de la mobilité, le design urbain en seront impactés. La préparation des conducteurs à cette interaction, dans leur formation initiale est aussi un argument pour étudier en amont le comportement d'interaction conducteur/véhicule automatisé. Apprendre à prévoir le comportement de l'autre, estimer l'effet de sa conduite sur l'autre pourrait dépendre de la particularité de ce véhicule en rupture technologique. Étant un véhicule différent, le véhicule automatisé pourrait provoquer des comportements particuliers lors de l'interaction, dont il convient de préciser la portée et d'en identifier les déterminants.

Parmi les propositions pour expliquer une éventuelle différence de comportement d'interaction avec le véhicule automatisé par rapport au véhicule conventionnel, nous proposons d'investiguer l'effet de l'acceptabilité manifestée à son endroit. L'acceptabilité est ici retenue comme un jugement avant l'implémentation de la technologie (Schade & Schlag, 2003). Ce jugement est basé sur les constructions sociales (perceptions, attitudes, valeurs sociales) du conducteur qui rendent l'objet et son usage acceptable, et qui sous-tendent le type de comportement avec la technologie non encore implémentée, dans une dynamique temporelle. Les modèles de l'intention comportementale permettent d'investiguer cette étude des constructions sociales qui prédisent le comportement. Ils sont cependant centrés sur le comportement d'usage direct de l'objet, un objet qui doit être connu pour que les représentations puissent se construire, et non sur le comportement d'interaction avec cet objet non encore implémenté. L'UTAUT, en tant que modèle intégratif, est aussi le plus robuste et valide dans cette perspective. Cependant, l'UTAUT, comme les autres modèles de l'acceptance, est souvent augmenté de variables pour améliorer le pouvoir prédictif du comportement final en

fonction du contexte d'usage, des activités associées ou du type d'utilisateur. Ainsi, les facteurs liés à la relation usager/objet typique de l'usage d'un dispositif automatisé sont proposés pour expliquer l'intention comportementale d'interaction comme les facteurs liés à la rupture technologique (le degré d'automatisation), la confiance ou l'anxiété face aux robots. Cette variabilité des construits ne nous paraît pas satisfaisante et il semble nécessaire de clarifier les déterminants considérés comme essentiels. Notre premier objectif sera donc de préciser la façon dont le jugement d'acceptabilité se construit. Une méta-analyse analysant scientifiquement la multitude de publications sur l'acceptabilité des innovations technologiques avant leur implémentation devrait nous fournir cette réponse.

L'intérêt d'étudier les constructions sociales rendant acceptable la technologie est de pouvoir prédire le type de comportement associés à cette technologie. Nous visons l'étude du comportement d'interaction avec cet objet, le véhicule automatisé étant entendu comme un objet social particulier, disposant des caractéristiques de l'automatisation et de l'intelligence artificielle. Cet objet social perçoit, analyse, décide et agit en fonction de l'environnement et des autres usagers de la route, sans intervention humaine. Il interagit avec d'autres conducteurs dans un même espace et un même temps. Cet objet convoque aussi, en tant qu'objet particulier, des comportements particuliers, en lien avec la technophilie, l'anxiété technologique, l'attitude ou encore la confiance. L'effet de l'acceptabilité sur le comportement d'interaction pourrait être sous l'influence de sa valence : accepter (c'est-à-dire avoir une acceptabilité forte, positive) un objet pourrait amener à un comportement différent que lorsque la technologie n'est pas acceptée (c'est-à-dire avoir une acceptabilité faible, négative). Nous faisons l'hypothèse qu'une acceptabilité forte du véhicule automatisé est liée à une intention d'utiliser cet objet. Et que cette intention d'utiliser le véhicule automatisé sera aussi une acceptation de le voir évoluer sur nos routes, de voir d'autres conducteurs les utiliser et par voie de conséquence d'interagir avec eux dans la circulation au même titre qu'un véhicule conventionnel. Une personne ayant une forte acceptabilité du véhicule automatisé, quand bien même n'aurait-elle pas acheté cet objet, sera plus coopérative dans son interaction sur la route avec lui qu'une personne ayant une faible acceptabilité du véhicule automatisé. Notre proposition, en résumé, est que le comportement d'interaction avec un objet considéré comme acceptable sera différent du comportement d'interaction avec un objet jugé comme non acceptable.

Ainsi, trois objectifs seront menés dans la cadre de nos travaux. D'abord nous étudierons le processus d'acceptabilité, en identifiant les facteurs permettant de mesurer l'acceptabilité d'un objet technologique non implémenté *via* les déterminants de l'intention comportementale. Cette première étude conduite au travers d'une méta-analyse devrait permettre d'élaborer un questionnaire parcimonieux et valide en ne retenant que les déterminants essentiels de l'acceptabilité. Elle comblera un déficit, puisque qu'aucune synthèse sur l'intention d'utiliser un objet non disponible, sous forme de méta-analyse, n'a, à notre connaissance, été proposée à ce jour. Ensuite, nous montrerons que l'acceptabilité d'une innovation technologique non encore implémentée est prédicteur du type de comportement lors d'une interaction avec lui par deux autres études. Un questionnaire en ligne (étude 2) testera que l'acceptabilité du véhicule automatisé est prédictrice de l'intention comportementale d'interaction à une intersection impliquant un véhicule automatisé. Enfin, une étude sur simulateur de conduite (étude 3) vérifiera que le comportement objectivement mesuré d'un conducteur en interaction avec un véhicule automatisé est en lien avec l'intention comportementale estimée dans la première étude et que ce comportement est dépendant de l'estimation subjective de l'acceptabilité du véhicule automatisé telle que mesurée par notre questionnaire. Nous chercherons également à mesurer l'effet retour du comportement lors des premières expériences d'interaction sur l'acceptabilité globale à l'égard du véhicule automatisé.

Notre hypothèse générale est que le comportement d'interaction avec le véhicule automatisé préalablement jugé comme acceptable est identique au comportement d'interaction avec un véhicule conventionnel; a contrario, le comportement d'interaction avec le véhicule automatisé préalablement jugé comme non acceptable est différent du comportement d'interaction avec un véhicule conventionnel. L'acceptabilité du véhicule automatisé, mesurée avant toute utilisation réelle, est prédictrice de l'intention de l'utiliser, et en conséquence du type de comportement d'interaction entretenu avec lui sur la route.

# CHAPITRE 4 HOW IS JUDGMENT OF ACCEPTABILITY CONSTRUCTED? A META-ANALYSIS OF FACTORS OF BEHAVIOR INTENTION TOWARD NON-EXPERIENCED INNOVATIONS

---

## Abstract

Since 1975, a large body of research exploring acceptance models, from the TAR to the UTAUT, has put forward several competing models to predict behavior intention toward new technologies. This literature requires clarification, especially regarding the pre-implementation phase, before a new technology becomes available. To this end, we conducted a meta-analysis following the MASEM procedure. 236 correlations from 29 papers were examined ( $n = 13257$ ). Perceived usefulness ( $\beta = .31$ ), attitude ( $\beta = .27$ ) and social influence ( $\beta = .27$ ) showed the strongest effect on behavior intention, in equal measure for different types of participants and contexts of use. Perceived ease of use, technophilia and organizational facilitating conditions showed a weak relationship with behavior intention or were excluded as factors of acceptability. Our study thus provides clarification regarding the factors that predict behavior intention toward non-experienced technologies.

---

Keywords: acceptability, acceptance models, behaviour intention, innovation, meta-analysis, *MASEM*.

## 4.1. Introduction

Volkswagen, Samsung, Google, Amazon and Intel have been the world's largest investors in research and development, with an average investment in R&D of \$12 billion in 2016, according to a PWC report (2016). Manufacturers need to assess the acceptability of new technologies, exploring whether users will accept these costly innovations. A positive evaluation of a new technology on the part of users leads to a greater willingness among them to interact with or support it (Vlassenroot, Brookhuis, Marchau, & Witlox, 2010). Using behavior intention models, social science researchers can investigate the factors that influence innovation acceptability, and thus enhance the potential success of innovations when they go to market. However, a question remains: is it possible to explain the intention to use non-experienced

technologies? This paper seeks to answer this question. To date, many meta-analyses have investigated behavior intention toward a technology, through acceptance. However, these analyses failed to specify whether the technology in question was available on the market. No meta-analysis has focused on the acceptability of non-experienced technologies.

#### Acceptability vs. acceptance

The difference between acceptability and acceptance comes down to the timing of the assessment of users' intention to use an innovation. The study of acceptability can be defined as the study of users' social constructions concerning a technology or their evaluation of a technology upstream of any interaction with it (Vlassenroot et al., 2010; Schuitema, Steg, & Forward, 2010). Users' social constructions make the use of the technology acceptable and support behaviors relating to it. This is a subjective representation prior to any actual experience with the technology (Alexandre, Reynaud, Osiurak, & Navarro, 2018). It is operationalized through behavior intention to use the device. This construct concerns the study of the conditions that make the technology usable (Terrade, Pasquier, Reerinck-Boulanger, Guigouain, & Somat, 2009). Acceptance, on the other hand, is a post-implementation assessment, involving actual use of the technology and a continuous construction of its representation over time (Bobillier-Chaumon, 2016; Terrade et al., 2009). The idea that acceptance refers to a temporal continuum represents the dynamic phases of the human–technology relationship, up to its sustainable appropriation. Factors predicting acceptability and acceptance are assessed using acceptance models.

#### Acceptance models

To investigate whether an innovation will be accepted or rejected, researchers use acceptance models. These models are used in a variety of fields, such as ergonomics, which focuses on use, cognitive sciences, which examine decision-making processes, psychology, which studies social cognition processes, and engineering, which deals with design. In these models, the acceptability process is considered a three-step process: First, prior to any experience with the innovation (i.e., pre-implementation phase), acceptability is studied through behavior intention, which, in turn, is dependent on attitudes, social influence, perceived usefulness, perceived ease of use, technophilia or organizational conditions. Second, adoption refers to the phase when the user discovers the device. It is measured through efficient usage, which depends on usability, utility, satisfaction and efficiency. Finally, appropriation refers to the

Thèse Géraldine VAN DER BEKEN – Rôle de l'acceptabilité dans l'interaction entre un véhicule conventionnel et un véhicule automatisé (2020)

post-implementation phase and is assessed through sustainable usage, which depends on the user's evaluation of the device, social acceptance and organizational transformation.

How is it possible to assess the intention to use a technology before it becomes available and thus before people can experience it? Two bodies of research have investigated this question. The first predicts behavior depending on the user's evaluation of both the target behavior and the technology. These two evaluations are based on the subjective representation that the individual constructs of behavior relating to the technology. Using this approach, the user compares their beliefs regarding the benefits of using the technology to its alternatives. These theoretical models focus on what the user thinks of (the use of) the technology, its social value, and the extent to which these thoughts influence the user's intention to use, and actual use, of the technology. Most of these models are based on the theory of reasoned action (TRA, Fishbein & Ajzen, 1975). In general, the prediction of behavior is operationalized through behavior intention, which leads to actual use of the new technology. TRA suggests that behavior is determined by behavior intention, which in turn depends on attitudes and social norms. Behavior intention, attitudes and social norms are dependent on beliefs and perceptions that the user has constructed. Ajzen's theory of planned behavior (TPB, 1991) suggests that behavior prediction depends on these same factors, as well as perceived behavior control, which is sometimes measured as self-efficacy (Bandura, 1986). The theory of interpersonal behavior (TIB, Triandis, 1980) focuses on the social and organizational factors involved in the formation of behavior intention. Triandis also defines the role that habits and former experience play in the formation of behavior intention. The innovation diffusion theory (IDT, Rogers, 1995) complements these models of acceptance, focusing on the benefits of use and the compatibility of use with the user's personal values.

The second body of research asserts that acceptability depends on the practical and exclusive link between the user and the technology. From this perspective, acceptability depends on the way the user plans to use the technology, the added value they believe they will gain from its use and their motivation to use it compared to its cost. The best known theoretical model is the technology acceptance model (TAM, Davis, 1989), which proposes that behavior intention is predicted by attitudes, which are themselves dependent on two perceptions. These are the perceived usefulness of the technology and the perceived ease of use. Agarwal and Prasad's model (1999) brings out the role of a personality factor, referred to as

innovativeness or technophilia, situated between the user's perception of the technology and intention to use it.

Some authors have combined these main models, devising new ones such as the C-TAM-TPB (combined TAM-TPB, Taylor & Todd, 1995), in which attitudes, subjective norms and perceived behavior control explain behavior intentions, which in turn explain usage behavior. Bel, Pansu, Somat, Page, and Moessinger (2016) explain behavior intention toward non-experienced technologies using an integrated model based on the two main bodies of research. According to these authors, behavior intention toward non-implemented technologies is explained by attitude toward and experience with similar technologies, allowing the user to form an opinion on these technologies. In turn, this judgment explains both the user's expected experience with and attitude toward the non-implemented technology. Lastly, behavior intention toward the new technology also depends on the value of the expected behavior and the user's beliefs regarding the consequences of its use. The most robust integrated model is the unified theory of acceptance and use of technology (UTAUT, Venkatesh, Morris, Davis, & Davis, 2003), which brings together the relevant theoretical principles. The UTAUT model eliminates redundant constructs related to behavior intention (Dwivedi, Rana, Chen, & Williams, 2011). It is composed of eight influential behavior prediction models, six of which are the TRA, TPB, TAM, SCT, IDT and C-TAM-TPB. In the UTAUT, performance expectancy, effort expectancy and social influence predict behavior intention, which in turn predicts actual use. Gender, age, experience and willingness to use the technology act as moderators. The UTAUT explains up to 70% of variance in behavior intention toward a new technology.

These models have been widely used to predict behavior intention toward technological innovations. The TAM has been used to predict behavior relating to information technologies (Yousafzai, Foxall, & Pallister, 2007), transportation (Chen, Fan, & Farn, 2007), and e-commerce (Cheng, Lam, & Yeung, 2006). The TPB has been used to predict health-related behavior, consumer behavior and road behavior (Cestac, 2009). The UTAUT has been used to predict behavior in professional and health environments (Kijisanayotin, Pannarunothai, & Speedie, 2009; Phichitchaisopa & Naenna, 2013) and relating to communication systems (Pynoo, Tondeur, Van Braak, Duyck, Sijnave, & Duyck, 2012) or autonomous vehicles (Madigan, Louw, Wilbrink, Schieben, & Merat, 2017; Merat, Madigan, & Nordhoff, 2017). One

of the reasons for this broad-based application is that the psychometric measurement scales used have been widely validated (de Graaf, Allouch, & Van Dijk, 2019).

While essential, these models have shown unstable effect size and significance (Ma & Liu, 2004). One of the most controversial constructs is social influence. Social influence can be studied through a descriptive dimension (the user's belief that people will or will not display the target behavior) or a normative dimension ("perceived social pressure to display the behavior or not," Ajzen, 1991, p188). However, this construct has been criticized on both theoretical and methodological grounds (Terrade et al., 2009). Due to these limitations, in our meta-analysis, we chose to consider both the effect of social influence and the involvement (or not) of social interaction in the use of the technology as factors explaining the intention to use it. Another factor of instability concerns the TAM constructs: perceived usefulness has sometimes shown a significant effect on behavior intention, and sometimes not (Atarodi, Berardi, & Toniolo, 2019). The range of the correlation coefficients between these two constructs can be high, as demonstrated by the meta-analyses conducted by Schepers and Wetzels (2007; from .20 to .78), Ma and Liu (2004; from .07 to .59), and King and He (2006; from .06 to .81). The range of the correlation coefficients between perceived ease of use and behavior intention can also be high. This variability explains why published studies relying on acceptance models have added specific constructs to improve the variance in intention behavior. A meta-analysis of studies using the TAM between 1999 and 2002, conducted by Lee, Kozar and Larsen (2003), identified 21 added constructs, including anxiety, confidence, playfulness, pleasure, and trialability. This meta-analysis noted several explanations used in these studies to justify the variability in their results, such as the type of product (and its degree of automation) or the characteristics of participants (such as being a student or not). For example, Wu, Zhao, Zhu, Tan, and Zheng (2011) studied behavior intention to purchase a device in two different contexts, a commercial and a non-commercial context. King and He (2006) demonstrated the effect of the implementation of an innovation in a work setting compared to a private setting: perceived usefulness predicted 67% of behavior intention in the former and 40% in the latter. In addition to the influence of the context, Venkatesh et al. (2003) investigated the effect of the timing, within the acceptability process, of the behavior intention assessment. They found that perceived usefulness explained 46% of intention behavior in the pre-implementation phase and 59% in the post-implementation phase.

Perceived ease of use decreased between these two phases (from .20 to .09), as did social influence (from .13 to .07).

Thus, although there is consensus regarding the usefulness of the models of acceptance, and in particular, the reliability of the UTAUT, it is important to note the variability in the results, the abundance of added variables, and the lack of consensus regarding the social influence variable. Our meta-analysis thus aimed to bring out the points of convergence in the results of published studies on the factors of acceptability of non-experienced technologies, in various contexts of use, and propose a unique model of acceptability.

#### 4.2. Research methodology

Meta-analysis is a scientific method involving the comparison of several empirical studies to bring out a common effect size. It also estimates mediator and moderator relationships between the constructs. From study selection to data analysis, our meta-analysis followed three steps.

##### 4.2.1. Step 1: Article selection process

To select the papers to be included in our meta-analysis, we carried out a process involving the identification, screening, eligibility assessment and, ultimately, inclusion of papers that addressed our research question. To identify these papers, we based our search request on four keywords: determinants, acceptability, social behavior and technological innovation. Details regarding keywords are provided in Appendix 1 and the full wording of our search request is presented in Appendix 2. We included papers from the following databases: PsychInfo, ScienceDirect, Cairn, Psychology and Behavioral Sciences Collection, Web of Science, PubMed and Scopus. We also searched Google Scholar, Hal-CNRS, and conference proceedings. In addition, we contacted authors to request complementary information or data. Specific attention was given to finding unpublished papers or those reporting non-significant results, to limit the risk of a publication bias (Wu et al., 2011). After eliminating duplicates, we moved on to the screening phase, reading titles and abstracts, applying exclusion and inclusion criteria. Based on these criteria, we excluded acceptability studies dealing with a medical treatment with no associated hardware technology. Papers dealing with the same data were excluded to reduce the risk of an over-representation bias. We rejected papers with no experimental data and those that dealt only with post-

implementation experimentation. We included papers examining the acceptability of a hardware innovation in the pre-implementation phase, containing original empirical findings, a descriptive and reproducible methodology, and a description of results. Four reviewers assessed the retained articles separately. When there was disagreement, the reviewers had to reach consensus. 165 papers met the inclusion criteria. At this stage, a reason for exclusion was that the study did not deal with the acceptability of a technological innovation. Finally, 141 papers were excluded because they dealt with post implementation experimentation. We then assessed the qualitative eligibility of each article, reading the full text. Two reviewers carried out this qualitative assessment separately, applying inclusion and exclusion criteria, before reaching consensus. 36 papers passed this eligibility test. A last step finalized this selection process: articles were rejected if their data did not allow for the effect size to be calculated, after twice asking the author to send us appropriate data. Articles that were not identified through our first search request could be added if they met all the exclusion, inclusion and assessment criteria. The entire process led to the selection of 29 papers (for the list of selected papers, see Appendix 3). Figure 12 represents the selection process.

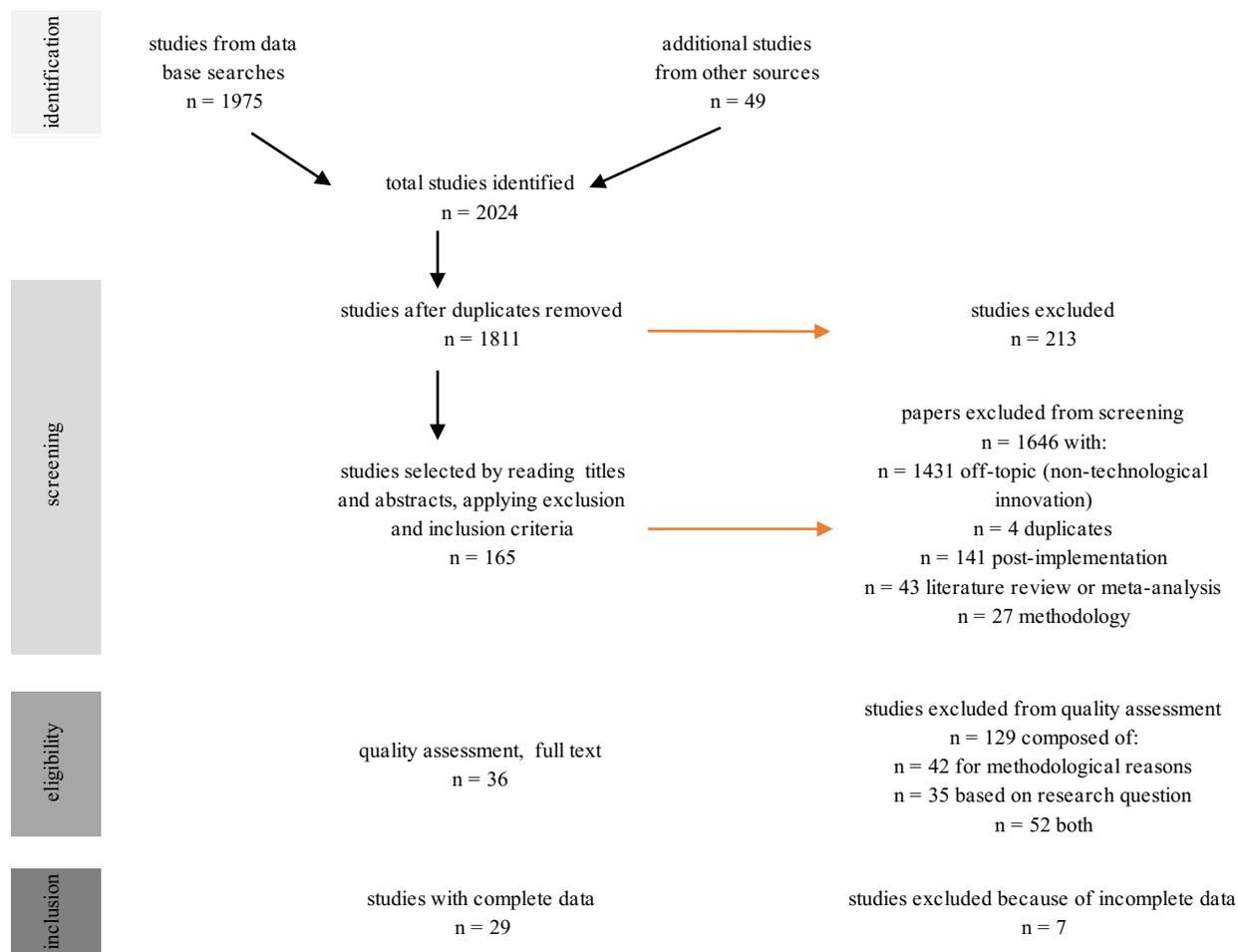


Figure 12. Data selection process.

Notes. Presentation adapted from Prisma flow diagram (Moher, Liberati, Tetzlaff, Altman and the Prisma Group, 2009).

#### 4.2.2. Step 2: Data categorization

After the selection process, the following information was coded: dependent and independent variables, number of participants, raw results (correlation coefficients, path coefficients), and context of use. The four reviewers compared notes to ensure that the independent variables were identical and could be treated consistently. To this end, they examined the categorization of the papers (context of use), definition of the selected variables, and items used in the questionnaires. To cross the models, the following constructs were grouped with the following variables: “perceived ease of use” was grouped with complexity and effort expectancy (Chong et al., 2012; Dwivedi et al., 2011). “Perceived usefulness” was grouped with perceived effectiveness, technological expectancy, relative advantage and performance expectancy (Chong, Chan, & Ooi, 2012; Moore & Benbasat, 1991; Dwivedi et al., 2011). “Social influence” was grouped with social norms, social acceptance, subjective norms, social

resistance to innovation, interpersonal influence and peer influence (Barth, Jugert, & Fritsche, 2016). “Feeling of control” was grouped with perceived behavior control, self-efficacy and computer skills (Jackson, Mun, & Park, 2013). “Technophilia” was grouped with technology readiness, innovativeness, PITT (perceived innovativeness of innovation technology) (Agarwal & Prasad, 1999), discomfort of use and feeling of insecurity when facing a technology (Erdogmus & Esen, 2011). “Organizational facilitating conditions” was grouped with organizational process, social support (how others support acceptance of the device) and organizational support (Venkatesh et al., 2003).

To study the impact of the context on acceptability, we identified different moderators. First, we considered the context of use: health, education, transportation, e-commerce, information and communication technology (ICT) and other technological device. We also coded the studies according to the type of participants (students or not). Finally, we considered the involvement (or not) of social interaction in the use of the technology. By social interaction, we mean that the user’s experience of the technology relied on social interaction with another person. For example, Barth et al.’s (2016) study, examining the intention to use an electric car, was classified as involving social interaction, whereas Crespo and del Bosque’s (2008) study on an e-commerce site was classified as not involving social interaction.

#### 4.2.3. Step 3: Data analysis

The data were analyzed in two steps, following the *MASEM* (meta-analytical structural equation modeling) procedure (Viswesvaran & Ones, 1995), using SPSS (v24) and SPSS AMOS (v24) software.

##### 4.2.3.1. Pooled correlation matrix and homogeneity study

A pooled correlation matrix was produced based on the reported Pearson correlation coefficients from the 29 studies (Wu et al., 2011; Yu, Downes, Carter, & O’Boyle, 2016; Jak & Cheung, 2018). The following statistic was used: For each pairwise relationship, raw correlations ( $r_i$ ) were transformed to calculate the adjusted mean correlation ( $r_a$ ) according to the formula presented in Appendix 4. This represented the sample-size weighted average of individual effect sizes. We then applied structural equation modeling (*SEM*), based on the pooled correlation matrix. The correlation matrix was entered into an *SEM* as an observed

variance/covariance matrix (Yu et al. 2016). The pooled correlation matrix was used to evaluate our structural equation model, based on an analysis of the goodness of fit. Detailed descriptive and correlational statistics are presented in Appendix 4.

We selected only variables used in at least five studies per relationship as a minimum floor (Arts, Frambach, & Bijmolt, 2011). In the end, we analyzed 7 constructs: intention behavior, social influence, perceived ease of use, perceived usefulness, feeling of control, attitude and technophilia. The construct referred to as organizational facilitating conditions was dismissed because it did not reach the threshold of 5 studies per relationship.

To test for a publication bias, the failsafe N test (Rosenthal, 1979) was used to estimate availability bias. The aim of this test is to provide the number of studies that would have to be added to a meta-analysis to threaten the validity of significant results. If the failsafe N is negative, the pairwise relationship does not pass the test. 0.1 is the small effect size threshold (Hamari & Keronen, 2017) recognized as the criterion value for a fail-safe study. To interpret the results, Hamari and Keronen (2017), citing Sabherwal, Jeyaraj and Chowa (2006), suggest that the failsafe N/K should exceed 2.0; if not, there is a risk of bias. Four relationships involving technophilia did not pass the failsafe N test. This construct was thus not included in the *SEM*.

After calculating the descriptive and correlational statistics, we studied homogeneity. Considering the variety of studies (in terms of samples or measures), there was no reason to assume homogeneity between the studies included in our meta-analysis. Therefore, we considered that variations in effect size between the studies were due to random errors. We thus conducted a Q test for each relationship, as suggested by Lipsey and Wilson (2001) (for the calculation, see Appendix 4). The Q test is a Chi-square test with a K-1 degree of freedom (Cochrane, 1954), assessing the significance of variance between groups (Borenstein, Hedges, Higgins, & Rothstein, 2009). High values indicate significant variance in the correlations between pairs of variables and the presence of a moderator influencing correlation size. Moreover, if the Q test is significant, it means that the different studies do not have the same effect size, and it is thus necessary to look for a moderator. However, the Q test only tells us whether there is heterogeneity, but provides no information on the strength of this heterogeneity. We thus added the  $I^2$  values, quantifying the extent of heterogeneity, as  $I^2$  is the weight of the variance explained by the heterogeneity of the data (Huedo-Medina, Sánchez-Meca, Marín-Martínez, & Botella, 2006). When  $I^2 = 0$ , it means that the variability is

Thèse Géraldine VAN DER BEKEN – Rôle de l'acceptabilité dans l'interaction entre un véhicule conventionnel et un véhicule automatisé (2020)

due to a sampling error within the trials (for the calculation, see Appendix 4). To interpret the results, we followed Higgins and Thomson's (2002) guidelines: If  $I^2 > 75\%$ , there is a high level of heterogeneity, while 50% indicates moderate heterogeneity and 25% indicates low heterogeneity. When heterogeneity was  $> 75\%$ , we looked for categorical moderators and assessed the heterogeneity within each group ( $Q_{\text{within}}$ ) and between groups ( $Q_{\text{between}}$ ) (Lipsey & Wilson 2001). When the  $Q_{\text{between}}$  was significant, it meant that the moderator was significant (Wu et al., 2011) (for the calculation, see Appendix 4).

#### 4.2.3.2. Meta-analytical structural equation modeling

The second part of the *MASEM* procedure involves structural equation modeling (SEM) analysis. We calculated the path coefficients to test the proposed relationships, and the intensity and significance of the results (Byrne, 2010; Kulviwat et al., 2007). To this end, we produced a structural model, using the correlation matrix resulting from the compilation of the 29 experimental studies.

To conduct the SEM, we tested a theoretical model (see figure 13) partly inspired by the UTAUT, proposed by Venkatesh et al. (2003) and Bel (2016). In this model, behavior intention is seen as the major antecedent of actual behavior (Ajzen, & Fishbein, 1975). To predict behavior intention, attitude, subjective norms, and feeling of control are proposed as antecedents of perceived usefulness and perceived ease of use, which in turn explain behavior intention. Thus, attitudinal and social variables are antecedents of the technical variables, namely, perceived ease of use and perceived usefulness (Bel, 2016). This original conceptual model applies to technology that is not yet available and with which the user has therefore not yet experienced a relationship. Subjective norms and feeling of control are expected to have a direct effect on intention behavior; there is expected to be covariance between attitude and subjective norms on the one hand and attitude and feeling of control on the other hand. Neither the moderators of the UTAUT (age, gender, experience, voluntariness) nor organizational facilitating conditions were integrated into this model due to a lack of data. We also studied the relationship between perceived usefulness and perceived ease of use.

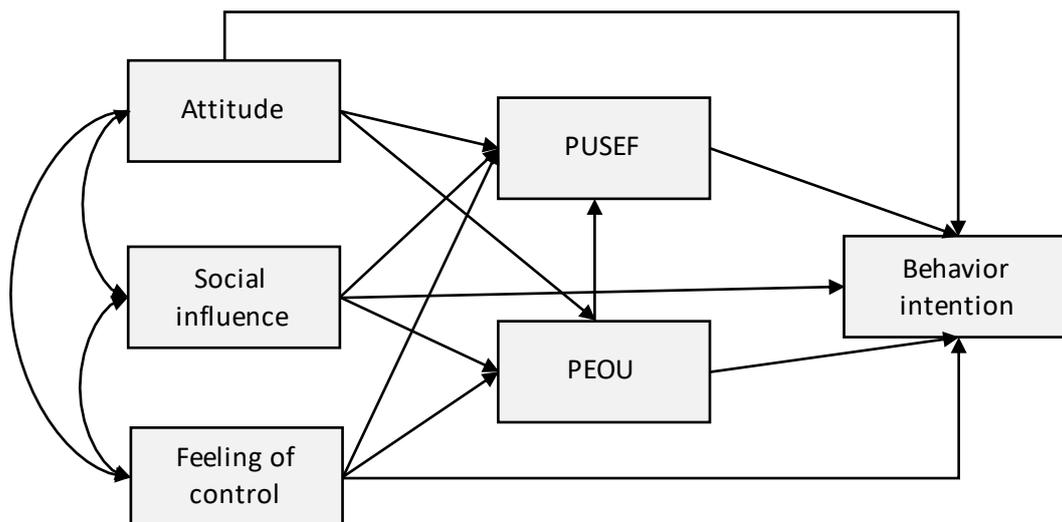


Figure 13. Theoretical model.

Notes. PEOU = perceived ease of use; PUSEF = perceived usefulness.

To estimate whether the data fit the theoretical model and thus demonstrated correlations as a network of interdependent variables, we calculated the goodness of fit indices, estimating their weight in comparison to the recognized thresholds. First, we calculated absolute fit indices to verify the similarity of the theoretical model to the observed data:  $X^2$ , *GFI*, *RMSEA* and *SRMR*. Then, we analyzed the incremental fit indices, to compare the tested model and the reference model: *TLI*, *CFI*. To this end, we estimated the parsimony index:  $X^2/df$ . If a model was acceptable (i.e., showed satisfying fit indices), we estimated the score for the explained variance in behavior intention under the effect of the proposed variables and examined the relationship between the constructs.

### 4.3. Results

#### 4.3.1. Descriptive and correlational statistics

Based on the 29 studies ( $k = 29$ ), 28 bivariate relationships were analyzed through 236 correlations, with  $N = 13275$ . The different contexts of use were distributed as follows: ICT ( $k = 10$ ,  $n = 3722$ ), technology ( $k = 6$ ,  $n = 3189$ ), transportation ( $k = 5$ ,  $n = 3403$ ), e-commerce ( $k = 4$ ,  $n = 1767$ ), health ( $k = 3$ ,  $n = 1034$ ), and education ( $k = 1$ ,  $n = 160$ ). The seven direct determinants initially proposed were: social influence, feeling of control, organizational facilitating conditions, attitude, perceived ease of use, perceived usefulness, and technophilia. Finally, the study focused on the relationships between six variables and a total of 200 correlations. The relationships between perceived usefulness and behavior intention, and perceived ease of use and behavior intention were the most often studied in our sample. The range of correlation coefficients was high for some variables: perceived ease of use–perceived usefulness (from 0 to .74), attitude–social influence (from .07 to .59) and perceived ease of use–attitude (from .07 to .67). This showed considerable variability in three of the six relationships.

Descriptive statistics are reported in Table 1.

Table 1. Descriptive and Correlational Statistics for Pairwise Relationships

Pairwise relationship	n		K	Mean $r_a$	Standard Error of ES	Range of mean r		of Failsafe N	
	Mean n	Cumulative n				Lower r	Higher r	Failsafe N value	Failsafe N test
Attitude–BI	304	3651	12	.55	0.008	.35	.78	51.82	*
Attitude–FoC	353	1413	4	.35	0.017	.01	.68	11.45	*
Attitude–SI	351	2455	7	.41	0.009	.07	.59	19.83	*
FoC–BI	252	2018	8	.33	0.012	.12	.62	21.74	*
FoC–SI	310	1549	5	.25	0.008	.02	.40	6.02	#
PEOU–Attitude	236	1885	8	.37	0.015	.07	.67	23.12	*
PEOU–BI	286	4570	16	.34	0.014	.01	.81	41.91	*
PEOU–Techno	245	1960	8	.37	0.017	.07	.66	21.8	*
PEOU–FoC	187	935	5	.37	0.010	.07	.77	11.72	*
PEOU–PUSEF	394	7083	18	.29	0.013	.00	.74	53.53	*
PEOU–SI	318	2546	8	.23	0.011	-.11	.45	4.24	#
PUSEF–BI	407	8552	21	.56	0.008	.14	.78	86.88	*
PUSEF–Attitude	268	2415	9	.51	0.009	.28	.75	39.38	*
PUSEF–FoC	187	935	5	.29	0.020	.03	.69	11.6	*
PUSEF–SI	516	5162	10	.43	0.009	.01	.62	23.485	*
SI–BI	458	7324	16	.43	0.012	-.21	.71	35.06	*
Techno–Attitude	451	1802	4	.23	0.007	.03	.31	3.43	#
Techno–BI	330	2969	9	.26	0.011	.05	.59	18.21	*
Techno–FoC	283	1133	4	.39	0.010	.18	.54	9.43	*
Techno–PUSEF	277	2490	9	.23	0.014	.02	.54	14.26	#
Techno–SI	348	1740	5	.30	0.017	-.05	.81	10.34	*

Notes. \* Failsafe N test was significant; # pairwise relationships did not pass the failsafe N test. BI = Behavior intention; FOC = Feeling of control; PEOU = Perceived ease of use; PUSEF = Perceived usefulness; SI = Social influence; Techno = Technophilia.

We noted a large effect size for two relationships: attitude–behavior intention and perceived usefulness–behavior intention. The other relationships showed a medium mean correlation coefficient. All correlation coefficients were significant. The relationships between perceived usefulness and behavior intention ( $mean r_a = .56$ ) and attitude and behavior intention ( $mean r_a = .55$ ) were both significant, the latter being congruent with the TPB. The relationship between perceived usefulness and attitude ( $mean r_a = .51$ ) was also significant, consistent with behavior intention models (included in the UTAUT). The range of the correlation coefficients

(i.e., difference between the lowest and highest value) was high between behavior intention and social influence (.92), and low between attitude and behavior intention (.43).

Interpreting the data from the failsafe N test, it would have been necessary to add more than 50 studies to make the mean PUSEF–attitude correlation non-significant. The failsafe N analysis showed that four relationships did not pass this test: technophilia–perceived usefulness, technophilia–attitude, perceived ease of use–social influence and feeling of control–social influence. The other relationships passed the failsafe N test, meaning that there were enough studies in the meta-analysis to support the significant pairwise relationships. This result, in addition to the threshold for the number of studies, led us to withdraw technophilia from the *SEM* analysis.

#### 4.3.2. Results of the homogeneity analysis

To detect the presence of moderators, homogeneity estimates for the relationships were calculated. The results are presented in Table 2.

Table 2. Homogeneity Measurements

Pairwise relationship	Q value	df	Significance at p = .05	I <sup>2</sup>
Attitude–BI	914	11	*	99%
Attitude–FoC	142	3	*	98%
Attitude–SI	294	6	*	98%
FoC–BI	224	7	*	97%
FoC–SI	54	4	*	93%
PEOU–Attitude	241	7	*	97%
PEOU–BI	541	15	*	97%
PEOU–Technophilia	223	7	*	97%
PEOU–FoC	78	4	*	95%
PEOU–PUSEF	1008	17	*	98%
PEOU–SI	49	7	*	86%
PUSEF–BI	1595	20	*	97%
PUSEF–Attitude	593	7	*	99%
PUSEF–FoC	76	4	*	95%
PUSEF–SI	451	9	*	98%
SI–BI	647	15	*	98%
Technophilia–Attitude	44	3	*	93%
Technophilia–BI	228	8	*	96%
Technophilia–FoC	72	3	*	96%
Technophilia–PUSEF	140	8	*	94%
Technophilia–SI	117	4	*	97%

*Notes.* SI = Social influence, BI = Behaviour influence, FoC = Feeling of control, PEOU = Perceived ease of use, PUSEF = Perceived usefulness.

The homogeneity test showed strong significance, for all relationships, implying a rejection of the null hypothesis regarding homogeneity for all paths and testifying to the heterogeneity of the groups. The  $I^2$  values were strong (higher than 75%, following Higgins & Thomson's guidelines, 2002) for all relationships. The level of the  $I^2$  values was congruent with the literature, such as Arts et al.'s meta-analysis (2011).

In connection with the homogeneity analysis, we assessed the potential moderators. The detailed results are reported in Appendix 5. The results showed a significant effect of context in 10 relationships out of 14. This analysis showed that context differed most significantly ( $Q_{\text{between}} = 406, p < .01$ ) in the correlation between perceived usefulness and social influence, with the health context presenting a significantly lower estimate ( $r = .05$ ) than other contexts (technology = .25; ICT = .37). The estimates also varied significantly in the correlation between perceived usefulness and perceived ease of use ( $Q_{\text{between}} = 401, p < .01$ ), with the health context presenting a significantly lower mean correlation coefficient ( $r = .35$ ) than technology ( $r = .40$ ), ICT ( $r = .42$ ), or e-commerce ( $r = .53$ ). Two other relationships showed strong results: behavior influence–attitude, and perceived ease of use–behavior intention. In both cases, the  $Q_{\text{between}}$  was high, which led us to compare the mean correlation by context. In all these relationships, ICT and technology were the contexts in which the mean correlations were the strongest.

The results for the two other moderators were less obvious. The involvement of social interaction (or not) in the use of the device was shown to be a moderator in 8 out of 14 relationships, while the status of the participants (student vs. non-student participants in the study) was shown to be a moderator in 8 of the 14 relationships. First, the involvement of social interaction in the use of the device explained the significance of the difference between the effect sizes of the two groups in three relationships in particular: perceived ease of use–behavior intention, attitude–behavior intention and, above all, perceived usefulness–perceived ease of use. Second, considering groups of students versus groups of non-students, eight relationships showed strong significance: Social influence–behavior intention, perceived usefulness–behavior intention, perceived usefulness–attitude, perceived usefulness-social influence, attitude-behavior intention, perceived usefulness-perceived ease of use, attitude-social influence and attitude -perceived ease of use. However, the status of the participants was not a clear moderator. The effect size was stronger when the participants were students

Thèse Géraldine VAN DER BEKEN – Rôle de l'acceptabilité dans l'interaction entre un véhicule conventionnel et un véhicule automatisé (2020)

in the first four relationships (*i.e.*, social influence-behavior intention, perceived usefulness-behavior intention, perceived usefulness-attitude and perceived usefulness-social influence), and weaker in the last four relationships (*i.e.*, attitude-behavior intention, perceived usefulness-perceived ease of use, attitude-social influence and attitude -perceived ease of use).

#### 4.3.3. SEM results

The first part of the *MASEM* procedure led to the pooled correlation matrix, presented in Table 3.

Table 3. Pooled Correlation Matrix

	1	2	3	4	5	6	7
1-Behaviour intention	1						
2-Social influence	.43	1					
3-Feeling of control	.34	.25	1				
4-Attitude	.55	.41	.35	1			
5-Perceived usefulness	.56	.43	.29	.51	1		
6-Perceived ease of use	.34	.23	.37	.37	.29	1	
7-Technophilia	.26	.30	.39	.23	.24	.37	1

Perceived usefulness (*mean r* = .56), attitude (*mean r* = .55) and social influence (*mean r* = .43) showed the strongest correlation coefficients linked to behavior intention. Attitude was also strongly linked to perceived usefulness (*mean r* = .51). This pooled correlation matrix was used as input in Amos to calculate the goodness of fit indices for the theoretical model (see Table 4). On the basis of the theoretical model, we found a fair fit of the model to the data, based on the guidelines for goodness of fit indices (see Appendix 6).

Table 4. Goodness of Fit Indices for the Theoretical Model

	Incremental indices		Absolute indices			Parsimony index	
	TLI	CFI	K2	SRMR	RMSEA	normed K2 (=K2/df)	df
Theoretical model	1	1	4.97	.00	.32	-	0

The theoretical model presented satisfying fit indices, except for the absolute index with RMSEA = .32, which was not acceptable. Three relationships were are not significant: social influence–perceived ease of use ( $\beta = .06$ ), feeling of control–perceived usefulness ( $\beta = .08$ ) and

perceived ease of use–perceived usefulness ( $\beta = .07$ ). To improve the goodness of fit of the model, and in accordance with the UTAUT (Venkatesh et al., 2003) and the TAM3 (Venkatesh & Bala, 2008), we removed the link between these variables. The fit indices were then satisfactory (see Table 5).

Table 5. Goodness of Fit Indices for the Improved Model

	Incremental indices		Absolute indices			Parsimony index	
	TLI	CFI	K <sup>2</sup>	SRMR	RMSEA	normed K <sup>2</sup> (=K <sup>2</sup> /df)	df
Improved model	.97	.99	4.97	.018	.057	2.49	2

The results of the structural equation modeling showed strong and significant relationships between all the variables, and this improved model explained 44% of the variance in behavior intention (see Figure 14).

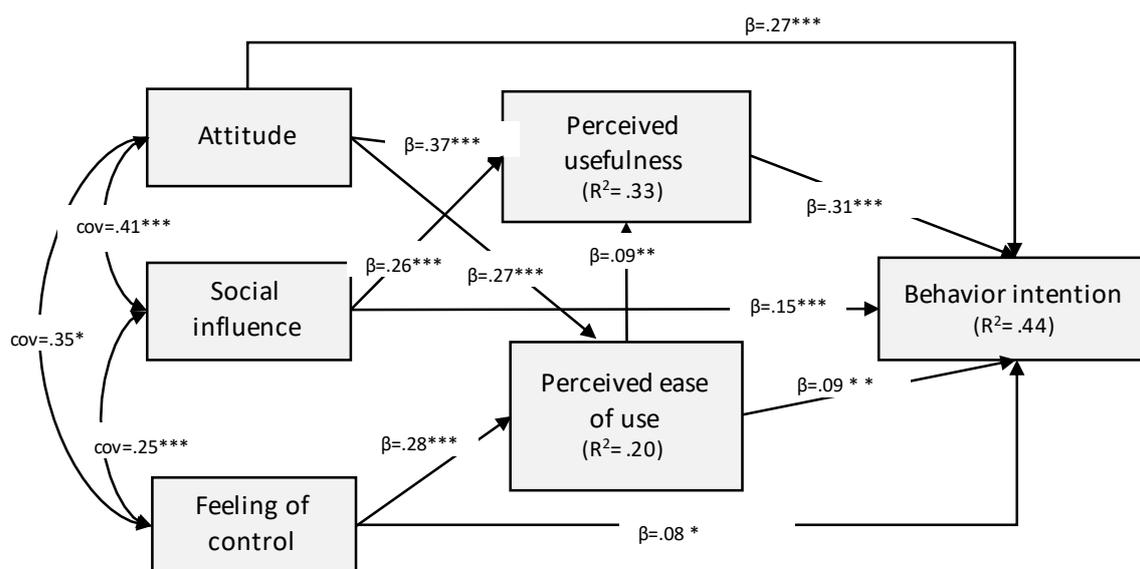


Figure 14. Diagram of SEM of the improved model.

Note. Diagram of SEM for the conceptual model for path coefficients significant at  $p < .01^{***}$ ;  $p < .02^{**}$ ;  $p < .05^*$ .

The results show that this model fit our data. The effect of perceived usefulness on behavior intention ( $\beta = .31$ ) was significant at  $p = .01$ . Attitude ( $\beta = .37$ ) and social influence ( $\beta = .26$ ) showed a direct and significant effect on perceived usefulness. These variables also showed a causal effect on behavior intention ( $\beta = .27$  for attitude;  $\beta = .15$  for social influence). This model also brought out correlations between attitude and perceived ease of use ( $\beta = .27$ ). Perceived ease of use explained perceived usefulness at a low level ( $\beta = .09$ ). Covariance between

attitude and social influence was significant ( $cov = .41$ ). The model explained 44% of the observed variance in behavior intention, 33% of the observed variance in perceived usefulness and 20% of the observed variance in perceived ease of use. This model adequately fit our data.

#### 4.4. Discussion

To date, a large body of research based on acceptance models, from the TAR to the UTAUT, has proposed several competing models for predicting behavior intention toward new technologies. However, this literature requires clarification, especially with regard to the pre-implementation phase, which occurs before a technology becomes available on the market. The aim of this study was to present a conceptual model of acceptability, explaining how behavior intention toward non-experienced innovations is constructed, regardless of the context of use or characteristics of the users. To this end, we conducted a meta-analysis following the MASEM procedure, including 29 papers. Our model examined the acceptability of innovations based on five determinants of behavior intention: perceived ease of use, perceived usefulness, attitude, social influence, and feeling of control. All of these factors were weakly related to behavior intention, directly or indirectly. We observed a direct link with behavior intention for all of these constructs, and an indirect link with behavior intention for attitude and social influence. Attitude appeared to be a determinant of perceived usefulness and perceived ease of use for non-experienced technologies. The strength of the influence of perceived usefulness on behavior intention, the weakness of the influence of perceived ease of use on behavior intention and the relationship between perceived ease of use and perceived usefulness shows that perceived usefulness captured much of the influence of perceived ease of use on behavior intention. Our study thus provides clarification regarding the factors that predict behavior intention toward non-experienced technologies. These results are consistent with meta-analyses such as those conducted by Schepers and Wetzels (2007), Hamari and Keronen (2017), Wu et al. (2011), Ma and Liu (2004), and Dwivedi et al. (2011), even though the latter focus on a specific technology or single acceptance model (TAM or UTAUT). Our model presents a relevant basis for future studies on behavior prediction relating to non-experienced technologies, and thus represents an added value. Another result is that our meta-analysis did not confirm the effect of some expected variables, such as habits, former experience, or facilitating conditions (UTAUT, Venkatesh et al., 2003). Likewise, emotional and affective factors did not emerge as in other published studies (Bagozzi, Lee, & Thèse Géraldine VAN DER BEKEN – Rôle de l'acceptabilité dans l'interaction entre un véhicule conventionnel et un véhicule automatisé (2020)

Van Loo, 2001), with the exception of attitude. Yet, it should be noted that our final model explained 44% of the variance in intention behavior. This means that other factors play a role in determining behavior intention toward technologies that have not yet been implemented.

#### 4.5. Limitations and future research

This study presents some limitations that need to be addressed. First, it is important to note its methodological limitations. Our meta-analysis was limited by difficulties retrieving missing data, despite having contacted the concerned authors twice. Several studies thus had to be rejected due to a lack of data, suggesting that some experimental studies were rejected for technical rather than theoretical reasons. Furthermore, most of the collected data came from multivariate analyses (multiple regression analysis, structural equation modeling), from which we extracted only part of the data. This suggests a bias in our data, as we included effect sizes that captured the influence of other variables (Pettifor et al., 2017). Finally, in theoretical terms, three dimensions merit being deepened further. First, the link between acceptability, confidence and attitude should be clarified. Second, considering the complexity and automation involved in most recent innovations, it would be relevant to test whether our model could be used to predict behavior intention in these contexts, or whether additional variables should be added, such as technology-related anxiety or the degree of automation. Third, our results did not consider interaction with the object. Every paper selected for our meta-analysis dealt with the intention to use an innovation directly. It would thus be relevant to test whether our model is useful for predicting behavior intention to interact with an innovation. Further studies should be undertaken to address this question.

To conclude, we designed an acceptability model wherein attitude, social influence and feeling of control are linked to perceived usefulness and perceived ease of use, which in turn explain behavior intention. This model enhances the current research on the pre-implementation phase, before a given technology is available for use and experimentation, and is thus particularly innovative.

#### Acknowledgements

We would like to thank Corentin Gonthier, *Maître de Conférences* at Rennes 2 University for his help with data analysis.

# CHAPITRE 5 EFFET DE L'ACCEPTABILITE DU VEHICULE AUTOMATISE SUR L'INTENTION D'INTERAGIR AVEC LUI : ETUDE 2

L'acceptabilité d'une innovation technologique, entendue comme l'étude des constructions sociales qui rendent l'objet et son usage acceptable et qui sous-tend le type de comportement à son endroit, est prédite par les modèles de l'acceptance. L'étude 1 a montré que l'acceptabilité d'une technologie non encore implémentée peut être opérationnalisée à partir de l'intention comportementale. Cinq déterminants cognitifs, sociaux et affectifs participent à la construction de ce jugement. Cette étude nous a permis de proposer un modèle de l'acceptabilité. Dans l'étude 2, notre ambition est d'étudier le lien entre ce jugement d'acceptabilité ou l'intention d'utiliser le véhicule automatisé et la manière dont le conducteur a l'intention d'interagir avec ce véhicule.

Cette étude questionne des conducteurs de véhicules conventionnels sur leur intention de passer à un croisement, dans lequel ils sont en interaction avec un autre véhicule, automatisé ou conventionnel. Nous cherchons ainsi à montrer que l'acceptabilité du véhicule automatisé permet d'appréhender le comportement d'interaction que le conducteur de véhicule conventionnel pense pouvoir adopter lors de l'interaction avec cet objet.

## 5.1. Des variables prédictives de l'intention comportementale lors de l'interaction avec le véhicule automatisé

Les modèles de l'acceptance sont largement utilisés pour prédire et comprendre le comportement face à une innovation. La méta-analyse a permis d'identifier les déterminants les plus utilisés par les experts du domaine pour prédire l'intention comportementale envers une innovation non-implémentée : la performance attendue, l'attitude, l'influence sociale, la facilité d'usage attendue et le sentiment de contrôle. A ces variables, d'autres variables susceptibles d'améliorer le caractère prédictif de notre modèle ont été retenues, comme la confiance, la perception du risque, l'adaptation à l'autre, la technophilie et l'anxiété technologique.

En effet, à partir du début des années 2000, la confiance devient une variable centrale des publications portant sur la prédiction des intentions d'usage des innovations complexes et

Thèse Géraldine VAN DER BEKEN – Rôle de l'acceptabilité dans l'interaction entre un véhicule conventionnel et un véhicule automatisé (2020)

automatisées (Nordhoff et al., 2016; Parasuraman, Sheridan, & Wickens, 2008, Merat et al., 2017). Dans cette perspective, la confiance est vue comme la croyance de l'utilisateur en la fiabilité du dispositif. Elle renvoie à l'interdépendance réussie entre l'humain et la technologie (Gefen et al., 2003; Ridings et al., 2002; Lee & See, 2004). Ainsi, pour Gefen et al. (2003), la confiance est corrélée avec l'intention d'achat ( $r = .51$  en pré-implémentation et au début de l'usage), à côté du rôle de la performance attendue (corrélation :  $r = .18$ ) et de la facilité d'usage attendue (corrélation :  $r = .09$ ). Lorsque l'usage est installé, la confiance est corrélée avec l'intention d'achat à  $r = .35$ , et la performance attendue à  $r = .38$ . Si l'on se centre sur l'interaction avec un système complètement automatisé de type robot, cette dimension est encore plus significative. La relation entre la confiance du robot et sa capacité à réussir la tâche (Parasuraman et al., 2000; Hoff & Bashir, 2015; Merat et al., 2017) est particulièrement étudiée, tout comme le fait que le robot se comporte comme l'humain l'attendait (Hoff & Bashir, 2015).

La confiance et l'intention d'usage de l'innovation sont en lien avec la perception du risque, et ce particulièrement pour les technologies complexes (Hoff & Bashir, 2015; Satterfield, Baldwin, de Visser, & Shaw, 2017). La perception du risque dans la littérature sur les innovations est sous la dépendance de facteurs techniques de performance comme la probabilité d'un défaut de fonctionnement de l'objet (Nienaber & Schewe, 2014).

Dans la même perspective, le comportement d'interaction avec un véhicule automatisé est sous l'effet de la technophilie. Agarwal et Prasad (1998, p18, notre traduction<sup>24</sup>) la définissent comme « la volonté qu'a un individu d'essayer une innovation ». Elle est en lien avec le plaisir du changement et le plaisir à expérimenter des choses nouvelles (Agarwal & Prasad, 1998; Thatcher et al., 2007). Avec le véhicule automatisé, la technophilie est associée à d'autres di-

---

<sup>24</sup> "innovativeness is the willingness of an individual to try out an innovation"

mensions, de valence négative, comme l'incertitude liée à la complexité structurelle de l'innovation, la façon dont elle prend les décisions, voire les informations qu'elle utilise pour décider (van Geenhuizen & Niejkamp, 2003). Cette incertitude mène à la résistance au changement, premier frein à l'introduction d'innovations technologiques, et donc à une forme de technophobie (Jiang, Muhanna, & Klein, 2000; König & Neumayr, 2017). La peur de perdre le contrôle (Glancy, 2012) également, de ne plus être responsable des décisions prises (Rupp & King, 2010) et de devenir dépendant d'une machine ou d'une intelligence artificielle sont en lien avec le haut degré de technologie que représente le véhicule automatisé. Le choix a donc été fait de retenir ces variables de la confiance, la perception du risque et la technophilie dans l'étude de la prédiction de l'intention comportementale d'interaction avec un véhicule automatisé.

Par ailleurs, étudier le comportement sur la route pour Naumann et Stiller (2017) implique d'étudier l'interaction entre les différents usagers, et notamment leurs modes d'adaptation réciproques. Conduire est une activité de collaboration qui implique aux interactants de s'adapter mutuellement, dans une même distribution spatiale et temporelle (Schraft, Meyer, Parlitz, & Helms, 2005), entre acteurs autonomes. Dans ce contexte, le véhicule automatisé, qui ne peut pas être considéré comme un agent social mais comme un objet social, interagit avec les autres usagers, dont les conducteurs d'autres véhicules. Cette relation avec l'humain mérite d'être particulièrement investiguée (Jerčić et al., 2018; Kahn, Friedman, Perez-Granados, & Freier, 2006). L'étude du rapport à l'autre, dans une perspective de capacité à s'adapter mutuellement, est ici proposée. Nous ajouterons donc cette variable, afin de déterminer si elle permet d'améliorer la capacité du modèle de l'acceptabilité de prédire l'intention comportementale envers le véhicule automatisé.

Enfin, considérant le véhicule automatisé comme un robot autonome avec lequel l'utilisateur interagit, nous proposons que cette interaction puisse affecter l'état des usagers en suscitant des réactions émotionnelles et affectives (Osswald et al., 2012). L'utilisation d'une échelle de mesure des attitudes négatives envers les robots, la NARS (Negative Attitudes toward Robots Scale, de Nomura, Kanda, & Suzuki 2006) permet dans cette étude d'évaluer cette dimension. Elle repose sur trois groupes d'items : les attitudes négatives envers les situations d'interaction avec les robots, les attitudes négatives envers l'influence sociale des robots et les attitudes négatives envers les émotions dans les interactions avec les robots. Une autre dimension affective, dans une dimension trait, est explorée pour prédire les comportements envers

Thèse Géraldine VAN DER BEKEN – Rôle de l'acceptabilité dans l'interaction entre un véhicule conventionnel et un véhicule automatisé (2020)

les systèmes automatisés dans les théories socio cognitives (Compeau & Higgins, 1995), l'anxiété informatique, définie comme « un sentiment de peur ou d'appréhension lors de l'utilisation d'un système d'information ou même la simple idée de l'utiliser » (Beckers, Wicherts, & Schmidt 2007, p2852, notre traduction<sup>25</sup>). Elle mobilise les peurs liées aux conséquences d'un usage éventuel, comme commettre des erreurs. Elle agit sur l'intention comportementale à l'égard de l'innovation technologique dans le sens où une plus grande anxiété face aux robots (Nomura et al., 2006) ou anxiété technologique (Yang & Forney, 2013; Meuter, Ostrom, Bitner, Roundtree, 2003) diminue l'intention d'utiliser l'innovation.

L'ensemble de ces variables permettent de prédire l'intention d'utiliser un véhicule automatisé. Pour un conducteur de véhicule conventionnel, cette intention nous la supposons prédictrice de la manière d'interagir avec le véhicule automatisé. Pour étudier cette interaction, nous avons pris l'option de nous centrer plus particulièrement sur le croisement urbain. Les intersections urbaines sont particulièrement intéressantes à étudier, notamment au regard des enjeux de la sécurité routière. Le croisement est une zone accidentogène puisque, selon la NHTSA (2009), 40% des accidents impliquant deux véhicules aux États-Unis se réalisent à un croisement urbain; ce chiffre atteint 60% en Chine. Il monte à 69% quand un vélo est impliqué. Concernant les cas les plus graves, 15% des accidents mortels en Australie (Beanland, Lenné, Candappa, & Corben, 2013), 24% en Europe et 14% en France<sup>26</sup> se réalisent dans des configurations urbaines avec croisement. Ensuite, le croisement est un contexte de prise de décision impliquant une marge de manœuvre et un espace d'analyse individuelle de l'environnement. Il apparaît alors que le croisement est une zone d'interaction où les véhicules en présence sont en situation de devoir négocier pour agir (Imbsweiler et al., 2018a; Bjorklund & Åberg, 2005).

---

25 "a feeling of fear and apprehension felt by individuals when using computers or even considering the use of a computer"

26 Traffic Safety Basic Facts 2017, European Commission

Les déterminants liés au contexte routier, comme le degré de priorité, semblent aussi nécessaires à intégrer dans notre étude pour prédire le comportement d'interaction sur la route. L'effet du degré de priorité participe à expliquer la différence de comportement lors de l'interaction (Helmers & Åberg, 1978; Zohdy, Kamalanathsharma, & Rakha, 2012; Björklund & Åberg, 2005). Les accidents mortels sont plus nombreux quand la signalisation n'est pas régulée et amène une prise de décision par le conducteur (Traffic safety 2017<sup>27</sup>) qui doit alors décider sur la base de la coopération et la communication (Imbsweiler et al., 2018a). Même en cas de situation où ils sont prioritaires, une partie des conducteurs cède toujours le passage (Björklund & Åberg, 2005).

## 5.2. Objectifs et hypothèses opérationnelles

### 5.2.1. Objectifs de l'étude 2

A partir du modèle de l'acceptabilité issu de l'étude 1, nous avons cherché à déterminer si l'acceptabilité estimant l'intention d'usage envers le véhicule automatisé est prédictive du comportement que le conducteur de véhicule conventionnel pense adopter lors d'une interaction avec cet objet. Et si d'autres variables psychologiques, environnementales et techniques doivent être convoquées pour expliquer la différence d'intention comportementale d'interaction avec le véhicule automatisé en comparaison à l'intention comportementale d'interaction avec un véhicule conventionnel.

### 5.2.2. Hypothèses Opérationnelles

1. Hypothèse 1 : La différence d'intention comportementale d'interaction entre le véhicule automatisé et le véhicule conventionnel dépendra du degré d'automation. Plus précisément, on s'attend à ce que les participants aient davantage l'intention de passer si le degré le degré d'automation est élevé, d'autant plus que le degré de priorité est faiblement contraignant pour eux.

---

<sup>27</sup> Traffic safety basic facts 2017: junctions. European Commission.

2. Hypothèse 2 : la différence d'intention comportementale d'interaction entre le véhicule automatisé et le véhicule conventionnel sera prédite par l'acceptabilité du véhicule automatisé. Plus précisément, on s'attend à ce qu'une faible acceptabilité soit liée à une différence d'intention comportementale d'interaction avec le véhicule automatisé par rapport à un véhicule conventionnel; l'inverse étant attendu lorsque l'acceptabilité est forte.
3. Hypothèse 3 : D'autres facteurs psychologiques comme la technophilie, l'anxiété technologique, l'adaptation à l'autre ou la confiance pourront expliquer la différence d'intention de passer lors de l'interaction avec un véhicule automatisé par rapport à un véhicule conventionnel. Plus précisément, on s'attend à ce que la technophilie, la confiance et l'adaptation à l'autre soient positivement corrélées avec la différence d'intention de passer face au véhicule automatisé par rapport au véhicule conventionnel. Alors que l'inverse est attendu pour l'anxiété technologique, *i.e.*, une corrélation négative avec la différence d'intention de passer face au véhicule automatisé par rapport au véhicule conventionnel.

### 5.3. Méthode

#### 5.3.1. Participants

1164 conducteurs ayant au moins 3 ans de permis, de toutes les régions françaises, ont répondu volontairement aux parties 1 et 2 du questionnaire sur les mobilités de demain entre janvier et février 2018. 613 femmes (52.66%) et 551 hommes, âgés en moyenne de 42 ans et 11 mois ( $\sigma = 11.63$ ). Ils ont une ancienneté moyenne de permis de 24 ans et 3 mois ( $\sigma = 11.82$ ).

#### 5.3.2. Procédure et matériel

Le support était un questionnaire en ligne, réalisé sur la plateforme LimeSurvey dans le cadre de deux études, Autoconduct financée par l'ANR et Evaps financée par l'ADEME. Les participants ont été recrutés par Easypanel suite à un appel d'offre et rémunérés par un système de points. Les participants ont été invité à répondre à deux questionnaires, à huit jours d'intervalle. Ils devaient répondre spontanément, sans revenir en arrière et à compléter les deux questionnaires dans leur intégralité. Le questionnaire ne pouvait être complété que sur ordinateur et non sur smartphone.

Le questionnaire 1 visait la collecte de données générales et de mesure de l'acceptabilité du véhicule automatisé. Hormis les questions socio-démographiques (choix de la réponse dans

un menu déroulant), les répondants devaient se prononcer sur une échelle de Likert s'étendant de 1 à 6, avec 1 = « pas du tout d'accord » et 6 = « tout à fait d'accord », aidés d'un message d'accueil informant des objectifs de la recherche : « C'est dans le cadre d'un projet de recherche scientifique ANR (Agence Nationale de la Recherche) visant à appréhender les mobilités de demain que nous faisons appel à vous. Les résultats issus de cette étude nationale vont contribuer aux avancées de la recherche en matière de transports individuels et collectifs en prenant en compte vos habitudes et vos préférences fonctionnelles et technologiques et ainsi fournir des pistes à la conception de vos futurs véhicules » et donnant les consignes de passation : « Pour chacune partie, vous devrez répondre le plus spontanément possible aux questions posées ». La consigne complète est en annexe 2. Ce questionnaire 1 recueillait d'abord les données sociodémographiques : l'âge, le genre, l'ancienneté de conduite automobile (identifiée par la date du permis de conduire). Il interrogeait également les participants sur leur habitude de conduite *via* l'estimation de la fréquence mensuelle de conduite (en nombre de jours par mois d'usage de la voiture). Il estimait aussi la mesure de l'acceptabilité à l'égard du véhicule automatisé par les déterminants identifiés dans l'étude 1. Les six variables de l'acceptabilité constituaient cette mesure :

- La performance attendue (Venkatesh et al., 2003) était estimée par 4 items (ex. « Un véhicule automatisé me fera gagner du temps »); la moyenne  $M = 3.36$ ,  $\sigma = 1.54$  et l'alpha de Cronbach = .94.
- La facilité d'usage attendue (Venkatesh et al., 2003) était estimée par 4 items (ex. « Il me sera facile de prendre en main un véhicule automatisé »); la moyenne est  $M = 3.88$ ,  $\sigma = 1.48$  et l'alpha de Cronbach = .95.
- L'attitude (Venkatesh et al., 2003) était estimée par 4 items (ex. « J'aimerai utiliser un véhicule automatisé »); la moyenne est  $M = 3.52$ ,  $\sigma = 1.63$  et l'alpha de Cronbach = .97.
- L'influence sociale (Venkatesh et al., 2003) était estimée par 3 items (ex. « Mon entourage va me pousser à utiliser un véhicule automatisé »); la moyenne est de  $M = 2.84$ ,  $\sigma = 1.16$  et l'alpha de Cronbach = .73.
- Le sentiment de contrôle (Venkatesh et al., 2003) était estimé par 3 items (ex. « J'aurai les compétences pour utiliser un véhicule automatisé »); la moyenne est de  $M = 4.10$ ,  $\sigma = 1.14$  et l'alpha de Cronbach = .94.

- L'intention comportementale d'utiliser le véhicule automatisé (Venkatesh et al., 2003) était estimée par 4 items (ex. « J'ai l'intention d'utiliser un véhicule automatisé dans les années à venir »); la moyenne est de  $M = 2.86$ ,  $\sigma = 1.63$  et l'alpha de Cronbach = .97.

Le questionnaire 1 interrogeait aussi sur des variables additionnelles :

- La confiance dans la conduite automatisée était estimée par 7 items (ex. « Je me sentirai en sécurité dans un véhicule automatisé », O'Cass & Carlson, 2012; ou « Je peux faire autre chose en toute confiance dans un véhicule automatisé », Egea & González, 2011); avec une moyenne de  $M = 3.08$ ,  $\sigma = 1.45$  et un alpha de Cronbach = .97.
- La technophilie (Agarwal & Prasad, 1998) était estimée par 4 items (ex. « Si j'entends parler d'une nouvelle technologie, j'essaierai de l'expérimenter rapidement »); la moyenne est  $M = 3.66$ ,  $\sigma = 1.29$  et l'alpha de Cronbach = .88.
- L'anxiété technologique (Saadé & Kira, 2007) était estimée par 4 items (ex. « Je ressens de l'appréhension quand je dois utiliser une technologie que je ne connais pas »); la moyenne est de  $M = 2.80$ ,  $\sigma = 1.32$  et l'alpha de Cronbach = .89.

L'ensemble des items du questionnaire 1 figurent en annexe 3.

Le questionnaire 2 mettait en situation les participants dans une interaction avec un véhicule, soit automatisé, soit conventionnel. La consigne d'introduction présentait les objectifs de cette partie 2 : « Vous avez accepté de participer à une enquête et nous vous en remercions. Dans le questionnaire qui suit, vous conduisez un véhicule ordinaire et vous devez prendre une décision vous impliquant dans une interaction avec un véhicule automatisé ou un véhicule ordinaire. Un véhicule automatisé est un véhicule dont le pilotage est laissé complètement ou partiellement à un système robotisé autonome. Un véhicule ordinaire est un véhicule comparable à celui que vous utilisez actuellement. Dans des situations habituelles de la route, nous allons vous demander de répondre à des questions, soit en vous positionnant sur une échelle de 1 à 6, soit en choisissant une réponse parmi plusieurs choix ». Le questionnaire 2 commençait par une évaluation de la NARS de Nomura et al. (2006) *via* 7 items (ex. « Je me sens mal à l'aise quand je me retrouve face à un robot »), avec une moyenne de  $M = 4.19$ ,  $\sigma = 0.80$  et un alpha de Cronbach = .50. Chaque participant devait évaluer son intention comportementale de passer à un croisement en ville, lors d'une interaction avec un autre véhicule, dans huit scénarios : quatre scénarios d'interaction avec un véhicule conventionnel, et quatre scénarios

Thèse Géraldine VAN DER BEKEN – Rôle de l'acceptabilité dans l'interaction entre un véhicule conventionnel et un véhicule automatisé (2020)

d'interaction avec un véhicule automatisé. L'intention de s'engager au croisement est la variable dépendante sur une échelle de Likert s'étendant de 1 à 4 (1 = « je ne m'engage pas », 4 = « je m'engage »). Le questionnaire 2 introduisait les variables indépendantes manipulées : le degré d'automation et le degré de priorité. Le degré d'automation comptait trois modalités : véhicule conventionnel, véhicule automatisé niveau 3, et véhicule automatisé niveau 5. Le degré d'automation est précisé dans le tableau 3 et transmis aux participants :

Tableau 3. Description des trois modalités de la variable degré d'automation

Degré d'automation	Présentation du degré d'automation du véhicule en interaction
Véhicule conventionnel	C'est le véhicule que vous connaissez et conduisez habituellement.
Véhicule autonome de niveau 3 (VA3)	Le véhicule autonome de niveau 3 est défini comme un véhicule automatisé, où un conducteur au volant peut reprendre le contrôle le cas échéant.
Véhicule autonome de niveau 5 (VA5)	Le véhicule autonome niveau 5 est un véhicule autonome sans conducteur pour reprendre le contrôle.

Le participant était renvoyé soit à un groupe interagissant avec un véhicule automatisé de niveau 3, soit à un groupe interagissant avec un véhicule automatisé de niveau 5, après avoir répondu à une question aléatoire. La présentation du degré d'automation du véhicule automatisé était rappelée à chaque scénario.

Le degré de priorité était une variable à quatre modalités : le participant était prioritaire, le participant était non prioritaire et il n'y a pas de signalisation particulière, le participant était non prioritaire et il était soumis à un céder-le-passage, et le participant était non prioritaire et il était soumis à un stop. Le degré de priorité correspondait à ceux définis dans le code de la route (cf., tableau 4).

Tableau 4. Dessins des panneaux de signalisation du questionnaire en ligne

Classification des panneaux	Représentation
Le panneau AB1, Priorité à droite	
Le panneau AB3, Céder-le-passage	
Le panneau AB4, Stop	

Dans chaque scénario, un texte d'accueil et un dessin accompagnaient les questions. Concernant le texte d'accueil, il précisait le contexte dans lequel le participant se trouvait. Par

exemple dans le cas du scénario *priorité à droite, sans signalisation particulière* : « Vous conduisez votre voiture habituelle (la noire ci-dessous) et vous arrivez sur **un croisement** avec priorité à droite. Vous êtes **seul** dans la voiture. La visibilité est bonne. Il n'y a pas de signalisation particulière. Vous voyez **un véhicule ordinaire (le jaune)** arriver par la droite; **il a priorité. Au "T", vous voulez tourner à gauche; vous n'êtes pas prioritaire.** Le véhicule jaune est à 25 mètres (soit 2 secondes avant d'arriver à votre niveau). Si vous passez, l'autre véhicule devra modifier sa vitesse. <sup>28</sup>». Les dessins qui accompagnaient chaque scénario sont représentés dans les figures 15 à 18 ci-dessous :

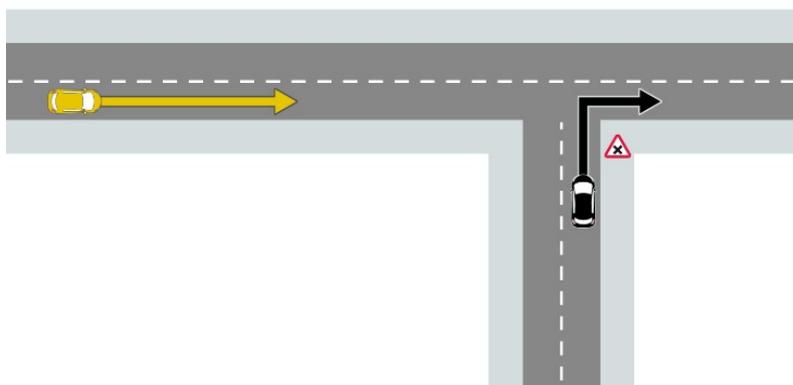


Figure 15. Dessin du scénario le participant est prioritaire, priorité à droite.

*Note.* Le participant est le conducteur de la voiture noire, il tourne à droite, il est prioritaire.

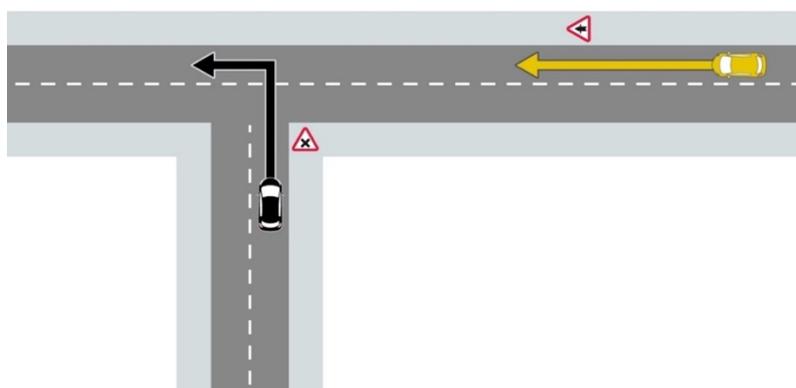


Figure 16. Dessin du scénario non prioritaire, priorité à droite.

*Note.* Le participant est le conducteur de la voiture noire, il tourne à gauche, il n'est pas prioritaire.

---

<sup>28</sup> Le surlignage en couleur et en gras reproduit celui du questionnaire

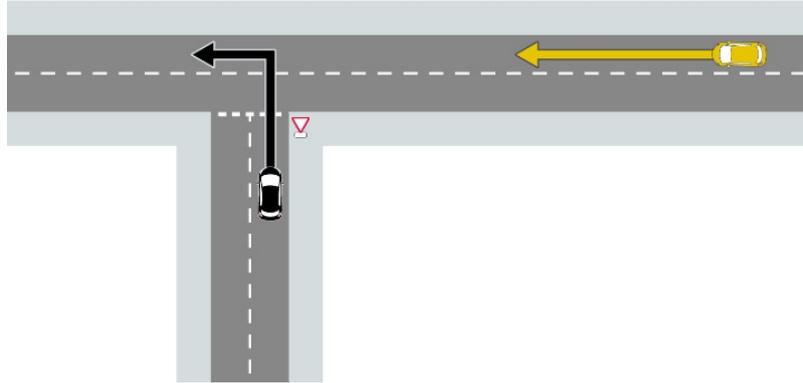


Figure 17. Dessin du scénario non prioritaire, céder-le-passage.

*Note.* Le participant est le conducteur de la voiture noire, il tourne à gauche, il n'est pas prioritaire.

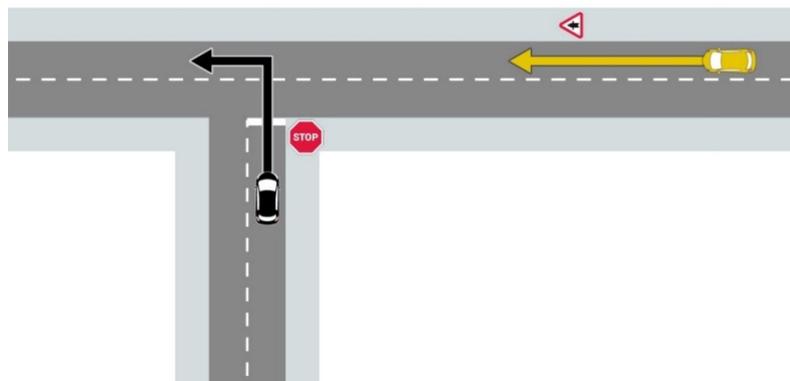


Figure 18. Dessin du scénario non prioritaire, stop.

*Note.* Le participant est le conducteur de la voiture noire, il tourne à gauche, il n'est pas prioritaire.

Pour chaque scénario, l'intention comportementale de passer au croisement était analysée en relation avec trois construits psychologiques :

- La perception du risque (Ram & Chand, 2016) était mesurée par deux items (ex. « J'ai peur que des personnes puissent être impliquées dans un accident de la route »); la moyenne est  $M = 3.43$ ,  $\sigma = 1.41$ . Le coefficient inter-item moyen est de  $\bar{r} = .93$ ,  $p < .001$ .
- Le sentiment de contrôler la situation (Kauffmann, Naujaoks, Winkler, & Kunde, 2017; Venkatesh et al., 2003) était mesuré par deux items (ex. « J'ai le sentiment de contrôler les choses »); la moyenne est  $M = 4,35$ ,  $\sigma = 1.18$ . Le coefficient inter-item moyen est de  $\bar{r} = .86$ ,  $p < .001$ .

- L'adaptation à l'autre (Kauffmann et al., 2017) était mesurée par deux items (ex. « J'ai le sentiment que le véhicule jaune s'adaptera à ma conduite »), la moyenne est  $M = 3.48$ ,  $\sigma = 1.13$ . Le coefficient inter-item moyen est de  $\bar{r} = .45$ ,  $p < .001$ .

Les questions étaient randomisées pour chaque construit; cependant, la variable « ordre » n'a pas été exploitée statistiquement, elle a été introduite par précaution méthodologique. Les items du questionnaire 2 sont en annexe 4.

### 5.3.3. Analyse statistique

#### 5.3.3.1. Etude du modèle d'acceptabilité

Une analyse par équation structurelle a été réalisée pour estimer la prédiction de l'acceptabilité du véhicule automatisé. Ceci permet de confirmer la dépendance simultanée à plusieurs variables et ainsi de tester l'ajustement des données du questionnaire au modèle de l'acceptabilité préalablement construit. Le produit de l'analyse factorielle est l'analyse des indices d'ajustement utilisés dans la méta-analyse et détaillés en annexe 1.E : les indices incrémentaux (TLI et CFI) qui évaluent la part de la covariance expliquée par le modèle et permettent de comparer le modèle testé à un modèle indépendant, plus restrictif (Bollen, 1989; Hu & Bentler, 1999), les indices absolus (SRMR, RMSEA,  $K^2$ ) qui estiment si le modèle prédit la matrice de covariance observée et en quoi le modèle théorique reproduit correctement les données collectées (Kline, 2010; Hu & Bentler, 1999; Hair, Black, Babin, Anderson & Tatham, 1998) et les indices de parcimonie ( $K^2$  normé) qui mesurent l'effet de paramètres supplémentaires corrigeant artificiellement le modèle (Ullman, 2001; Schumacker & Lomax, 2004; Hair et al., 1998). Nous avons utilisé la méthode d'estimation du maximum de vraisemblance.

#### 5.3.3.2. Etude des relations entre les variables indépendantes et dépendantes

Pour évaluer l'effet des variables psychologiques (dont l'acceptabilité, la perception du risque, l'adaptation à l'autre), environnementales (degré de priorité), et technique (degré d'automatisation), nous avons travaillé sur la différence d'intention de passer au croisement lors de l'interaction avec d'une part le véhicule automatisé 3 ou 5 et d'autre part avec le véhicule conventionnel en suivant les étapes statistiques suivantes. La première étape a consisté à étudier les statistiques descriptives et les corrélations bivariées des variables, par scénario, pour tester l'hypothèse nulle d'absence de relation linéaire entre deux variables continues. La variable dépendante étant continue, le calcul des effets principaux du degré de priorité et du degré

Thèse Géraldine VAN DER BEKEN – Rôle de l'acceptabilité dans l'interaction entre un véhicule conventionnel et un véhicule automatisé (2020)

d'automatisation sur l'intention de passer, ainsi que les effets d'interaction ont été réalisés par modèle linéaire généralisé (MLG), sur SPSS v24.0. Un test de comparaison multiple post hoc Bonferroni est aussi conduit. Pour vérifier que les variables proposées (*i.e.*, les variables de l'acceptabilité de l'étude 1 et les variables additionnelles) prédisent la différence d'intention comportementale d'interaction entre le véhicule automatisé et le véhicule conventionnel, nous avons travaillé par équation structurelle sur AMOS v26.0. Les équations structurelles sont conduites par scénario avec la variable dépendante *différence d'intention de passer* au croisement. L'estimation de l'ajustement des données au modèle a été réalisée par l'étude des mêmes indices que ceux présentés plus haut. L'estimation de la variance de la différence du comportement expliquée par le modèle a été reportée pour chaque scénario, *via* le calcul du  $R^2$ .

#### 5.3.4. Résultats préliminaires : étude de l'ajustement de nos données au modèle d'acceptabilité

Les résultats de l'équation structurelle *via* l'analyse des indices d'ajustement de nos données expérimentales au modèle de l'acceptabilité de l'étude 1 ont montré que la plupart des relations prédites étaient statistiquement significatives. Le modèle de structure, présenté dans la figure 19, montre que les variables identifiées expliquent 80% de la variance totale de l'intention comportementale à l'égard du véhicule automatisé :

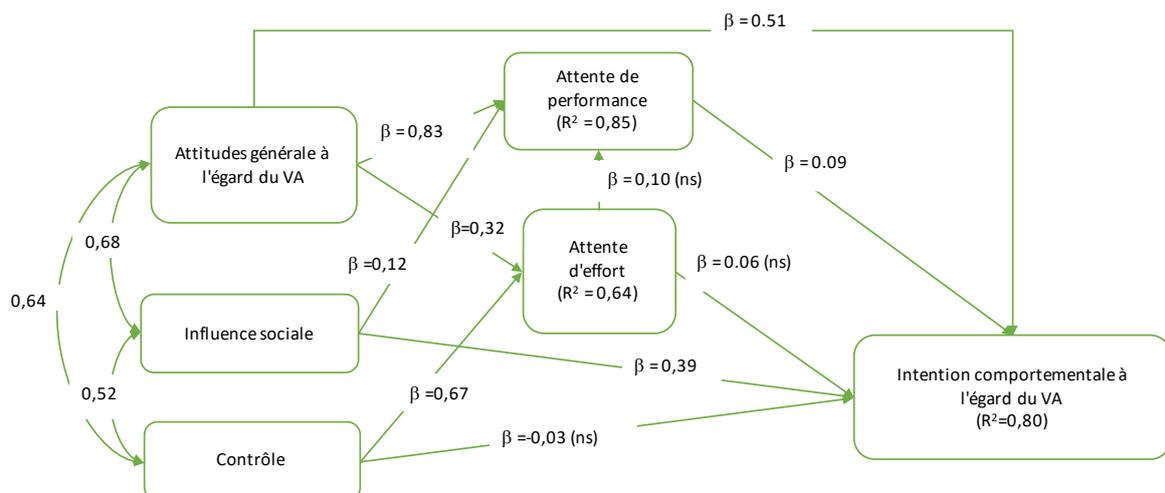


Figure 19. Modèle de l'acceptabilité.

Notes. VA = véhicule automatisé. Pour toutes les relations,  $p < .05$  sauf indiqué ns : non significatif.

Par rapport à la méta-analyse, l'intention comportementale à l'égard du véhicule automatisé est expliquée par l'attitude,  $\beta = .51$ , l'influence sociale  $\beta = .39$  (contre  $\beta = .15$  dans le modèle de l'acceptabilité de la méta-analyse), et l'attente de performance  $\beta = .09$  (contre  $\beta = .31$  dans le modèle de la méta-analyse). L'attente d'effort n'est pas significativement prédictrice de l'intention comportementale (elle était faiblement prédictrice à  $\beta = .09$  dans la méta-analyse). Le sentiment de contrôle n'explique pas significativement l'intention comportementale à l'égard du véhicule automatisé (tout comme dans la méta-analyse).

Les indices d'ajustement du modèle sont bons : les données expérimentales s'ajustent de manière satisfaisante au modèle théorique, comme présenté dans le tableau 5.

Tableau 5. Critères de qualité d'ajustement des données

	Indices incrémentaux		Indices absolus			Indices de parcimonie	
	TLI	CFI	K <sup>2</sup>	SRMR	RMSEA	K <sup>2</sup> /ddl	ddl
Indices d'ajustement	.99	1	5.54	.04	0.003	2.77	2

Les indices d'ajustements sont satisfaisants.

## 5.4 Résultats

### 5.4.1. Statistiques descriptives

Les moyennes des intentions de passer sont présentées dans le tableau 6. Elles correspondent à l'intention déclarée, sur une échelle de 1 à 4.

Tableau 6. Moyennes et écart-types des intentions de passer, par scénario

		n	M	$\sigma$
Tourne à droite, prioritaire	interaction avec un VC	1164	3.11	1.08
	interaction avec un VA3	559	3.04	1.13
	interaction avec un VA5	605	3.02	1.14
Tourne à gauche, avec priorité à droite	interaction avec un VC	1164	1.13	0.49
	interaction avec un VA3	559	1.18	0.60
	interaction avec un VA5	605	1.20	0.61
Tourne à gauche, avec céder-le-passage	interaction avec un VC	1164	1.13	0.50
	interaction avec un VA3	559	1.14	0.50
	interaction avec un VA5	605	1.17	0.57
Tourne à gauche, avec stop	interaction avec un VC	1164	1.07	0.42
	interaction avec un VA3	559	1.07	0.38
	interaction avec un VA5	605	1.09	0.43

*Notes.* VA3 = véhicule automatisé de niveau 3; VA5 = véhicule automatisé de niveau 5; M = moyenne;  $\sigma$  = écart-type, n = effectifs.

L'intention de passer lorsque le conducteur tourne à gauche (il n'est pas prioritaire) est de  $M = 1.20$  ( $\sigma = 0.61$ ) lors d'une interaction avec un VA5 et de  $M = 1.13$  ( $\sigma = 0.49$ ) en interaction avec un VC. Lorsque le conducteur est soumis à un stop, l'intention de passer lors interaction avec le VA5 est de  $M = 1.09$  ( $\sigma = 0.43$ ), et l'interaction avec un VC est de  $1.07$  ( $\sigma = 0.42$ ).

Le tableau 7 présente les données de différence d'intention comportementale entre l'interaction avec un véhicule automatisé (niveau 3 ou 5) et l'interaction avec un véhicule conventionnel.

Tableau 7. Moyennes et écart-types des différences des intentions de passer entre l'interaction avec un véhicule automatisé et celle avec le véhicule conventionnel, par scénario

	M	$\sigma$	Intervalle de confiance de la différence à 95 %		t	ddl	Sig. (bilatéral)
			Inférieur	Supérieur			
Prioritaire, tourne à droite							
VA3-VC	-0.08*	1.01	-0.17	0.00	-1.93	558	.05
VA5-VC	-0.09	1.10	-0.17	0.00	-1.92	604	.06
Non prioritaire, tourne à gauche							
VA3-VC, priorité à droite	0.06*	0.59	0.01	0.11	2.35	558	.02
VA5-VC, priorité à droite	0.05*	0.59	0.00	0.10	2.07	604	.04
VA3-VC, céder le passage	-0.01	0.52	-0.05	0.04	-0.33	558	.74
VA5-VC, céder le passage	0.06*	0.54	0.02	0.10	2.81	604	.01
VA3-VC, stop	-0.01	0.47	-0.05	0.03	-0.64	558	.53
VA5-VC, stop	0.02	0.42	-0.01	0.06	1.27	604	.21

Notes. VA3 = véhicule automatisé de niveau 3; VA5 = véhicule automatisé de niveau 5. La différence se lie dans le sens VA – VC; par exemple, une différence d'intention de passer VA3-VC de -0,08 signifie que les participants ont une intention de passer de -0,08 en interaction avec le VA3, par rapport au VC.

Quand les conducteurs tournent à droite (ils sont prioritaires), la différence des intentions de passer est significative lors de l'interaction avec le véhicule automatisé 3 et une tendance en interaction avec le véhicule automatisé 5. Le sens de cette différence est que le conducteur passe moins en interaction avec le véhicule automatisé (pour le niveau 3,  $M = -0.08$ ,  $\sigma = 1.01$ ; pour le niveau 5,  $M = -0.09$ ,  $\sigma = 1.10$ ) que le véhicule conventionnel,  $t(558) = -1.93$  pour  $p = .05$  face à un VA3 et  $t(604) = -1.92$  et  $p = .06$  face à un VA5.

Quand les conducteurs tournent à gauche (ils ne sont pas prioritaires), la différence d'intention de passer est significative dans les scénarios où le participant tourne à gauche, sans signalisation particulière (c'est-à-dire avec une simple priorité à droite). Le sens de cette différence est inverse par rapport au scénario précédent : quand le participant tourne à gauche, et qu'il n'est donc pas prioritaire, le participant passe plus lors de l'interaction avec le véhicule automatisé (pour le VA3,  $M = 0.06$ ,  $\sigma = 0.59$ ; pour le VA5,  $M = 0.05$ ,  $\sigma = 0.59$ ) que le véhicule conventionnel,  $t(558) = 2.35$  pour  $p = .02$  face à un VA3 et  $t(604) = 2.07$  et  $p = .04$  face à un VA5. La différence d'intention de passer est plus élevée dans le scénario où les conducteurs sont prioritaires.

L'étude des corrélations entre les dimensions psychologiques (cf., tableau 8) montre que toutes les variables sont significativement et fortement corrélées entre elles. Seule l'anxiété technologique est faiblement corrélée avec les autres variables ( $r = -.15$  avec la confiance, ou  $r = -.16$  avec l'attitude).

Tableau 8. Corrélations entre les variables psychologiques

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1- Attitude	1								
2- Influence sociale	.69**	1							
3- Contrôle	.64**	.52**	1						
4- Attente de performance	.92**	.70**	.59**	1					
5- Attente d'effort	.75**	.57**	.88**	.70**	1				
6- Intention comportementale	.84**	.79**	.55**	.82**	.63**	1			
7- Anxiété technologique	-.16**	-.03	-.34**	-.13**	-.32**	-.13**	1		
8- Confiance	.89**	.70**	.59**	.86**	.70**	.81**	-.15*	1	
9- NARS	.04	-.01	.15**	.03	.15*	.02	-.31**	.07*	1

Notes. \* $p < .05$ ; \*\* $p < .01$ .

L'attitude est fortement et significativement corrélée avec toutes les variables, sauf la NARS et l'anxiété technologique. L'attitude est corrélée à  $r = .89$  avec la confiance, et  $r = .84$  avec l'intention comportementale. La NARS est la variable présentant les corrélations les plus faibles et les moins significatives. La NARS n'est pas corrélée significativement avec l'attitude, l'influence sociale, l'attente de performance, l'intention comportementale. Quand la NARS est significativement corrélée avec d'autres variables, comme le contrôle,  $r = .15$ , attente d'effort,  $r = .15$  et confiance,  $r = .07$ , la relation est faible. L'intention comportementale est fortement corrélée avec l'attitude,  $r = .84$ ,  $p = .001$ , l'influence sociale,  $r = .79$ ,  $p = .001$  et l'attente de performance,  $r = .82$ . Il n'y a pas de corrélations moyennes. Au final, les variables du modèle de l'acceptabilité sont fortement corrélées entre elles et la seule variable additionnelle à être significativement corrélée avec les autres est la confiance. Dans ce cas, les corrélations sont moyennes à fortes, entre .59 et .89 avec les variables du modèle de l'acceptabilité. L'absence de corrélation de la NARS avec les autres variables ou leur faible niveau, ainsi que l'alpha de Cronbach (.50) de cette variable suggèrent qu'il n'est pas opportun de conserver ce déterminant dans notre modèle.

5.4.2. Résultats hypothèse 1 : la différence d'intention comportementale d'interaction entre le véhicule automatisé et le véhicule conventionnel dépendra du degré d'automatisation. Plus précisément, on s'attend à ce que les participants aient davantage l'intention de passer si le degré d'automatisation est élevé, d'autant plus que le degré de priorité est faiblement contraignant pour eux.

La moyenne des intentions de passer par scénario, lors de l'interaction avec le véhicule automatisé de niveau 3 et le véhicule conventionnel, est présentée dans la figure 20.

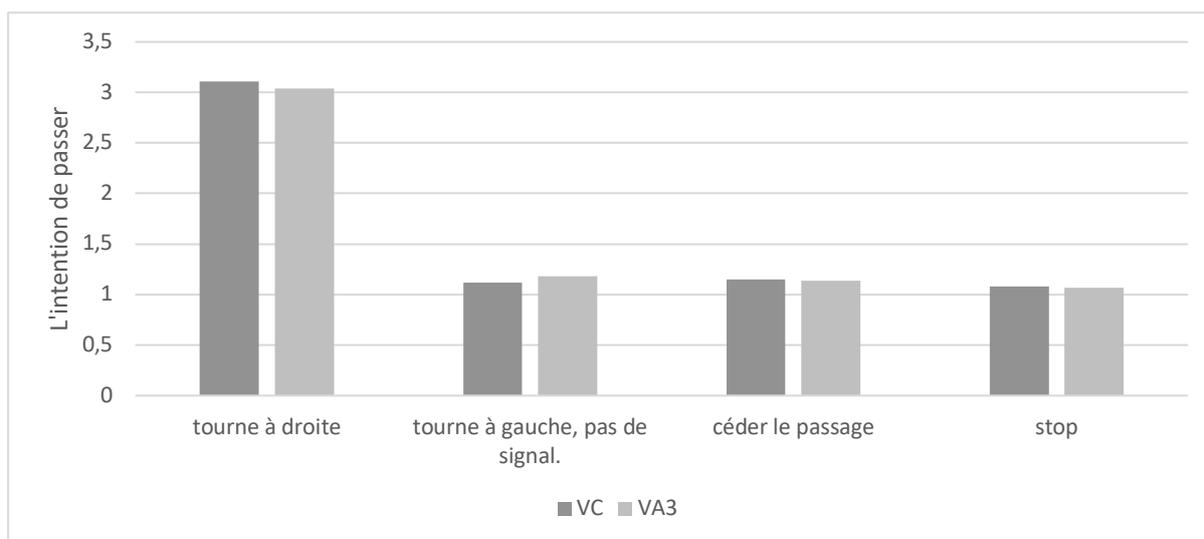


Figure 20. Moyenne des intentions de passer en interaction avec le VA3 et le VC, par degré de priorité.

La moyenne des intentions de passer lors de l'interaction avec le véhicule automatisé de niveau 5 en comparaison avec le véhicule conventionnel est présentée dans la figure 21.

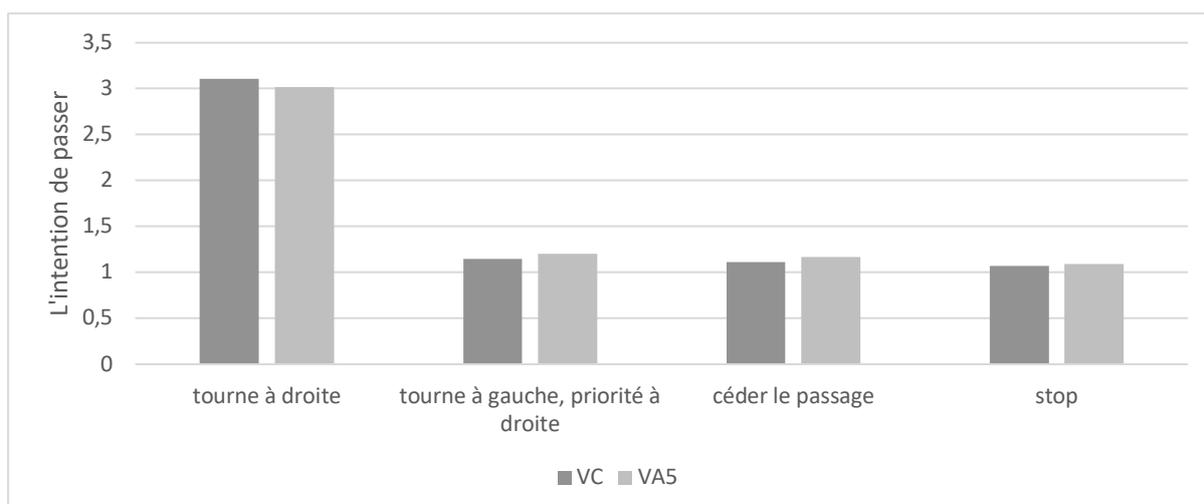


Figure 21. Moyenne des intentions de passer en interaction avec le VA5 et le VC, par degré de priorité.

Dans les scénarios où les conducteurs n'ont pas la priorité, l'intention de passer devant le véhicule automatisé est supérieure à celle de passer en interaction avec un véhicule conventionnel. Plus précisément, l'étude de la moyenne des différences d'intention de passer (cf., tableau 9) est la suivante.

Tableau 9. Moyennes des différences d'intention comportementale et sens de ces différences entre l'interaction avec un véhicule automatisé et conventionnel, par degré de priorité

	Tourne à droite		Tourne à gauche			
	M droite	M pas de signal	M céder le passage	M stop	F	ddl
VA3-VC	-0.08	0.06	-0.01	-0.01	11117.87	1/558
VA5-VC	-0.09	0.05	0.06	0.02	11431.78	1/604

Ces données montrent que la moyenne des différences d'intention de passer est inférieure lorsque le degré de priorité est contraignant pour le conducteur (stop ou céder-le-passage), avec  $M = -0.01$  pour l'interaction avec un VA3 au stop et au céder-le passage par exemple. L'étude de l'interaction du degré d'automation et de priorité est reportée tableau 10.

Tableau 10. ANOVAs des différences d'intention de passer en fonction du degré d'automation et degré de priorité

		F	ddl	sign.
VA3-VC	Degré d'automation	0.54	1	.46
	Degré de priorité	725.09*	3	.001
	Interaction automation*priorité	3.07*	3	.03
VA5-VC	Degré d'automation	0.55	1	.46
	Degré de priorité	750.65*	3	.001
	Interaction automation*priorité	3.35*	3	.02

Note. Report de la statistique Lambda de Wilks.

On note un effet principal du degré de priorité, avec  $F(3, 556) = 725.09$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = 0.796$  pour le groupe VA3 et  $F(3, 602) = 750.65$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = 0.789$  pour le groupe VA5.

Nos données ne font pas apparaître d'effet principal du degré d'automation, avec  $F(1, 558) = 0.54$  pour le groupe VA3 et  $F(1, 604) = 0.55$  pour le groupe VA5. Les conducteurs ne passent pas différemment lorsqu'ils sont en interaction avec un véhicule automatisé comparativement à une interaction avec un véhicule conventionnel. Un effet d'interaction significatif entre le degré de priorité et le degré d'automation apparaît pour les deux groupes, avec pour le groupe VA3  $F(3, 556) = 3.07$  et pour le groupe VA5  $F(3, 602) = 3.35$ . Le tableau 10 montre que la différence de l'intention de passer est en moyenne  $M = -0.01$  ( $\sigma = 1.00$ ) entre

le VA3 et le VC, lorsque les conducteurs ont un céder le passage ou un stop. La différence moyenne entre le VA5 et le VC est de +0.06 au céder le passage, et +0.02 au stop. La différence d'intention de passer est donc plus forte lorsque le VA est de niveau 5 (par rapport au niveau 3), d'autant plus que le degré de priorité est peu contraignant pour le conducteur.

L'hypothèse 1 est confirmée, l'intention comportementale du conducteur est dépendante de l'interaction entre le degré d'automatisation et de priorité.

5.4.3. Résultats hypothèse 2 : la différence d'intention comportementale d'interaction entre le véhicule automatisé et le véhicule conventionnel sera prédite par l'acceptabilité du véhicule automatisé. Plus précisément, on s'attend à ce qu'une faible acceptabilité soit liée à une différence d'intention comportementale d'interaction avec le véhicule automatisé par rapport à un véhicule conventionnel; l'inverse étant attendu lorsque l'acceptabilité est forte.

Le tableau de corrélations (voir tableau 11) montre les liens entre l'intention de passer et les variables du modèle de l'acceptabilité : l'attitude, l'influence sociale, la performance attendue, la facilité d'usage attendue et le sentiment de contrôle.

Tableau 11. Corrélations entre les variables du modèle de l'acceptabilité et la différence d'intention de passer, par scénario

	Prioritaire				Non prioritaire			
	Tourne à droite		Pas de signalisation		Céder-le-passage		Stop	
	VA3-VC	VA5-VC	VA3-VC	VA5-VC	VA3-VC	VA5-VC	VA3-VC	VA5-VC
Attitudes	.11**	.10*	-.01	.05	.02	-.09*	.02	.07
Influence sociale	.05	.00	.04	.01	.01	-.14**	.06	.00
Contrôle	.05	.03	.03	.02	-.01	-.12**	-.01	.10*
Attente de performance	.14**	.10*	.01	.04	.00	-.07	.00	.10*
Attente d'effort	.10*	.06	.05	.03	-.01	-.09*	.02	.14**
Intention comportementale	.08	.09*	.04	.03	.03	-.11**	.04	.04

Notes. \*p<.05; \*\*p<.01.

L'étude des corrélations est centrée sur la différence d'intention de passer, lors d'interaction avec un véhicule automatisé (VA3 ou VA5) par rapport à l'interaction avec un véhicule conventionnel. Même quand nous notons que les corrélations sont significatives, ce qui les caractérise en premier lieu, c'est qu'elles sont faibles, comprises entre .09 et .14. Ensuite, si une

variable est significative avec la différence d'intention de passer face à un véhicule, ce résultat n'est pas obtenu dans tous les scénarios. Aucun scénario ne se détache clairement dans les corrélations entre la différence d'intention de passer et les variables du modèle de l'acceptabilité. La corrélation est significative, mais faible, dans le scénario tourne à droite entre l'attitude et la différence d'intention de passer,  $r = .11$ ,  $p < .001$  pour la différence VA3-VC, ou  $r = .10$ ,  $p = .005$  pour la différence VA5-VC. Dans ce même scénario, la différence d'intention de passer est aussi corrélée avec la performance attendue,  $r = .14$ ,  $p < .001$  pour la différence VA3-VC, et  $r = .10$ ,  $p = .005$  pour la différence VA5-VC. La corrélation de l'influence sociale avec la différence d'intention de passer dans ces scénarios n'est pas claire : l'influence sociale n'est significativement corrélée avec la différence d'intention de passer que dans un seul scénario, quand le conducteur tourne à gauche avec un céder le passage,  $r = -.14$ ,  $p = .001$ . Au final, les mesures auto-rapportées par les participants ne sont pas corrélées avec une différence d'intention de passer, qu'ils soient prioritaires ou non prioritaires, ou quand elles le sont, les corrélations sont faibles.

Bien que nous n'observions pas de lien entre la majorité des variables du modèle de l'acceptabilité et la différence d'intention de passer, nous réalisons une équation structurelle pour chaque scénario, avec comme variable dépendante la différence d'intention comportementale, et comme variable indépendante les variables du modèle de l'acceptabilité. A titre d'exemple, le diagramme structurel du scénario *non prioritaire, sans signalisation* schématise les facteurs expliquant la différence d'intention comportementale de passer entre le VA5 et le VC (figure 22).

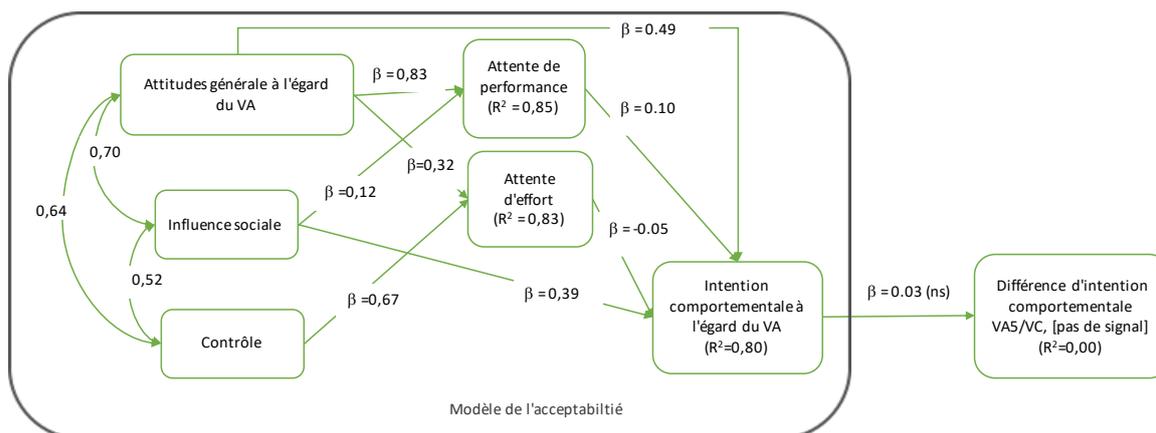


Figure 22. Exemple de diagramme structurel du scénario *non prioritaire, priorité à droite* avec les variables de l'acceptabilité envers le véhicule automatisé.

Notes. La variable dépendante est la différence d'intention de passer entre le VA5 et le VC. VA5 = véhicule automatisé 5, VC = véhicule conventionnel.

Les relations sont significatives à  $p < .01$ , sauf pour les relations signalées ns = non significatif.

Les résultats présentés dans le tableau 12 intègrent les améliorations des modèles dans AMOS *via* l'étude des relations entre les variables de l'acceptabilité et la différence d'intention de passer entre le véhicule automatisé et le véhicule conventionnel.

Tableau 12. Critères de qualité d'ajustement des données

	Différence VA3-VC				Différence VA5-VC				
	prioritaire	non prioritaire			prioritaire	non prioritaire			
	droite	pas de signal	céder le passage	stop	droite	pas de signal	céder le passage	stop	
R <sup>2</sup> de la différence de comportement	1%	0%	0%	0%	1%	0%	1%	0%	
R <sup>2</sup> de l'intention comportementale envers le VA	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	
β intention comportementale / comportement	.08	.04	.03	.04	.09	.03	-.11	.04	
Indices incrémentaux									
TLI	.99	.99	1	.99	.99	1	.99	.99	
CFI	.99	.99	1	1	.99	1	.99	.99	
Indices absolus									
K <sup>2</sup>	20,45	14	8.83	10.9	16.14	7.18	15.08	27	
SRMR	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
RMSEA	.03	.02	0	.01	.03	0	.03	.04	
Indices de parcimonie									
K <sup>2</sup> /ddl	2.27	1.56	0.98	1.21	1.79	0.80	1.68	3.00	
ddl	9	9	9	9	9	9	9	9	

Note. La VD est la différence de comportement d'interaction

Comme l'étude des corrélations pouvait le suggérer, l'étude par équation structurelle sur la différence d'intention de passer n'apporte pas de résultats significatifs. Les indices absolus et de parcimonie ne sont pas acceptables, le  $K^2$  et  $K^2/ddl$  notamment ne respectent pas les seuils de la littérature rappelés plus haut. Les indices incrémentaux sont bons. Le modèle de l'acceptabilité ne prédit pas la différence d'intention comportementale de passer, entre un véhicule automatisé et un véhicule conventionnel.

Pour affiner les résultats de l'hypothèse 1 et 2, un test post hoc est réalisé, avec comme facteur inter-sujet le score d'intention comportementale envers le véhicule automatisé et en variable dépendante l'intention de passer par scénario. Il s'agit d'identifier où sont les différences entre les groupes. Le test est significatif dans le scénario *tourne à droite*, en interaction avec un VA3,  $F(15) = 1.87$ ,  $p = .023$ , pas dans les autres scénarios. Dans ce scénario, quand l'intention comportementale envers le véhicule automatisé (*i.e.*, l'acceptabilité) est faible, la différence d'intention de passer entre le véhicule automatisé et le véhicule conventionnel est en moyenne de  $M = 0.99$ , comprise entre  $-0.13$  et  $+2.12$ ; la moyenne de la différence d'intention comportementale de passer est inférieure quand l'intention comportementale envers le véhicule automatisé est élevée,  $M = 0.08$ , comprise entre  $-0.34$  et  $0.5$ . Ainsi, dans ce scénario, une acceptabilité faible du véhicule automatisé est associée à une différence d'intention comportementale lors de l'interaction. Une acceptabilité forte n'est pas associée à une différence d'intention comportementale.

5.4.4. Hypothèse 3 : d'autres facteurs psychologiques comme la technophilie, l'anxiété technologique, l'adaptation à l'autre ou la confiance pourront expliquer la différence d'intention de passer lors de l'interaction avec un véhicule automatisé par rapport à l'interaction avec un véhicule conventionnel. Plus précisément, on s'attend à ce que la technophilie, la confiance et l'adaptation à l'autre soient positivement corrélées avec la différence d'intention de passer face au véhicule automatisé par rapport au véhicule conventionnel. Alors que l'inverse est attendu pour l'anxiété technologique, *i.e.*, une corrélation négative avec la différence d'intention de passer face au véhicule automatisé par rapport au véhicule conventionnel.

Les liens entre la différence d'intention de passer et les variables additionnelles sont présentés dans le tableau 13.

Tableau 13. Corrélations entre les variables additionnelles et la différence d'intention de passer, par scénario

	Prioritaire				Non prioritaire			
	Droite		Pas de signal		Céder le passage		Stop	
	VA3-VC	VA5-VC	VA3-VC	VA5-VC	VA3-VC	VA5-VC	VA3-VC	VA5-VC
Anxiété	-.02	.02	-.03	.06	-.02	.04	.08	-.11**
Confiance	.11*	.11**	.01	.06	.01	-.07	.03	.10*
Technophilie	-.01	-.04	.01	-.01	-.06	-.05	.02	.05
Adaptation à l'autre	.45**	.54**	.16**	.17**	.07	.17**	.03	.12**
Perception du risque	-.20**	-.33**	.07	-.18**	.001	-.01	-.01	-.01

Notes. La corrélation reportée est la corrélation de Pearson. VA3 = véhicule automatisé 3; VA5 = véhicule automatisé 5; VC = véhicule conventionnel

\* $p < .05$ ; \*\* $p < .01$

L'étude de la liaison entre les différences d'intention de passer et les facteurs psychologiques montre que la confiance, l'adaptation à l'autre et la perception du risque sont corrélées avec la différence d'intention de passer à droite, quel que soit le degré d'automatisation. La corrélation la plus forte est celle de l'adaptation à l'autre avec l'intention de passer à droite,  $r = .45$ ,  $p = 0,01$  pour la différence d'interaction VA3-VC, et  $r = .54$ ,  $p = .01$  pour la différence d'interaction VA5-VC. Le sens de cette corrélation est positif, c'est-à-dire que les conducteurs lient la différence d'intention d'interagir entre le VA et le VC au sentiment qu'ils sauront s'adapter à la conduite de l'autre. Les valeurs sont cependant moyennes. La variable perception du risque est corrélée moyennement et négativement avec la différence d'intention de passer VA3-VC,  $r = -.20$ ,  $p = .001$ , et  $r = -.33$ ,  $p < .001$ , pour la différence d'intention de passer VA5-VC : les conducteurs lient la différence d'intention de passer entre le véhicule automatisé et le véhicule conventionnel à la peur de voir des gens être blessés ou impliqués dans un accident. L'anxiété et la technophilie ne sont pas corrélés significativement avec les différences d'intentions de passer, sauf isolément. La confiance n'est corrélée avec la différence d'intention de passer que dans le scénario tourne à droite, où le conducteur est prioritaire; dans ce cas, la corrélation est significative mais faible,  $r = .11$ ,  $p = .005$  pour la différence VA3-VA5 et  $p = .001$  pour la différence VA5-VC.

Une étude par équation structurelle, visant à déterminer si le modèle de l'acceptabilité augmenté des variables additionnelles (confiance, technophilie, anxiété, adaptation à l'autre et

perception du risque), est réalisée. Elle vise à calculer si le modèle augmenté des variables additionnelles permet de mieux prédire la différence d'intention de passer entre le véhicule automatisé et le véhicule conventionnel que le modèle sans les variables additionnelles. A titre d'exemple, le diagramme structurel du scénario *tourne à gauche, sans signalisation* (figure 23) montre la prédiction de la différence d'intention comportementale de passer entre le VA5 et le VC par le modèle de l'acceptabilité, augmenté des variables additionnelles (la confiance, l'anxiété technologique, la technophilie, l'adaptation à l'autre et la perception du risque).

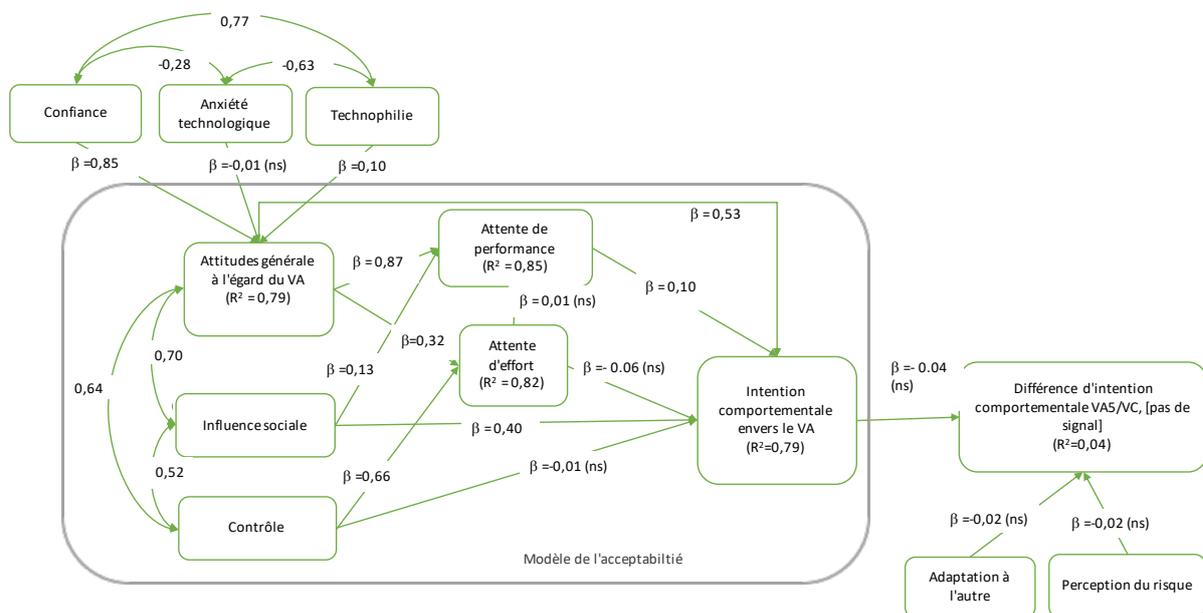


Figure 23. Exemple de diagramme structurel du scénario *tourne à gauche, pas de signalisation* avec les variables de l'acceptabilité et les variables additionnelles.

Notes. La variable dépendante est la différence d'intention de passer entre le VA5 et le VC.

Les relations sont significatives à  $p < 0,01$ , sauf pour les relations signalées ns = non significatif.

Une première étude propose que les variables de la confiance, l'anxiété technologique et la technophilie viennent prédire l'attitude envers le véhicule automatisé, qui est elle-même est prédictrice de l'intention comportementale envers le véhicule automatisé (cf., modèle de l'acceptabilité). L'adaptation à l'autre et la perception du risque sont ici proposées comme prédictrices directes de la différence d'intention comportementale entre le véhicule automatisé et le véhicule conventionnel. L'étude de la qualité de l'ajustement des données au modèle est présentée dans le tableau 14.

Tableau 14. Critères de qualité d'ajustement des données au modèle de l'acceptabilité augmenté des variables additionnelles (confiance, technophilie, anxiété technologique, adaptation à l'autre et perception du risque)

	Différence VA3-VC				Différence VA5-VC				
	Prioritaire	Non prioritaire			Prioritaire	Non prioritaire			
	Droite	Pas de signal	Céder le passage	Stop	Droite	Pas de signal	Céder le passage	Stop	
R <sup>2</sup> de la différence du comportement	1%	4%	0%	0%	1%	5%	5%	2%	
R <sup>2</sup> de l'intention comportementale envers le VA	79%	79%	79%	79%	79%	79%	79%	79%	
$\beta$ intention comportementale / comportement	.07	.09	.02	.01	.09	-.01	-.04	.01	
Indices incrémentaux									
TLI	.85	.84	.85	.85	.85	.85	.85	.85	
CFI	.93	.94	.94	.94	.94	.94	.94	.94	
Indices absolus									
K <sup>2</sup>	660	653	653	658	660	653	651	667	
SRMR									
RMSEA	.13	.13	.13	.13	.13	.13	.13	.13	
Indices de parcimonie									
K <sup>2</sup> /ddl	20.63	20.41	20.41	20.56	20.63	20.41	20.34	20.84	
ddl	32	32	32	32	32	32	32	32	

Les indices de parcimonie et absolus ne sont pas acceptables. Les indices incrémentaux sont moyens. Les modèles ne prédisent pas ou peu l'intention comportementale d'interaction, avec une prédiction inférieure à 5% de la variance de l'intention comportementale. Cette proposition de modèle peut être améliorée si la confiance, l'anxiété technologique et la technophilie prédisent non seulement l'attitude, mais aussi d'autres variables : la confiance prédit l'adaptation à l'autre et la perception du risque; l'anxiété prédit la facilité d'usage attendue et la perception du risque et l'adaptation à l'objet; la technophilie prédit la perception du risque, la facilité d'usage attendue et la performance attendue; l'attitude prédit la perception du risque et l'adaptation à l'autre; et enfin l'influence sociale prédit l'adaptation à l'autre. La synthèse des critères de qualité d'ajustement des données au modèle amélioré de l'acceptabilité est présentée dans le tableau 15.

Tableau 15. Critères de qualité d'ajustement des données au modèle amélioré de l'acceptabilité, augmenté des variables additionnelles (confiance, technophilie, anxiété technologique, adaptation à l'autre et perception du risque)

	Différence VA3-VC				Différence VA5-VC			
	priori- taire	non prioritaire			priori- taire	non prioritaire		
	droite	pas de signal	céder le pas- sage	stop	droite	pas de signal	céder le pas- sage	stop
R <sup>2</sup> de la différence du com- portement	2%	3%	1%	0%	4%	4%	5%	2%
R <sup>2</sup> de l'intention comportementale en- vers le VA	79%	79%	79%	79%	79%	79%	79%	79%
β intention comportementale / com- portement	.07	.03	.19	.03	.14	-.01	-.14	.02
Indices incrémentaux								
TLI	.94	.93	.93	.93	.93	.93	.92	.93
CFI	.98	.98	.97	.97	.97	.97	.97	.97
Indices absolus								
K <sup>2</sup>	284	277	303	303	299	299	326	300
SRMR								
RMSEA	.09	.08	.09	.09	.09	.09	.09	.09
Indices de parcimonie								
K <sup>2</sup> /ddl	9.47	9.23	10.10	10.10	9.97	9.97	10.87	10.00
ddl	30	30	30	30	30	30	30	30

Notes. VA3 = véhicule automatisé 3; VA5 = véhicule automatisé 5. VC = véhicule conventionnel.

Comme pour la proposition précédente, le modèle amélioré de l'acceptabilité, augmenté des variables additionnelles, n'est pas satisfaisant sur le plan de la parcimonie. Il est cependant meilleur sur le plan des indices incrémentaux et notamment du TLI. Le modèle de l'acceptabilité, augmenté des variables psychologiques additionnelles, ne permet de prédire qu'entre 1 et 5% de la variance de la différence d'intention comportementale entre l'interaction avec un véhicule automatisé et l'interaction avec un véhicule conventionnel.

## 5.5. Discussion

Le but de notre étude était d'estimer si l'acceptabilité du véhicule automatisé, évaluée par un modèle issu de la méta-analyse, pouvaient être prédictrice du type de comportement d'interaction du conducteur de véhicule conventionnel avec un véhicule automatisé. Pour cela, nous avons proposé un questionnaire en ligne à 1164 participants, les mettant en situation de décider si, à un croisement en ville en interaction avec un véhicule automatisé, ils avaient l'intention de passer ou de ne pas passer, de comparer ces intentions comportementales lors

d'une interaction avec un véhicule conventionnel et d'évaluer si l'acceptabilité expliquait ces éventuelles différences d'intention comportementale.

#### 5.5.1. Notre modèle de l'acceptabilité : un intérêt scientifique confirmé

En combinant les dimensions proposées par les modèles de l'acceptance et expérimentées par les experts du domaine pour prédire l'acceptabilité pré-implémentation, nous avons montré que notre modèle de l'acceptabilité était fondé théoriquement et pouvait être estimé par une échelle de mesure parcimonieuse. Nos données expérimentales issues d'un questionnaire sur l'acceptabilité du véhicule automatisé s'ajustent de manière satisfaisante à ce modèle. Il convient de noter que l'attitude est la variable qui explique le plus l'intention comportementale à l'égard du véhicule automatisé, et non pas la performance attendue. Le poids de l'attitude sur l'intention d'utiliser un objet a été confirmé dans les situations où l'utilisateur a le choix d'utiliser ou non la technologie (Atarodi et al., 2018). Ceci montre l'effet de variables affectives sur l'intention comportementale envers un dispositif automatisé. L'influence sociale est aussi une variable plus forte dans notre expérimentation que dans le modèle de l'étude 1. L'influence sociale est plus importante dans un dispositif qui implique une interaction avec les autres, comme la conduite automobile, ainsi que dans une intention d'usage en phase de pré-implémentation (Rogers, 2010; de Graaf et al., 2019). Cependant, nous n'attendions pas un effet aussi élevé, les travaux publiés antérieurement considérant l'influence sociale comme un facteur secondaire et non primaire (Pettifor et al., 2017). Notre questionnaire d'acceptabilité n'a investigué que la dimension normative de l'influence sociale. Ce sont donc ces items qui jouent un rôle important dans la prédiction du comportement d'interaction dans le questionnaire. Or, certains auteurs ont proposé que d'autres dimensions puissent expliquer l'intention comportementale dans le cas de technologies de rupture comme l'effet voisin (Pettifor et al., 2017) qui décrit l'influence de ceux qui nous regardent au quotidien (les voisins) dans notre choix de voiture. Cette influence sociale semble cependant difficile à isoler dans des études empiriques. Une autre forme d'influence sociale pourrait porter sur les valeurs sociales d'un groupe, en lien par exemple avec la valeur de l'humain *versus* celle du robot, dans la prise de décision ou dans l'activité. Dans ce cas, l'influence sociale explique l'acceptabilité sociale, qui apparaît ainsi être autant un processus, expliqué par les déterminants de la méta-analyse, qu'un résultat d'une construction sociale qui rend acceptable un projet (Fortin

& Fournis, 2011). Des investigations supplémentaires seraient nécessaires ici pour préciser ces différentes formes d'influence sociale et les dimensions sociales de l'acceptabilité.

Contrairement à l'étude 1, la facilité d'usage attendue n'est pas apparue comme un prédicteur de l'intention d'interagir avec le véhicule automatisé. La facilité d'usage est le deuxième facteur qui a obtenu le score le plus élevé ( $M = 3.89$  sur une échelle de 1 à 6), témoignant que les participants estiment qu'ils sauront facilement s'adapter et apprendre à s'adapter au véhicule automatisé. L'étude par équation structurelle a montré que la facilité d'usage attendue n'expliquait pas l'intention comportementale ( $\beta = .06$ ). Dès les travaux de Venkatesh et al. (2003), la facilité d'usage en pré-implémentation était pressentie comme faiblement prédictrice de l'intention comportementale. Plusieurs méta-analyses, dont celle de Yousafzai et al. (2007) confirment cette tendance. Ce résultat est à mettre en relation avec le score de confiance envers le véhicule automatisé,  $M = 3.08$ , qui, telle qu'elle est ici représentée, est la confiance dans la capacité du système à fonctionner.

Le résultat le plus décalé par rapport à l'étude 1 concerne l'effet de la performance attendue sur la prédiction de l'intention comportementale d'interaction. Dans notre expérience, cet effet est significatif mais faible,  $\beta = .09$  contre  $\beta = .31$  dans l'étude 1. Ce score est aussi en rupture par rapport aux travaux publiés sur le TAM notamment, dont le facteur performance attendue est le meilleur prédicteur d'une intention comportementale ( $\beta = .46$  dans la méta-analyse de Schepers & Wetzels, 2007). Cette variable est une variable technique, dans le sens où elle exploite la relation entre l'agent et l'objet et représente le degré selon lequel l'utilisateur pense que l'usage de l'objet augmentera son rendement personnel (Davis, 1989). Le véhicule automatisé n'est pas un objet, pour l'utilisateur futur, qui facilitera la conduite ou la réalisation de sa mobilité, mais il est un objet provoquant des réactions affectives, au regard du score de l'attitude envers lui ( $M = 3.52$ ).

Les variables de la confiance et de l'attitude enfin sont à préciser. Leur corrélation avec l'intention comportementale est forte. Cependant, la confiance, bien qu'estimée centrale dans les études de prédiction de l'acceptabilité du véhicule automatisé (Merat et al., 2017), n'a pas amélioré notre modèle de l'acceptabilité. La place de la confiance dans le modèle mériterait d'être approfondie.

### 5.5.2. Le comportement des conducteurs en interaction avec un véhicule automatisé est différent d'avec un véhicule conventionnel

Nos résultats montrent que le comportement d'interaction d'un conducteur de véhicule conventionnel avec un véhicule automatisé est différent du comportement d'interaction avec un véhicule conventionnel au croisement en ville. La littérature n'a pas exploré suffisamment cette relation entre un conducteur de véhicule conventionnel et un véhicule automatisé. Elle s'est souvent arrêtée à prédire l'intention d'utiliser [un véhicule automatisé] et déterminer les variables qui expliquent cette intention (Atarodi et al., 2018). Cependant, quelques études nous apportent des orientations, comme l'étude du comportement de prudence dans les situations complexes (Imbsweiler et al., 2018a). La prudence du conducteur dans l'interaction avec une innovation se traduit par le fait qu'il ne passe pas, même s'il en a le temps. Nous aurions pu nous attendre à ce que l'interaction avec une innovation de rupture technologique comme le véhicule automatisé entraîne cette prudence. Par ailleurs, plusieurs publications soutiennent que l'acceptabilité du véhicule automatisé décroît avec le degré d'automatisation (Schoettle & Sivak, 2015, 2016). Or, nos résultats montrent au contraire que l'intention de passer est plus importante lors de l'interaction avec un véhicule automatisé comparativement à un véhicule conventionnel. Si nous nous souvenons du rôle de la confiance dans la formation de l'acceptabilité, nous pouvons proposer que l'interaction avec le véhicule automatisé soit une interaction interpersonnelle de deuxième degré, soutenue par une acceptabilité globalement élevée de cette innovation. Par ailleurs, nous savons que la confiance se perd rapidement : si un défaut de fonctionnement survenait, il affecterait fortement cette confiance, à ce stade, nos répondants sont dans une représentation de l'interaction, sans l'avoir effectivement vécue. Il s'avère donc que rien n'a pu altérer cette confiance. Qu'en sera-t-il après des premières expériences d'interactions, et notamment si cette interaction n'est pas aussi satisfaisante qu'imaginée par les conducteurs ? La réponse pourrait être différente et mériterait d'être expérimentée. Cependant, nous devons noter deux réserves : d'abord, ce résultat n'est observé que dans des situations où le participant est prioritaire. Cette observation écarte l'idée que le conducteur prend plus de risque avec un véhicule automatisé dès lors que le degré de priorité devient contraignant pour lui. Ensuite, les différences d'intention comportementales sont faibles, entre 0.01 et 0.09 sur une échelle de 1 à 4.

L'hypothèse 1 a aussi montré que le conducteur de véhicule conventionnel se comporte différemment lors d'une interaction avec un véhicule conventionnel, sous l'influence de l'environnement (le degré de priorité). L'effet du degré de priorité sur la décision de passer a été largement étudiée. Mais l'étude du lien avec le degré d'automation est une avancée.

### 5.5.3. L'intention comportementale d'utiliser un véhicule automatisé est prédictrice du type de comportement d'interaction avec cet objet

L'intérêt de notre étude réside aussi dans l'effet de l'acceptabilité sur l'intention d'interagir avec un dispositif automatisé. Notre hypothèse posait qu'accepter un dispositif innovant (c'est-à-dire avoir une acceptabilité positive ou forte) amène à se comporter de la même manière qu'avec un dispositif existant que l'on utilise déjà. Accepter, c'est le contraire de résister (en lien avec la résistance au changement) ou de refuser d'agir. C'est ne pas considérer un rapport de force inégal (Teh, Jamson, Carsten, & Jamson, 2014), de fort à faible, entraînant un comportement particulier. Il est intéressant de noter que ce résultat est en ligne avec le texte de Davis et al. (1989, p986, notre traduction<sup>29</sup>) qui, à la naissance du TAM, ont précisé que « la relation attitude-comportement représentée dans le TAM implique que, toutes choses étant égales par ailleurs, les personnes forment des intentions d'adopter des comportements vers lesquels elles ont un affect positif ». Nos résultats suggèrent que, pour la technologie de rupture qu'est le véhicule automatisé, l'acceptabilité positive envers le véhicule automatisé, mesurée par un score d'intention comportemental envers le véhicule automatisé, est liée avec l'intention de collaborer sur la route, c'est-à-dire de se comporter de la même manière qu'avec un véhicule conventionnel, mais uniquement dans des situations où le degré de priorité n'est pas contraignant pour le conducteur, c'est-à-dire lorsqu'il est prioritaire.

Il serait intéressant d'explorer plus finement les manifestations de ces différences de comportement, lorsque l'acceptabilité est faible. Le comportement sera-t-il alors hostile et agressif

---

<sup>29</sup> "The Attitude-Behavior relationship represented in TAM implies that, all else being equal, people form intentions to perform behaviors toward which they have positive affect"

de type proactif, ou au contraire sera un comportement de retrait et de distance ? La population du questionnaire en ligne semble avoir montré un comportement de réserve, c'est-à-dire de moindre intention de passer, plus que de l'hostilité proactive, n'allant pas dans le sens des résultats de Björklund et Åberg (2005). Cependant, nous pourrions confirmer cette interprétation en demandant à des conducteurs de bien vouloir expliciter leurs motifs et leurs ressentis lors de cette interaction avec un véhicule automatisé.

#### 5.6. Limites de la méthode

La recherche en Sciences Humaines et Sociales, notamment lors de l'exploration de la formation des intentions, utilise souvent le questionnaire. Cet outil indispensable peut parfois présenter des limites. D'abord, le questionnaire se base sur la rationalité des participants, explorant les construits qui accèdent à la conscience du participant. Questionner, c'est demander aux personnes de décrire l'expérience immédiate de la perception. Ceci exclut l'exploration fine de dimensions non conscientes pourtant identifiées comme certains éléments de la confiance ou de l'attitude (Merat et al., 2017). Notre propos est ici de proposer d'explorer également les dimensions affectives que provoque ce type de technologies de rupture (Nordhoff et al., 2016), par exemple par l'explicitation de leurs motifs comportementaux.

Par ailleurs, nous ne cherchions pas à développer comment se forme la représentation du véhicule automatisé, mais comment une fois formée, cette représentation est liée à un comportement. Cependant, explorer plus en amont la construction de la représentation aurait peut-être éclairé le rôle des construits ajoutés, comme la confiance, ou celui de l'attitude dans ses différentes dimensions, notamment affectives, ou encore affiner l'effet de l'influence sociale dans ses différentes dimensions.

Une limite liée au protocole expérimental doit aussi être soulignée. Nous n'avons pas réalisé de pré-test : le scénario proposait une distance de 25m entre le véhicule automatisé et le véhicule du participant, trop courte pour disposer de la marge de décision que nous voulions étudier. Il s'ensuit une faible variabilité des résultats : sur 1164 participants, seulement une trentaine exprime une intention d'adopter un comportement différent entre l'interaction avec le véhicule automatisé et le véhicule conventionnel.

### 5.7. Conclusion et perspectives

Notre modèle de l'acceptabilité (étude 1) a pu être confronté à des données expérimentales dédiées au véhicule automatisé. Il confirme que l'intention comportementale à l'égard du véhicule automatisé peut être prédite par cinq facteurs : l'attitude, l'influence sociale, la performance attendue, le sentiment de contrôle et la facilité d'usage attendue. Ensuite, dans ce modèle l'attitude, variable disposant d'une valence, est apparue comme centrale tout comme l'influence sociale, pour prédire l'intention comportementale. Nos données suggèrent que ce modèle peut aussi être utilisé dans l'estimation de l'intention d'interaction avec le véhicule automatisé. Ainsi, prédire l'intention comportementale à l'égard du véhicule automatisé a permis de prédire l'intention comportementale d'interaction avec lui lorsque l'acceptabilité, préalablement mesurée, était faible. Cependant, ces résultats ne sont observables que dans les conditions où le degré de priorité est peu contraignant pour l'utilisateur; quand le degré de priorité est contraignant, comme le céder le passage ou le stop, l'effet de l'acceptabilité sur l'intention de passer disparaît.

Au final, l'acceptabilité semble être un construit pertinent pour estimer en amont le comportement d'interaction avec le véhicule automatisé. Considérant l'effet de la valence négative, c'est-à-dire d'une acceptabilité faible, sur la différence de comportement, il apparaît important de travailler l'acceptabilité en amont de l'arrivée de l'innovation, pour augmenter son niveau et réduire la différence de comportement à laquelle on peut s'attendre. A défaut, et si les niveaux d'acceptabilité restaient faibles, il pourrait être envisagé de modéliser cette différence de comportement pour les intégrer dans les algorithmes de décision des robots.

Il apparaît intéressant de confirmer ces résultats portant sur l'étude de l'intention comportementale d'interaction par l'étude du comportement d'interaction avec le véhicule automatisé, *via* des études de comportements observés sur la route. En effet, ces comportements peuvent être capturés par les logiciels et participer à une modélisation plus fine du comportement. D'autres facteurs, non explorés par le questionnaire qui est resté centré sur la relation humain/objet, semblent pouvoir être investigués, comme le critère environnemental du code de la route.

## CHAPITRE 6 EFFET DE L'ACCEPTABILITE DU VEHICULE AUTOMATISE SUR LE COMPORTEMENT D'INTERACTION AVEC LUI : ETUDE 3

L'étude 1 a montré que l'acceptabilité d'une innovation technologique non encore implémentée était mesurée par l'intention comportementale, sous la dépendance de cinq variables. Accepter une innovation est lié à l'intention de la personne d'utiliser le dispositif lorsqu'il sera disponible. Cette étude nous a permis de proposer un modèle de l'acceptabilité d'une innovation non implémentée et de construire un questionnaire d'acceptabilité que nous pouvons soumettre à des usagers du dispositif. Appliqué au cadre du véhicule automatisé, notre ambition est d'étudier l'effet de cette acceptabilité sur la prédiction du type de comportement d'interaction du conducteur de véhicule conventionnel avec le véhicule automatisé. Dans l'étude 2, à partir d'une mise en situation subjective suivie d'un questionnaire, nous avons notamment confirmé la pertinence de notre modèle d'acceptabilité et montré l'effet de l'acceptabilité envers le véhicule automatisé sur le type de comportement d'interaction que les participants imaginent adopter avec un véhicule automatisé comparé à celui qu'il pense avoir avec un véhicule conventionnel. Ainsi, les conducteurs à l'acceptabilité faible ont davantage l'intention de conduire différemment lors de leur interaction avec un véhicule automatisé comparé à leur interaction avec un véhicule conventionnel que les conducteurs à acceptabilité forte. Dans un 6<sup>ème</sup> chapitre, nous avons réalisé une étude sur simulateur de conduite (étude 3). Il s'agissait de vérifier si le comportement d'interaction avec le véhicule automatisé, et non plus la seule intention comportementale d'interaction, est prédite par l'acceptabilité du véhicule automatisé préalablement constituée. Sur le plan méthodologique, et pour s'inscrire dans l'évolution de la recherche sur les modèles de l'acceptance synthétisée par Atarodi et al. (2018), il paraît opportun de diversifier les méthodes de mesure du comportement au-delà de l'estimation auto-rapportée de l'intention comportementale en intégrant des données objectives de comportement. Ceci nous a permis notamment de passer de l'étude du processus d'acceptabilité, *via* ses déterminants, à celle du résultat de l'acceptabilité sur le comportement d'interaction avec la technologie. Au final, nous visions à confirmer si le comportement d'interaction avec un objet jugé comme acceptable est plus coopératif que le comportement d'interaction avec un objet considéré comme non acceptable.

Cette expérience sur simulateur de conduite a proposé des trajets en ville avec croisements, dans lesquels des conducteurs de véhicules conventionnels entraient en interaction avec un autre véhicule, automatisé ou conventionnel. Nous avons cherché à confirmer l'effet des variables précédentes sur le comportement réel de passer et la cinématique de la conduite observée, et mesuré l'effet de l'acceptabilité sur le type de comportement d'interaction. Nous avons évalué enfin l'effet de l'expérience de l'interaction sur le comportement, en mesurant l'évolution de l'acceptabilité avant/après l'expérience sur simulateur.

### 6.1. Des variables prédictives du comportement lors de l'interaction avec le véhicule automatisé

Les modèles de l'acceptance et les publications qui s'y réfèrent (méta-analyses de King & He, 2006; de Wu et al., 2011; de Arts et al. 2011) étudient essentiellement l'intention comportementale envers l'innovation technologique. La méta-analyse de Yousafzai et al. (2007) a montré que sur les articles sélectionnés et estimant la capacité du TAM à prédire un comportement envers une innovation technologique, 43% ne mesuraient pas l'usage et s'arrêtaient à l'estimation de l'intention d'usage; 47% mesuraient en même temps l'intention d'usage et l'usage. Ainsi, pour Yousafzai et al. (2007), 90% des études soit ne mesurent pas le lien entre l'intention comportementale et le comportement, soit mesurent les deux variables au même moment. Quand elle est étudiée, la capacité de l'intention comportementale à prédire le comportement réel est de  $\beta = .41$  (méta-analyses de Dwivedi et al., 2011 et celle de Legris, Ingham, & Collerette, 2003),  $\beta = .47$  (méta-analyse de Armitage & Conner, 2001),  $\beta = .55$  (méta-analyse de Schepers & Wetzels, 2007). La variabilité de cette relation fait l'objet de critiques de la part de ses détracteurs. Le lien entre intention comportementale et comportement est questionné selon plusieurs axes : les croyances de l'utilisateur en pré et post adoption sont différentes (méta-analyse de Yousafzai et al., 2007); l'acceptabilité ne prédit pas le comportement réel (Merat et al., 2017); la mesure de l'acceptabilité est inhérente à celle de l'usage (Bordel et al., 2014). Notre objectif est ici d'estimer si l'expérience d'interaction avec un véhicule automatisé modifie le jugement d'acceptabilité. Distler, Lallemand et Bellet (2018) ont testé l'acceptabilité a priori pour la comparer à l'acceptance après expérimentation d'un dispositif de mobilité autonome à la demande (*via* une application *smartphone*) : l'acceptabilité avant usage s'est dégradée après usage sur les variables de la performance attendue (-22 points sur 100), l'intention

comportementale (-11 points sur 100) et l'attitude envers le système (-7 points sur 100). A l'opposé, Frison, Aigner, Wintersberger et Riener (2018) ont testé l'expérience de conduite d'un véhicule automatisé sur simulateur, avant et après avoir estimé son acceptabilité : celle-ci est restée stable et à un niveau élevé entre les deux mesures, à condition que l'apprentissage soit facile, et que les conditions facilitatrices et la performance attendue soient efficaces. Notre étude 3 participe à répondre à l'estimation d'une évolution de l'acceptabilité avant/après l'expérience d'interaction et à en préciser le sens.

Concernant l'étude des variables socio cognitives qui expliquent le comportement d'interaction, nos études 1 et 2 ont montré que l'acceptabilité, la confiance et l'attitude sont liées à l'intention comportementale d'interaction. Cependant, si le modèle proposé permet d'établir un lien entre l'acceptabilité et l'intention comportementale d'interaction avec un véhicule automatisé, ce lien n'est pas aussi fort que celui que l'on pouvait attendre. Dans notre étude 2, une faible acceptabilité est associée à une intention comportementale différente face à un véhicule automatisé comparativement à un véhicule conventionnel. A contrario, une acceptabilité forte est associée à une absence de différence d'intention comportementale lors de l'interaction. Qu'en est-il de ces effets sur le comportement d'interaction effectif ? Cette dernière étude pourrait aussi apporter des réponses sur les facteurs susceptibles d'expliquer cette différence. Par exemple, la confiance, bien qu'absente des modèles de l'acceptance, s'est avérée être fortement corrélée à l'acceptabilité et être prédictrice de l'intention comportementale dans l'étude 2. La confiance semble particulièrement impacter l'efficacité, la performance attendue et être sensible aux dysfonctionnements de l'objet : la confiance se perd vite (Lees & See, 2007). Enfin, la confiance est sensible aux feedbacks et aux retours d'information, notamment après usage du dispositif (de Graaf et al., 2019). Quel rôle pourrait alors jouer les premières interactions avec le véhicule automatisé sur la confiance, dans la boucle de retour ? Comme la confiance, l'acceptabilité se construit dans une dynamique, qui s'étend depuis la période avant l'interaction, sous l'effet des représentations, jusqu'aux premiers contacts (Ekman, Johansson, & Sochor, 2016). Ainsi, étudier l'effet de l'expérience (ici, le comportement dans un même scénario dans des expériences successives) apparaît opportun. Sur un plan méthodologique, nous visons à explorer plus largement l'étude du comportement que par le seul recours aux informations auto-rapportées. Si la technique du questionnaire est indispensable en sciences humaines pour capturer l'intention comportementale, elle ne permet pas

de représenter le comportement réel d'interaction, sensible au processus qui vient de s'achever (Teh et al., 2014). Le recours au simulateur de conduite augmente les données permettant d'étudier le comportement humain dans un environnement particulier, ici la route, et dans des conditions de recherche satisfaisant nos exigences de validité. Au final, ce recueil de données objectives est principalement intéressant pour examiner les comportements d'interaction avec un véhicule automatisé et vérifier que ces comportements peuvent pour partie être prédits par une mesure de l'acceptabilité.

## 6.2. Objectifs et hypothèses opérationnelles

### 6.2.1. Objectifs de l'étude 3

Notre objectif est de montrer que le jugement d'acceptabilité à l'égard du véhicule automatisé, préalablement évalué sur la base du modèle élaboré dans l'étude 1 et confirmé dans l'étude 2, est prédicteur de la manière d'interagir avec un véhicule automatisé à un croisement en ville. D'autres facteurs testés dans l'étude 2 et dépendants de la relation objet/sujet (comme la confiance, l'anxiété technologique) et l'environnement (le degré de priorité, le code de la route) pourraient y participer également, ce que notre étude vise à confirmer. Cette différence est mesurée par des données de conduite objectives (vitesse, arrêt, accélération, collision, distance inter véhiculaire, passage en premier au croisement) et subjectives (questionnaire d'acceptabilité, entretiens).

### 6.2.2. Hypothèses opérationnelles

1. Hypothèse 1 : La différence de comportement d'interaction entre le véhicule automatisé et le véhicule conventionnel dépendra du degré d'automation. Plus précisément, on s'attend à ce que les conducteurs de véhicules conventionnels passent davantage, ralentissent moins et mettent moins de distance inter véhiculaire avec un véhicule automatisé qu'avec un véhicule conventionnel. Cet effet sera d'autant plus élevé que le degré de priorité est faiblement contraignant pour eux.
2. Hypothèse 2 : la différence de comportement d'interaction entre le véhicule automatisé et le véhicule conventionnel sera liée aux facteurs psychologiques comme l'acceptabilité, la confiance et l'anxiété technologique. Plus précisément, on s'attend à ce qu'une faible acceptabilité soit liée à une différence de comportement d'interaction avec le véhicule

automatisé par rapport à un véhicule conventionnel; l'inverse étant attendu lorsque l'acceptabilité est forte. On s'attend aussi à ce que d'une part, la confiance soit corrélée positivement avec les comportements d'interaction go, la vitesse, l'accélération, et négativement avec l'arrêt alors que l'inverse est attendu pour l'anxiété technologique – *i.e.*, une corrélation négative est attendue avec les comportements d'interaction go, la vitesse, l'accélération, et une corrélation positive avec l'arrêt.

3. Hypothèse 3 : L'acceptabilité du véhicule automatisé augmentera à la suite d'une première expérience d'interaction avec celui-ci.

### 6.3. Méthode

#### 6.3.1. Participants

54 participants ayant leur permis de conduire B depuis 3 ans au moins, 26 femmes, 28 hommes, âgés de 21 ans à 59 ans, et ayant un âge moyen de  $M = 37$  ans et 11 mois ( $\sigma = 9.9$ ), avec une vue correcte ou corrigée, ont participé à l'étude. L'ancienneté moyenne de permis  $M = 17$  ans et 6 mois ( $\sigma = 10.05$ ). Le 1<sup>er</sup> quartile est 8 ans d'ancienneté de permis, le 2<sup>ème</sup> quartile 14 ans, le 3<sup>ème</sup> quartile 25 ans. Six personnes n'ont pas achevé l'ensemble de la procédure, cinq pour cinétose (8%) et une pour questionnaire incomplet; leurs données n'ont pas été exploitées.

#### 6.3.2. Procédure et matériel

Cette étude comprend quatre phases.

La première phase est une phase pré-simulateur qui se déroule 48h avant le passage sur le simulateur de conduite. Les participants passent le questionnaire en ligne pour évaluer leur acceptabilité du véhicule automatisé. Le questionnaire d'acceptabilité est identique à celui réalisé dans l'étude 2. Pour mémoire, le questionnaire d'acceptabilité interrogeait les participants sur les variables d'attente de performance, la facilité d'usage attendue, le sentiment de contrôle, l'influence sociale, l'attitude, la confiance, l'anxiété technologique et l'intention comportementale. Les participants ont été informés des objectifs de l'étude au début de l'exercice : « Nous nous intéressons à la représentation que les personnes ont du véhicule automatisé. Dans ce cadre nous sollicitons votre collaboration. Pour cela vous devrez répondre le plus sincèrement possible à ce questionnaire entièrement anonyme. Il n'y a pas de

bonnes ni de mauvaises réponses; seule votre opinion nous intéresse ». Hormis les questions socio-démographiques (choix de la réponse dans un menu déroulant), les répondants se prononçaient sur une échelle de Likert s'étendant de 1 à 6, avec 1= « pas du tout d'accord » et 6= « tout à fait d'accord » aidés d'une consigne : « Pour chacune des affirmations qui suivent, vous devez cocher le chiffre qui correspond le plus à votre jugement en choisissant 1 si vous n'êtes « pas du tout d'accord » à 6 si vous êtes « tout à fait d'accord ». Les autres chiffres sont là pour vous permettre de nuancer votre jugement ». Les variables composant l'acceptabilité dans cette première phase obtiennent les valeurs résumées dans le tableau 16.

Tableau 16. Moyennes, écart-type et alpha de Cronbach des variables de l'acceptabilité (phase 1, pré-simulateur)

	N	M	$\sigma$	Alpha
Anxiété	54	2.23	1.02	.72
Confiance	54	3.83	1.33	.93
Attitude	54	4.78	1.07	.91
Influence sociale	54	4.03	1.02	.79
Contrôle	54	4.99	0.83	.78
Attente de performance	54	4.36	1.17	.89
Attente d'effort	54	4.92	0.77	.85
Intention comportementale	54	4.17	1.51	.96

Note. Les mesures sont sur une échelle de 1 (= pas du tout d'accord) à 6 (= tout à fait d'accord).

Les participants ont un score d'intention comportementale à l'égard du véhicule automatisé moyen de  $M = 4.17$  ( $\sigma = 1.51$ ) sur une échelle de 1 à 6. Le sentiment de contrôle est la variable qui obtient le score le plus élevé,  $M = 4.99$  ( $\sigma = 0.83$ ), tout comme dans l'étude 2. L'attente d'effort est  $M = 4.92$  ( $\sigma = 0.77$ ). L'attitude est  $M = 4.78$  ( $\sigma = 1.07$ ). Tous ces scores sont supérieurs à ceux obtenus par les mêmes variables dans l'étude 2.

La deuxième phase est dite phase de simulateur et été réalisée sur le simulateur de conduite de l'Institut Vedecom situé à Versailles (voir figure 24). Les participants, recrutés par l'agence spécialisée Made In Studio (Mis Group), ont reçu une compensation financière de 50€ par bon d'achat remis à la fin de la séance. Le simulateur utilisé, développé par Oktal, est un dispositif statique (*i.e.*, sans restitution haptique). Le logiciel associé, SCANer studio ©, intègre plusieurs modules : un module superviseur permet de lancer l'expérimentation sur simulateur depuis le poste de commande et de suivre son déroulé, des modules visuels (écrans) et sonores

(bruits de l'environnement), un module de gestion de trafic, un module d'exécution des scénarios programmés préalablement, un module d'enregistrement de données, et un module d'acquisition pour la transmission des informations dans le simulateur. Le dispositif projette sur quatre écrans de 32 pouces. Trois rétroviseurs complètent l'installation, un rétroviseur interne et deux rétroviseurs externes. Le poste de conduite est composé d'un siège réglable, d'un siège passager, d'un volant avec retour d'effort, d'un levier de clignotants, de trois pédales (accélération, frein, débrayage), d'un levier de vitesse et d'un tableau de bord. Le simulateur est contrôlé par un opérateur situé derrière le dispositif, séparé par une vitre. La pièce est close et climatisée à 21°, les vitres sont occultées par un film noir.



Figure 24. Vue du simulateur de conduite de Vedecom.

Le poste de conduite dispose d'une tablette de 10 pouces, située à droite du volant, informant de la position de la voiture sur son parcours. Les indications de direction sont données sur l'écran central, sous forme d'une flèche verte.

Après avoir signé les feuilles de consentement et de droit à l'image (voir annexes 5 et 6), le participant lit les consignes préparées sur une feuille A4 : « Vous avez pris place à bord du simulateur de conduite de Vedecom. Vous conduisez une voiture ordinaire, à boîte automatique. Vous n'aurez pas besoin d'utiliser les pédales d'embrayage et la boîte de vitesse, mais juste la pédale d'accélérateur, de freinage et le volant. Vous allez devoir suivre un parcours préparé en conduisant comme vous le feriez en situation réelle. Le trajet se déroule exclusivement en ville. Une flèche sur l'écran, de couleur verte, vous indique la direction que vous devez suivre. Lors de votre trajet, vous rencontrerez plusieurs types de véhicules : des voitures

ordinaires toutes de couleur blanche (celle que vous conduisez habituellement) et des véhicules automatisés de couleur bleue (avec un capteur rouge sur le toit). Un véhicule automatisé est un véhicule où le système réalise tout ou partie des tâches de conduite et de contrôle » (pour la consigne complète, voir l'annexe 7). L'expérimentateur vérifie que le participant a bien identifié la différence entre le véhicule automatisé (de couleur bleue avec des capteurs rouges sur le toit) et le véhicule conventionnel (blanc) en les interrogeant sur ce point. Le protocole commence par un parcours d'entraînement de 4 minutes, suivant le même circuit que le parcours expérimental, afin de se familiariser avec le simulateur de conduite et le trajet. Puis il réalise deux scénarios, fait une pause de cinq minutes à l'extérieur, et reprend deux scénarios. Les participants conduisent un véhicule conventionnel avec boîte de vitesse automatique. Le parcours à suivre se déroule en ville. Le trajet fait 2150 mètres. Dans chaque scénario, le participant doit suivre un itinéraire guidé par GPS. Chaque scénario confronte le participant à trois croisements où le participant doit tourner à gauche et n'a pas la priorité; il est soumis à trois degrés de priorité : une priorité à droite (AB1), un céder-le-passage (AB3a), un stop (AB4), identiques aux degrés de priorité de l'étude 2. En face de lui, arrive un autre véhicule, soit un véhicule automatisé, soit un véhicule conventionnel. L'ordre d'arrivée du véhicule est randomisé. Les deux scénarios sont :

- Scénario 1 : Le participant est dans un véhicule conventionnel, il tourne à gauche, il n'a pas priorité. Le croisement 1 correspond à un céder-le-passage avec interaction avec un véhicule automatisé (cf., figure 25).



Figure 25. Vue du scénario 1, croisement 1 céder-le-passage, interaction avec un véhicule automatisé.

Le croisement 2 est une situation sans signalisation particulière, avec une interaction avec un véhicule conventionnel (cf., figure 26).



Figure 26. Vue du scénario 1, croisement 2 priorité à droite, interaction avec un véhicule conventionnel.

Le croisement 3 est un stop, avec une interaction avec un véhicule automatisé (cf., figure 27).



Figure 27. Vue du scénario 1, au croisement 3 stop, interaction avec un véhicule automatisé.

- Scénario 2 : Le participant est dans un véhicule conventionnel, il tourne à gauche, il n'a pas priorité. Les croisements présentent le même ordre de degré de priorité que le scénario 1 (croisement 1 = céder-le-passage, croisement 2 = priorité à droite et croisement 3 = stop), mais le type de véhicule avec lequel le participant entre en interaction est inversé : interaction avec un véhicule conventionnel pour les croisements 1 et 3, et interaction avec un véhicule automatisé pour le croisement 2. Chaque scénario est réalisé deux fois. Le codage des scénarios a été sous-traité à la société Scale1-Portal. Le détail est en annexe 8.

La troisième phase est dite post-simulateur. Les participants repassent le questionnaire d'acceptabilité, identique au questionnaire d'acceptabilité de la phase pré-simulateur. Les variables composant l'acceptabilité dans cette troisième phase obtiennent les valeurs résumées dans le tableau 17.

Tableau 17. Moyennes, écart-types et alpha de Cronbach des variables de l'acceptabilité (phase 3, post-simulateur)

	N	M	$\sigma$	Alpha
Anxiété	54	2.04	1.11	.72
Confiance	54	4.35	1.31	.88
Attitude	54	4.57	1.13	.92
Influence sociale	54	4.13	0.88	.72
Contrôle	54	5.06	0.84	.85
Attente de performance	54	4.31	1.11	.89
Attente d'effort	54	4.00	0.00	.84
Intention comportementale	54	4.12	1.48	.95

*Note.* Les mesures sont sur une échelle de 1 (=pas du tout d'accord) à 6 (= tout à fait d'accord).

Les valeurs obtenues par les variables de l'acceptabilité montrent que l'attente d'effort est en  $M = 4.00$  ( $\sigma = 0$ ), l'intention comportementale à  $M = 4.12$  ( $\sigma = 1.48$ ) et l'influence sociale à  $M = 4.13$  ( $\sigma = 0.88$ ). Le sentiment de contrôle est à  $M = 5.06$  ( $\sigma = 0.84$ ). Les alphas de Cronbach sont satisfaisants.

La quatrième phase est la phase d'entretien semi-directif. Cette phase est conduite après le passage sur le simulateur de conduite. Il explore trois dimensions :

- Le ressenti, en comparant ce ressenti lors de l'interaction avec un véhicule automatisé à celui face à un véhicule conventionnel (ex. « Lors de la simulation, avez-vous le sentiment d'avoir agi différemment lorsque vous avez croisé un véhicule automatisé ou un véhicule ordinaire ? »).
- La perception des émotions (ex. « Dans la situation que vous venez de vivre, quelles émotions avez-vous ressenties : peur, joie, plaisir, excitation, colère, ... »).
- L'exploration des caractéristiques de conduite de l'autre véhicule (ex. « Pensez-vous avoir su évaluer la distance avec l'autre véhicule ? »).

Le guide d'entretien est annexé et présenté en annexe 9.

### 6.3.3. Traitement des données

#### 6.3.3.1. Traitement des données fournies par le simulateur

Plusieurs éléments ont été retenus pour coder les scénarios sur le simulateur de conduite. Le véhicule qui arrive en face est programmé pour arriver avec un décalage de 40m en arrière. Sa vitesse est la même que celui du participant, jusqu'à une distance de 130m après laquelle il roule à 50km/h. Pour la construction des croisements, les déclencheurs (zones rouges sur SCANer®) sont posés aux entrées et sorties du croisement. Ce sont ces déclencheurs qui permettent au script de détecter le passage du véhicule. Nous avons retenu les données de conduite d'interaction sur trois temps (Camara, Romano, Markkula, Madigan, Merat, & Fox, 2008) : le comportement d'approche du croisement (la vitesse et la distance inter véhiculaire), le comportement au croisement (l'arrêt) et le comportement de sortie du croisement (le passage en premier, l'accélération de sortie de croisement) (Cacciabue & Carsten, 2010; Teh et al., 2014). Pour chaque scénario, nous relevons les informations suivantes :

1. La vitesse et l'accélération avant le croisement sont calculées par la vitesse et l'accélération moyenne à 100 m avant le croisement. La donnée est disponible pour  $n = 47$ . Le choix des « 100 m » a été confirmé suite à un test sur 12 participants, sur les trois croisements; les 100 m correspondent à la distance moyenne à partir de laquelle le participant reconnaît l'autre véhicule (soit un véhicule automatisé, soit un véhicule conventionnel),  $M = 111$  mètres pour le croisement 1,  $M = 101$  m pour le croisement 2 et  $M = 125$  m pour le croisement 3.
2. L'arrêt total au croisement est noté 1= arrêt total enregistré, 0 = pas d'arrêt total enregistré. Un arrêt total correspond à l'enregistrement d'une vitesse à 0.000 km/h pendant au moins une seconde; un ralentissement à 0.1 km/h n'est pas un arrêt total.
3. Le temps d'arrêt au croisement est mesuré en seconde, si l'arrêt total est supérieur à une seconde (Larue et al., 2018).
4. La variable go / nogo représente le passage du participant en 1<sup>er</sup> au croisement. Si le participant passe en premier (go), cette variable est notée 1; s'il passe en second, la variable est notée 2.
5. L'accélération moyenne dans le croisement correspond à l'accélération moyenne du participant quand il redémarre. Le point de départ est la ligne d'entrée dans le croisement; le point de fin est la ligne de sortie du croisement.

6. La collision est codée 1 si les deux véhicules ont un contact, 0 dans le cas contraire.
7. Les indications de direction sont signalées par des flèches vertes sur l'écran central. Le GPS (par la flèche verte) change son instruction dès que la précédente a été réalisée. Donc après chaque intersection, il annonce ce qu'il faudra faire à la prochaine intersection, quelle que soit la distance qui sépare le véhicule du croisement.

Pour estimer l'effet des variables psychologiques (dont l'acceptabilité), environnementales (degré de priorité) et techniques (degré d'automatisation) sur l'intention comportementale d'interaction, nous avons travaillé sur la différence d'intention de passer au croisement lors de l'interaction avec d'une part le véhicule automatisé et d'autre part le véhicule conventionnel. Pour évaluer les différences de comportement, les étapes statistiques suivantes ont été mises en œuvre :

1. Les calculs des effets principaux du degré de priorité et du degré d'automatisation ainsi que l'effet d'interaction ont été réalisés par un modèle linéaire généralisé (MLG) sur SPSS v24.0.
2. Pour estimer l'effet des variables des études 1 et 2 (*i.e.*, l'acceptabilité plus des variables additionnelles que sont la confiance et l'anxiété technologique) sur la différence de comportement d'interaction avec le véhicule automatisé par rapport à l'interaction avec le véhicule conventionnel, une étude par régression linéaire est conduite. Pour chaque scénario, la variable dépendante est la différence de comportement. Les comportements de conduite sont : la vitesse moyenne (en kilomètres/heure) sur 100m avant le croisement, la distance inter véhiculaire avant le croisement (en mètres), l'observation ou non d'un arrêt total au croisement (noté 1 ou 0), le temps d'arrêt au croisement (en secondes), go/nogo (go = passage en premier du participant, au croisement; nogo = passage en second), et la vitesse de sortie de croisement (en kilomètres/heure).

### 6.3.3.2. Traitement des données des entretiens semi-directifs

Les données collectées lors des entretiens semi-directifs sont catégorisées suivant la grille de codage des entretiens fournie en annexe 10. Cette catégorisation respecte les qualités d'exhaustivité (toutes les données sont catégorisées), d'exclusivité (les catégories sont distinctes), d'objectivité (les caractéristiques de la catégorie sont assez claires) et de pertinence (lien avec les objectifs de la recherche). Les mots cités (unité d'information), sont inventoriés en groupement logico-sémantique à une unité signifiante, qui elle-même appartient à une sous-catégorie qui elle est rattachée à une catégorie. Chaque entretien est d'abord retranscrit intégralement. Les textes sont préparés, conformément aux usages : les indications sur le ton, les mots insistés, les silences ou les comportements sont reportés entre parenthèse. Les mots incomplets, les fautes d'expression ou les ambiguïtés sont corrigées. Par exemple, le terme « voiture automatique » représentant une « voiture avec une boîte de vitesse automatique » était retranscrite en « voiture avec boîte de vitesse non manuelle » fin de ne pas être comptabilisé dans la catégorie « véhicule automatique ». Puis nous avons réalisé une catégorisation du contenu à partir d'un premier inventaire permettant d'isoler les éléments et d'une classification des items (annexe 10) en catégories, sous-catégories et unités d'information signifiante. Ces dernières sont comptées en nombre d'apparition par entretien. Une première analyse des entretiens nous a permis de mesurer l'importance d'un mot en nombre d'occurrences. Le contenu des entretiens est utilisé sous forme d'illustration des arguments et présenté sous forme de verbatim.

## 6.4. Résultats

### 6.4.1. Statistiques descriptives

Les résultats de la première phase montrent que les corrélations entre les variables psychologiques, dont celles de l'acceptabilité, sont significatives pour presque toutes les relations bi-variées (voir tableau 18).

Tableau 18. Corrélations entre les variables psychologiques

	1	2	3	4	5	6	7	8
1-Attitude	1							
2- Confiance	.71**	1						
3- Attente de performance	.78**	.83**	1					
4- Attente d'effort	.52**	.32*	.45**	1				
5- Contrôle	.52**	.38**	.53*	.85**	1			
6- Influence sociale	.54**	.53**	.60**	.30*	.23	1		
7- Anxiété	-.09	-.26	-.22	-.31*	-.28*	-.01	1	
8- Intention comportementale	.75**	.65**	.56**	.33*	.36**	.52**	.07	1

Notes. \* $p < .05$ ; \*\* $p < .01$

Les variables psychologiques de l'acceptabilité sont moyennement à fortement corrélées entre elles, sauf pour l'anxiété technologique. Les corrélations sont fortes entre la confiance et l'attente de performance,  $r = .83$ ; l'attitude et l'attente de performance,  $r = .78$ ; ou l'attitude et l'intention comportementale,  $r = .75$ . Les valeurs sont moyennes et significatives entre l'attente d'effort et la confiance,  $r = .32$ , l'attente d'effort et l'anxiété,  $r = -.31$ , ou l'attente d'effort et l'influence sociale,  $r = .30$ . L'anxiété n'est pas corrélée significativement avec quatre variables sur sept : attitude, confiance, attente de performance et influence sociale. L'anxiété technologique est négativement corrélée avec le sentiment de contrôle,  $r = -.28$ .

Les données de conduite, représentant les résultats descriptifs de la phase 2 sur simulateur, sont présentées dans le tableau 19. Les données relatives aux collisions ont été retirées, aucune collision n'ayant été enregistrée.

Tableau 19. Moyennes et écart-types des données de conduite, par scénario

		Priorité à droite			Céder-le-passage		Stop	
		N	M	$\sigma$	M	$\sigma$	M	$\sigma$
Vitesse avant le croisement (km/h)								
	VA	48	36.40	5.84	28.62	6.71	22.14	6.34
	VC	48	37.40	7.12	28.12	6.56	21.44	6.14
Distance inter véhiculaire avant le croisement (m)								
	VA	54	104.34	5.05	22.01	16.28	40.12	14.14
	VC	54	97.44	5.61	22.91	22.69	32.56	18.27
Arrêt (1 = oui, 0 = non)								
	VA	54	0.259	0.347	0.22	0.33	0.70	0.34
	VC	54	0.213	0.316	0.16	0.29	0.70	0.34
Temps d'arrêt (sec)								
	VA	54	0.58	1.04	0.37	0.69	1.44	1.16
	VC	54	0.56	1.06	0.25	0.53	1.76	2.15
Go / nogo (1 = go; 2 = nogo)								
	VA	54	1.73	0.41	1.96	0.16	2	2
	VC	54	1.75	0.37	1.98	0.13	2	2
Accélération de sortie du croisement (km/h)								
	VA	54	0.22	0.31	0.44	0.52	0.49	0.31
	VC	54	0.24	0.27	0.46	0.49	0.56	0.31

En moyenne, la vitesse avant le croisement diminue avec l'augmentation de la contrainte liée au degré de priorité. Les conducteurs s'arrêtent plus  $M = 0.70$  ( $\sigma = 0.34$  pour le VA comme le VC), plus longtemps  $M = 1.44$  sec ( $\sigma = 1.16$ ) pour le VA et accélèrent plus en sortant du croisement  $M = 0.49$  km/h ( $\sigma = 0.31$ ) pour le VA avec un stop, qu'avec un céder le passage (respectivement  $M = 0.26$ ,  $M = 0.58$  sec et  $M = 0.22$  km/h). Les mêmes tendances sont observées lors de l'interaction avec un VC. Aucun participant ne passe en premier lors d'une interaction à un stop, quel que soit le véhicule qui arrive, alors que 12% des conducteurs passent en premier au croisement lorsque le degré de priorité est le moins contraignant pour eux (c'est-à-dire une simple priorité à droite), que ce soit lors de l'interaction avec un VA ou avec un VC. Les différences des données de conduite entre l'interaction avec un véhicule automatisé et l'interaction avec un véhicule conventionnel sont présentées dans le tableau 20.

Tableau 20. Moyennes et écart-types des différences des données de conduite, par scénario

	M	SD	Intervalle de confiance de la différence à 95 %		t	ddl	Sig. (bilat.)
			Inf.	Sup.			
<b>Priorité à droite</b>							
Vitesse avant le croisement (km/h)	-1	5.26	-2.53	0.52	-1.32	47	.19
Distance inter véhiculaire avant le croisement (m)	6.91*	3.22	6.03	7.78	15.77	53	.00
Arrêt (1 oui, 0 non)	0.05	0.34	-0.05	0.14	1.00	53	.32
Temps d'arrêt (sec)	-0.6*	1.69	-1.01	-0.09	-2.40	53	.02
Go / nogo (1 = go; 2 = nogo)	-0.02	0.27	-0.09	0.06	-0.50	53	.62
Accélération de sortie (km/h)	0.02	0.32	-0.10	0.07	-0.35	53	.73
<b>Céder-le-passage</b>							
Vitesse avant le croisement (km/h)	0.5	4.34	-0.76	1.76	0.80	47	.43
Distance inter véhiculaire avant le croisement (m)	-0.9	21.80	-6.86	5.04	-0.31	53	.76
Arrêt (1 oui, 0 non)	0.06	0.29	-0.01	0.14	1.63	53	.11
Temps d'arrêt (sec)	0.12	0.56	-0.03	0.28	1.63	53	.11
Go / nogo (1 = go; 2 = nogo)	-0.02	0.10	-0.04	0.01	-1.43	53	.16
Accélération de sortie (km/h)	-0.02	0.44	-0.14	0.10	-0.30	53	.77
<b>Stop</b>							
Vitesse avant le croisement (km/h)	0.7*	1.76	0.19	1.21	2.75	47	.01
Distance inter véhiculaire avant le croisement (m)	8.21*	12.20	4.88	11.54	4.95	53	.001
Arrêt (1 oui, 0 non)	0	0.35	-0.10	0.10	0.00	53	1.00
Temps d'arrêt (sec)	-0.3	1.98	-0.86	0.22	-1.18	53	.24
Go / nogo (1 = go; 2 = nogo)	0						
Accélération de sortie (km/h)	-0.07*	0.23	-0.13	-0.004	-2.15	53	.04

*Note.* La moyenne des écarts se lit dans le sens VA-VC : par exemple, une vitesse moyenne de -1 représente une vitesse moyenne lors de l'interaction avec le VA inférieure de 1 km/heure par rapport à la vitesse moyenne lors de l'interaction avec le VC.

La différence de comportement de conduite d'interaction entre le véhicule automatisé et le véhicule conventionnel est significative dans la condition *stop* pour les données vitesse avant le croisement, distance inter véhiculaire - dans le sens où les conducteurs mettent plus de distance avec le VA,  $M = 8.21$  m - et accélération de sortie - dans le sens où les conducteurs accélèrent moins vite en sortie du croisement avec le VA,  $M = -0.07$  km/h. Dans la condition *priorité à droite*, la différence de comportement de conduite entre le VA et le VC est significative pour la variable distance inter véhiculaire - dans le sens où les conducteurs laissent plus de distance avec le VA que le VC,  $M = 6.91$  m - et temps d'arrêt - dans le sens où ils restent

moins longtemps arrêtés lors de l'interaction avec le VA par rapport à l'interaction avec le VC, avec  $M = -0.6$  sec. la condition *céder-le-passage*, les différences de comportement de conduite ne sont pas significatives. Au final, quand les différences de comportement de conduite sont significatives, elles montrent un comportement de type réserve lors de l'interaction avec le véhicule automatisé, en comparaison au comportement avec le véhicule conventionnel.

6.4.2. Résultat hypothèse 1 : la différence de comportement d'interaction entre le véhicule automatisé et le véhicule conventionnel dépendra du degré d'automatisation. Plus précisément, on s'attend à ce que les conducteurs de véhicules conventionnels passent davantage, ralentissent moins et mettent moins de distance inter véhiculaire avec un véhicule automatisé qu'avec un véhicule conventionnel. Cet effet sera d'autant plus élevé que le degré de priorité est faiblement contraignant pour eux.

Les données de comportement d'interaction du conducteur de véhicule conventionnel lors de son interaction soit avec un autre véhicule conventionnel soit un véhicule automatisé sont représentées dans la figure 28. Elles portent sur la vitesse avant et après le croisement, la distance inter véhiculaire avant le croisement, l'arrêt total dans le croisement, le temps d'arrêt au croisement et l'accélération de sortie du croisement. Les données de collision ne sont pas reportées, car aucune collision n'a été enregistrée.

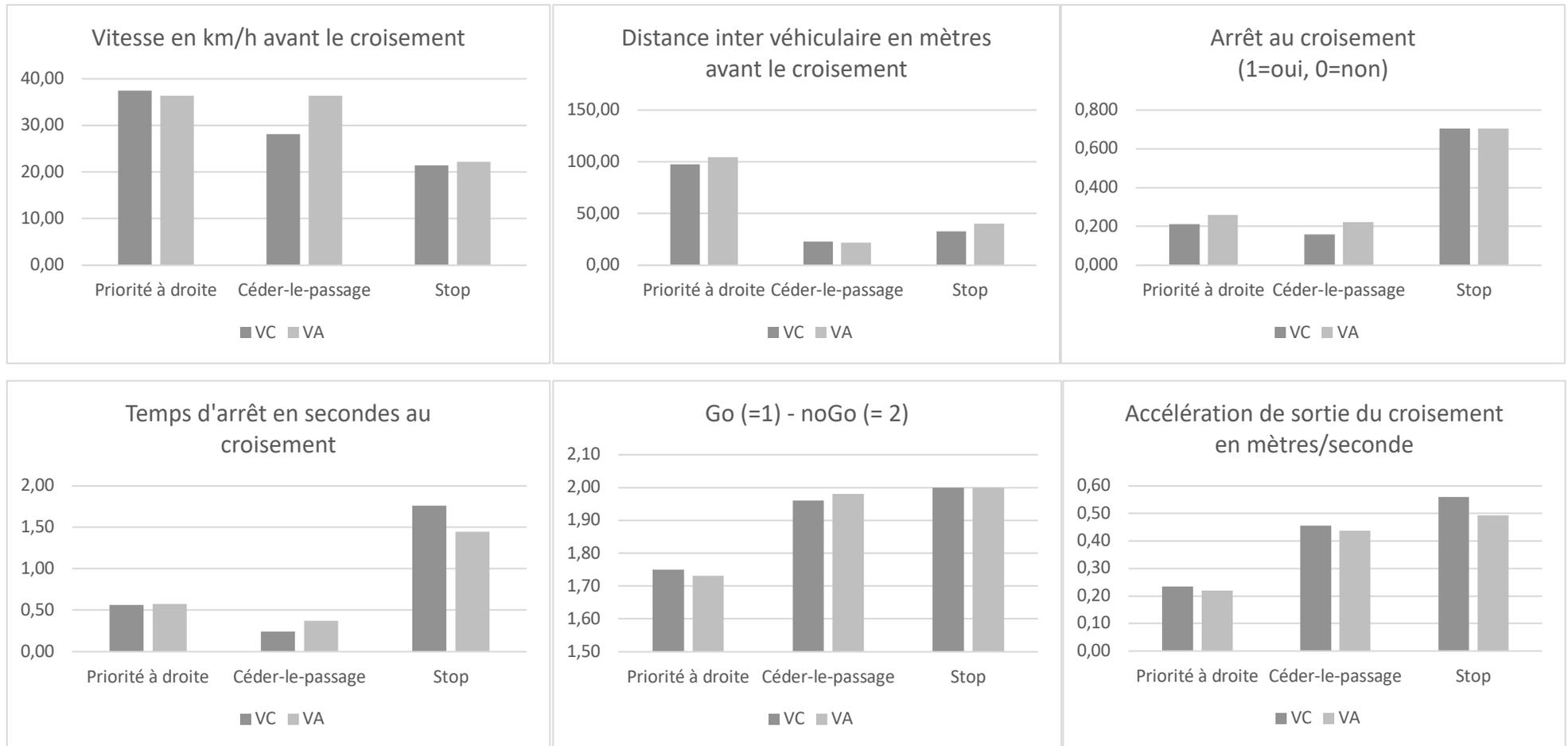


Figure 28. Données descriptives de conduite d'interaction du conducteur de véhicule conventionnel, par degré d'automatisation et de priorité

Notes. VA = véhicule automatisé; VC = véhicule conventionnel

Les données d'arrêt, temps d'arrêt et accélération de sortie montrent une cohérence des résultats entre eux par scénario de priorité : au *stop*, les conducteurs s'arrêtent complètement au moins une seconde dans 70% des cas, que ce soit en interaction avec un VA ou un VC, contre 21% à la *priorité à droite* en interaction avec un VA et 26% en interaction avec un VC. Le temps d'arrêt en interaction avec un VC est de  $M = 1.76$  sec au *stop*, contre  $M = 0.56$  sec à la *priorité à droite*. En interaction avec un VA, ces temps d'arrêt sont respectivement de  $M = 1.44$  sec et  $M = 0.58$  sec. L'accélération de sortie est de  $M = 0.56$  m/s en interaction avec un VC au *stop* ( $M = 0.49$  m/s avec un VA) contre  $M = 0.24$  m/s pour le croisement *priorité à droite* en interaction avec un VC ( $M = 0.22$  m/s pour l'interaction avec le VA). La donnée distance inter véhiculaire est supérieure dans le scénario *priorité à droite* par rapport aux autres scénarios. La raison est liée au design de ce carrefour : le croisement offre une grande visibilité au conducteur, sans obstacle, ce qui a peut-être participé à induire un comportement différent.

Une étude de la corrélation des variables de conduite de type continu entre elles confirme le dessin de type de comportement de conduite (voir tableau 21).

Tableau 21. Corrélations des variables de conduite entre elles (variables continues), par scénario

	Priorité à droite					Céder-le-passage					Stop			
	1	2	3	4		1	2	3	4		1	2	3	4
Interaction avec un véhicule automatisé														
1- Vitesse avant le croisement	1					1					1			
2- Distance inter véhiculaire avant le croisement	.45**	1				.84**	1				-.31*	1		
3- Temps d'arrêt au croisement	.36*	.13	1			-.17	-.27*	1			-.10	.63**	1	
4- Accélération sortie de croisement	-.33*	-.33*	-.27*	1		-.44**	-.42**	.10	1		.18	-.42**	-.06	1
Interaction avec un véhicule conventionnel														
1- Vitesse avant le croisement	1					1					1			
2- Distance inter véhiculaire avant le croisement	.54**	1				.54**	1				-.31*	1		
3- Temps d'arrêt au croisement	.34*	.16	1			-.14	-.04	1			-.20	.25	1	
4- Accélération sortie de croisement	-.27	-.21	-.16	1		-.29*	-.13	.06	1		.28	-.32*	-.18	1

Dans le scénario *priorité à droite*, la vitesse avant le croisement est positivement corrélée avec la distance inter véhiculaire ( $r = .45$  pour l'interaction avec le VA, et  $r = .54$  pour l'interaction avec le VC) : ce résultat est à mettre en perspective du design du croisement déjà signalé plus haut. Ce design offre un dégagement important au conducteur; par ailleurs le conducteur voit arriver tardivement son interactant (VA ou VC), laissant au conducteur l'occasion de rouler vite. L'accélération de sortie de croisement est négativement corrélée avec la vitesse avant le croisement, la distance inter véhiculaire et le temps d'arrêt dans les scénarios *priorité à droite* et *céder-le-passage* : au plus les conducteurs vont vite, au moins ils s'arrêtent et donc au moins ils ont à accélérer pour sortir du croisement. Au *stop*, la vitesse avant croisement est négativement corrélée avec la distance inter véhiculaire, faisant apparaître qu'au plus le conducteur arrive vite au stop, où 100% des conducteurs s'arrêtent, au plus la distance entre les deux véhicules est faible. Au *stop*, les corrélations significatives entre les variables de conduite sont moins nombreuses, la vitesse avant n'étant pas corrélée avec le temps d'arrêt ou l'accélération de sortie; le temps d'arrêt au *stop* n'étant pas corrélé avec l'accélération de sortie. Le degré de priorité influence donc le type de comportement de conduite : quand le degré de priorité est fortement contraignant pour le conducteur, les variables de conduites montrent moins de type de comportement que lorsque le degré de priorité est moins contraignant.

L'étude de l'effet de l'interaction entre le degré de priorité et d'automatisation par modèle linéaire généralisé présentée dans le tableau 22 montre que pour les six données de comportement d'interaction retenues, toutes montrent un effet principal de la priorité, une seule montre un effet principal du degré d'automatisation (la distance inter véhiculaire), et la même montre un effet d'interaction entre le degré de priorité et le degré d'automatisation. Nous devons suggérer que le biais soulevé plus tôt participe à ce résultat.

Tableau 22. ANOVAs des différences des variables de conduite en fonction des degrés d'automatisme et degrés de priorité

		F	ddl	sign.	éta carré partiel
Vitesse avant	degré d'automatisme	0.04	1	.84	.001
	degré de priorité	73.44*	2	.001	.85
	interaction automatisme*priorité	2.48	2	.12	.09
Distance inter véhiculaire	degré d'automatisme	15.86*	1	.001	.23
	degré de priorité	1413*	2	.001	.98
	interaction automatisme*priorité	4.00*	2	.02	.13
Arrêt	degré d'automatisme	1.98	1	.17	.04
	degré de priorité	52.71*	2	.001	.67
	interaction automatisme*priorité	0.51	2	.60	.02
Temps d'arrêt	degré d'automatisme	0.291	2	.59	.01
	degré de priorité	27.55*	2	.001	.51
	interaction automatisme*priorité	1.5	2	.23	.05
Go nogo	degré d'automatisme	0.89	1	.35	.02
	degré de priorité	13.35*	2	.001	.34
	interaction automatisme*priorité	1.13	2	.33	.04
Accélération de sortie	degré d'automatisme	2.44	1	.12	.04
	degré de priorité	31.04*	2	.001	.54
	interaction automatisme*priorité	0.57	2	.57	.02

Une série de modèles linéaires généraux, et donc d'ANOVAs, est réalisée pour chaque variable de conduite. Elles ont montré que l'effet du degré de priorité est significatif dans toutes les conditions. Ainsi, la vitesse avant le croisement est significativement supérieure lorsque le conducteur est soumis à une simple *priorité à droite*,  $M = 36.90$  km/h ( $\sigma = 6.48$ ) comparativement à lorsqu'il arrive à un croisement avec un *stop*,  $M = 21.79$  km/h ( $\sigma = 3.28$ ). L'effet d'interaction du degré d'automatisme et du degré de priorité n'est pas significatif pour les données de conduite, sauf pour la distance inter véhiculaire,  $F(2, 52) = 4.00$ . Pour cette dernière variable au *stop*, la distance inter véhiculaire est de  $M = 40.77$  m ( $\sigma = 20.4$ ) en interaction avec un VA et  $M = 32.52$  m ( $\sigma = 16.4$ ) en interaction avec un VC; elle est de  $M = 104.34$  m ( $\sigma = 5.2$ ) lors de l'interaction avec le VA avec une simple *priorité à droite*, et  $M = 97.34$  m ( $\sigma = 5.6$ ). Ainsi, l'hypothèse n'est que partiellement confirmée : quand l'interaction entre le degré d'automatisme et le degré de priorité est significative, le type de comportement de conduite est en retrait par rapport au véhicule automatisé, c'est-à-dire que les conducteurs laissent davantage de distance face au véhicule automatisé qu'au véhicule conventionnel, d'autant plus qu'ils sont

Thèse Géraldine VAN DER BEKEN – Rôle de l'acceptabilité dans l'interaction entre un véhicule conventionnel et un véhicule automatisé (2020)

soumis à un degré de priorité contraignant pour eux (un *stop* par rapport à la *priorité à droite*). Le biais identifié engage à poursuivre les études pour vérifier ce résultat. L'analyse des entretiens semi-directifs confirme l'effet significatif du degré de priorité, mais pas de celui du degré d'automatisation. Cette analyse montre que la décision de s'arrêter, et donc de ralentir, est portée par le degré de priorité : 39 participants sur 54 expliquent leur décision de passer sur le respect du code de la route. Pour illustrer, le participant 24 (homme, 54 ans) à la question « seriez-vous passé en premier dans la situation où vous êtes prioritaire et un véhicule automatisé arrive sur votre droite ? » a répondu : « Oui. Je pense que j'aurai respecté le code de la route, alors bien évidemment en faisant attention qu'il freine et qu'il me laisse le passage ». Les entretiens n'ont pas fait émerger de différence de comportement selon le degré d'automatisation.

6.4.3. Résultats hypothèse 2 : la différence de comportement d'interaction entre le véhicule automatisé et le véhicule conventionnel sera liée aux facteurs psychologiques comme l'acceptabilité, la confiance et l'anxiété technologique. Plus précisément, on s'attend à ce qu'une faible acceptabilité soit liée à une différence de comportement d'interaction avec le véhicule automatisé par rapport à un véhicule conventionnel; l'inverse étant attendu lorsque l'acceptabilité est forte. On s'attend aussi à ce que d'une part, la confiance soit corrélée positivement avec les comportements d'interaction *go*, la vitesse, l'accélération, et négativement avec l'arrêt alors que l'inverse est attendu pour l'anxiété technologique – *i.e.*, une corrélation négative est attendue avec les comportements d'interaction *go*, la vitesse, l'accélération, et une corrélation positive avec l'arrêt.

Le score de la confiance envers le véhicule automatisé est de  $M = 3.83$  ( $\sigma = 1.32$ ), soit 64%. Le score de l'intention comportementale (questionnaire d'acceptabilité) est de  $M = 4.17$ , ( $\sigma = 1.51$ ) ce qui correspond à un score de 70% pour une interaction en ville. Le score de l'attitude est de  $M = 4.78$  ( $\sigma = 1.07$ ), soit 80%. Il est de près de 20 points supérieur à la moyenne des scores d'acceptabilité évalués dans les publications (Cox, 2018). Pour comparaison, les données de projet Autoconduct, conduit chez Vedecom en 2018, aboutissait à un score d'acceptabilité 54% en ville. Dans notre échantillon, 11% des personnes interrogées ont un score d'intention comportementale faible, inférieur ou égal à 2 sur l'échelle de 1 à 6 (soit 33%). 63% des participants ont un score d'intention comportementale fort, supérieur ou égal à 4 sur 6

(soit 66%). Nos participants ont un score d'acceptabilité élevé par rapport à la population générale.

L'étude de la relation entre la différence de comportement d'interaction sur la route et les variables psychologiques (cf., tableaux 23 pour les variables dépendantes continues et le tableau 24 pour les variables dépendantes dichotomiques) n'apporte pas de résultats significatifs.

Tableau 23. Corrélations entre les différences des variables de conduite (variables continues) et l'acceptabilité, la confiance et l'anxiété, par scénario

	Vitesse avant	Distance Inter véhiculaire	Temps d'arrêt	Accélération de sortie
<b>Priorité à droite</b>				
Intention comportementale	-.07	-.03	-.04	.00
Attitude	-.10	.00	-.24	.07
Attente de performance	-.02	-.09	-.09	.05
Attente d'effort	-.05	-.01	-.05	.12
Contrôle	-.03	.03	.04	.04
Influence sociale	-.01	-.10	-.27	.03
Confiance	-.03	-.03	-.16	.03
Anxiété technologique	-.04	-.01	.06	-.07
<b>Céder-le-passage</b>				
	Vitesse avant	Distance Inter véhiculaire	Temps d'arrêt	Accélération de sortie
Intention comportementale	-.10	.13	-.07	.12
Attitude	.04	.24	.03	.05
Attente de performance	.25	-.19	-.05	-.02
Attente d'effort	-.13	.02	-.09	.16
Contrôle	-.08	.10	-.05	.10
Influence sociale	.16	.25	-.12	.04
Confiance	-.16	.17	-.12	.17
Anxiété technologique	.30*	-.11	.03	-.13
<b>Stop</b>				
	Vitesse avant	Distance Inter véhiculaire	Temps d'arrêt	Accélération de sortie
Intention comportementale	-.23	.06	.01	-.11
Attitude	-.08	-.08	.17	-.19
Attente de performance	-.08	-.19	.16	-.19
Attente d'effort	.13	-.15	.22	-.04
Contrôle	.09	-.24	.13	.00
Influence sociale	-.04	-.17	-.04	-.05
Confiance	-.18	-.11	.12	-.17
Anxiété technologique	-.09	-.02	.00	.08

Note. \*p<.05

Tableau 24. ANOVAs des différences des variables de conduite (variables dichotomiques) en fonction des variables de l'acceptabilité, la confiance et l'anxiété, par scénario

	Priorité à droite					
	Arrêt total (1 = oui, 0 = non)			Go (=1) nogo (=2)		
	ddl	F	Sig.	ddl	F	Sig.
Intention comportementale	15/53	0.97	.50	15/53	0.91	.57
Attitude	12/53	0.51	.90	12/53	1.01	.46
Attente de performance	16/53	0.68	.79	16/53	0.92	.55
Attente d'effort	11/53	0.86	.59	11/53	0.99	.47
Contrôle	9/44	1.26	.29	9/44	0.83	.59
Influence sociale	15/53	0.53	.91	15/53	0.49	.93
Confiance	22/53	1.43	.18	22/53	0.90	.59
Anxiété technologique	10/53	2.04*	.05	10/53	1.15	.35

	Céder-le passage					
	Arrêt total (1 = oui, 0 = non)			Go (=1) nogo (=2)		
	ddl	F	Sig.	ddl	F	Sig.
Intention comportementale	15/53	0.80	.67	15/53	0.91	.56
Attitude	12/53	0.33	.98	12/53	0.38	.96
Attente de performance	16/53	0.70	.78	16/53	2.88*	.001
Attente d'effort	11/53	0.55	.86	11/53	0.91	.54
Contrôle	9/44	0.34	.96	9/44	1.39	.22
Influence sociale	15/53	0.78	.70	15/53	0.67	.80
Confiance	22/53	1.36	.21	22/53	0.40	.99
Anxiété technologique	10/53	0.43	.92	10/53	0.55	.85

	Stop		
	Arrêt total (1 = oui, 0 = non)		
	ddl	F	Sig.
Intention comportementale	15/53	0.84	.63
Attitude	12/53	1.01	.46
Attente de performance	16/53	0.96	.52
Attente d'effort	11/53	1.43	.20
Contrôle	9/44	1.90	.08
Influence sociale	15/53	0.77	.70
Confiance	22/53	1.08	.41
Anxiété technologique	10/53	3.65*	.001

Note. Au stop, aucun conducteur ne passe en premier, que ce soit en interaction avec un VA ou avec un VC; il n'y a donc pas de différence de comportement pour la variable *Go/nogo*.

La différence de comportement de conduite n'est pas liée significativement avec les variables de l'acceptabilité ou avec la confiance. Seule l'anxiété technologique est liée avec la *vitesse avant le croisement*,  $r = .30$ ,  $p < .001$  dans le scénario *céder-le-passage* et avec l'*arrêt total* dans les scénarios *priorité à droite*,  $F(10, 53) = 2.04$  et *stop* ( $F(10, 53) = 3.65$ ).

L'étude de l'interaction entre le degré de priorité et le degré d'automatisation (hypothèse 1) ayant montré un effet pour la variable *distance inter véhiculaire*, nous avons centré notre analyse de régression sur cette variable de conduite (cf., tableau 25).

Tableau 25. Analyse de régression, modalité *différence de distance inter véhiculaire*

	Priorité à droite					
	Bêta	t	Sig.	ddl	Δ F	Sig. Δ F
				3/50	0.023	.99
(Constante)		3.76	0			
Intention comportementale	-.02	-0.1	.92			
Confiance	-.02	-0.1	.92			
Anxiété technologique	-.01	-0.08	.94			
R <sup>2</sup>	.01					
R <sup>2</sup> ajusté	-.06					
	Céder-le-passage					
	Bêta	t	Sig.	ddl	Δ F	Sig. Δ F
				3/50	0.10	.96
(Constante)		-0.05	.96			
Intention comportementale	-.06	0.32	.75			
Confiance	.10	0.51	.61			
Anxiété technologique	.00	0.01	.99			
R <sup>2</sup>	.01					
R <sup>2</sup> ajusté	-.05					
	Stop					
	Bêta	t	Sig.	ddl	Δ F	Sig. Δ F
				3/50	2.86	.05
(Constante)		-1.19	.24			
Intention comportementale	-.50	-2.74	.01			
Confiance	.49	2.60	.01			
Anxiété technologique	.20	1.39	.17			
R <sup>2</sup>	.15					
R <sup>2</sup> ajusté	.10					

Ces analyses montrent que dans le scénario *priorité à droite* et *céder-le-passage*, les variables de notre modèle ne prédisent pas la variance de la différence de comportement d'interaction. En revanche, pour la condition *stop*, le modèle est significatif, les variables psychologiques proposées, dont l'acceptabilité, prédisant 10% de la différence de comportement d'interaction entre le véhicule automatisé et le véhicule conventionnel.

6.4.4. Résultats hypothèse 3 : l'acceptabilité du véhicule automatisé augmentera à la suite d'une première expérience d'interaction avec celui-ci.

L'évolution des variables de l'acceptabilité avant et après l'expérience d'interaction (cf., tableau 26) montre que seule la variable attente d'effort évolue significativement.

Tableau 26. Différence des variables de l'acceptabilité avant/après l'expérience d'interaction avec le véhicule automatisé

	Différences appariées				t	ddl	Sig. (bilat.)	
	M de la diffé- rence Q1-Q2	Écart type	M erreur stand- ard	IC de la différence à 95 %				
				Inférieur				Supéri- eur
Attitude	0.21	0.94	0.13	-0.05	0.46	1.63	53	.11
Confiance	-0.07	0.77	0.11	-0.28	0.14	-0.63	53	.53
Attente de performance	0.04	0.87	0.12	-0.20	0.28	0.35	53	.73
Attente d'effort	0.92*	0.77	0.10	0.71	1.13	8.84	53	.001
Influence sociale	-0.10	0.61	0.08	-0.26	0.07	-1.17	53	.25
Anxiété technologique	0.19	0.88	0.12	-0.05	0.42	1.55	53	.13
Intention comportementale	0.05	0.98	0.13	-0.22	0.31	0.33	53	.75

Notes. Q1 = questionnaire d'acceptabilité 1 passé avant l'expérience sur simulateur; Q2 = questionnaire d'acceptabilité 2 passé après.

Avant le passage sur simulateur, l'intention comportementale à l'égard du véhicule automatisé était de  $M = 4.17$  ( $\sigma = 1.50$ ). Après l'expérience d'interaction sur le simulateur, cette moyenne était de  $M = 4.12$  ( $\sigma = 1.48$ ). Un test t de comparaison de moyennes montre que la différence n'est pas significative,  $t(53) = 0.33$ . Concernant l'évolution des autres variables du modèle de l'acceptabilité, les résultats sont similaires, à savoir leur évolution n'est pas significative entre avant et après l'expérience sur simulateur de conduite, sauf pour une variable, l'attente d'effort. Le questionnaire d'acceptabilité passé avant l'expérience d'interaction montre un score d'attente d'effort de  $M = 4.92$  sur une échelle de 1 à 6, et de  $M = 4.00$  après : les conducteurs estiment que l'effort demandé pour utiliser le véhicule automatisé est finalement plus important après une première expérience, que la représentation qu'ils en avaient avant.

## 6.5. Discussion

Notre objectif était de montrer l'effet de l'acceptabilité, préalablement constituée, sur la manière d'interagir avec un véhicule automatisé dans une situation de croisement, par une expérimentation sur simulateur de conduite. Le conducteur de véhicule conventionnel sera plus prêt à collaborer sur la route dans une interaction avec véhicule automatisé, s'il a préalablement construit un jugement d'acceptabilité favorable. La collaboration positive avec le véhicule automatisé est représentée par un comportement d'interaction identique entre le véhicule automatisé et le véhicule conventionnel.

### 6.5.1. Un modèle de l'acceptabilité confirmé

L'étude de l'acceptabilité montre que l'intention comportementale et l'attitude sont fortement corrélées,  $r = .75$ . Le lien entre l'intention comportementale et la confiance est aussi cohérent par rapport à nos précédents résultats avec une corrélation de  $r = .71^{30}$ . Si l'on étudie plus précisément l'estimation de l'acceptabilité dans l'étude 3, nous pouvons souligner que l'intention comportementale envers le véhicule automatisé des participants est de 70%, soit près de 15 points au-dessus des scores d'acceptabilité rapportés dans les publications (étude Cox, 2018). Aucun participant n'a de faible acceptabilité. Comme montré dans l'étude 1, le score d'acceptabilité est mesuré par l'intention comportementale à l'égard du véhicule automatisé, sous l'effet des déterminants identifiés : nous pouvons donc dire que nos participants ont une forte intention d'utiliser le véhicule automatisé s'il venait à exister un jour. Notre expérimentation sur simulateur confirme aussi que ce niveau d'intention comportementale est associé à un comportement identique lors de l'interaction avec un véhicule automatisé et conventionnel. Nos participants, avec un score d'intention comportementale à l'égard du véhicule automatisé élevé, ne montrent pas de comportement défensif (mise en retrait par ralentissement, augmentation de la vitesse interindividuelle, augmentation du temps d'arrêt) ou de comportement offensif (réduction de la distance interindividuelle, augmentation du passage

---

30 \*\*  $p < 0,01$

en premier) lors de l'interaction avec un véhicule automatisé par rapport à l'interaction avec un véhicule conventionnel. Nous n'avons pas de participants à l'intention comportementale faible et ne pouvons donc pas observer la spécificité de leur comportement.

6.5.2. Les comportements au croisement sont différents selon les facteurs environnementaux, et non le type de véhicules avec lesquels les participants entrent en interaction

Aux croisements en ville, le comportement d'interaction des participants s'est avéré dépendant du degré de priorité mais pas du degré d'automatisation de son interactant. L'effet du degré de priorité est clair : en moyenne, la vitesse avant un croisement sans signal est de  $M = 36.9$  km/h, contre  $M = 28.37$  km/h à l'arrivée d'un céder le passage, alors qu'elle est de  $M = 21.79$  km/h avant un stop. Ces résultats se confirment sur toutes les variables du comportement routier comme le fait de s'arrêter, le temps d'arrêt, le passage en premier ou encore l'accélération de sortie. Ce résultat, attendu, montre que nos données sont cohérentes. Les entretiens semi-directifs confirment cette tendance : le motif principal de passer ou pas en premier est « le code de la route ». A titre d'illustration, le participant 39 (homme, 38 ans) a justifié être passé en second car « ça, c'est conforme au code de la route. Un véhicule arrive, je le laisse passer, quel que soit le véhicule ». L'effet du degré d'automatisation n'est pas significatif : si les données font apparaître qu'en interaction avec un véhicule automatisé, les participants roulent moins vite, accélèrent moins en sortie du croisement, ou passent moins en premier, ces différences ne sont pas suffisantes pour être significatives. Ces résultats ne correspondent pas à nos prévisions. Plusieurs pistes pourraient expliquer l'absence de différence de comportement lié aux deux types de véhicules. D'abord la taille de notre échantillon est relativement faible, et n'a pas permis d'observer de comportements de conduite différents. Ensuite, les travaux de Daoudi, Coello, Desrosiers et Ott (2018) sur la différence de cinématique du mouvement d'interaction, entre interaction avec un robot et interaction avec un humain, ont notamment montré que les participants réalisent des gestes différents (en amplitude et en vitesse) face à un robot et face à un humain. Dès lors que l'humain apparaît sous forme d'un avatar (c'est-à-dire un humanoïde ou dessiné sur un écran comme celui du simulateur), il n'y a plus de différence de cinématique entre l'interaction avec le robot et celle avec l'humain ainsi représenté. Or, sur le simulateur, les conducteurs de véhicule conventionnel ou automa-

tisé ne sont pas des humains réels, ce sont des représentations artificielles d'humains, dessinées sous forme d'avatars. Plusieurs participants dans leur entretien ont suggéré un « effet simulateur » comme par exemple le participant 20 (homme, 48 ans) « bon en fait c'est faussé par le côté simulateur puisque tous les deux sont des images...Je ne les perçois pas comme des véhicules. En fait, on n'est pas assez dans la réalité ». Globalement, nos données sur la cinématique de la conduite ne montrent pas de différence significative du comportement. Ceci est en ligne avec la représentation que les participants ont rapporté dans leurs entretiens. Une majorité (81%) a revendiqué avoir adopté un comportement identique entre le véhicule automatisé et le véhicule conventionnel; le nombre d'occurrences de « comportement identique » est de 141 sur l'ensemble des entretiens. Il convient cependant de souligner que si le comportement est présenté et réalisé comme identique entre l'interaction avec un véhicule automatisé et un véhicule conventionnel, d'un point de vue strict du respect du code de la route, ils auraient pu passer notamment dans la condition « sans signal » : tourner à gauche alors qu'un véhicule arrive en face est possible si la distance ou le temps sont évalués comme suffisants. Or, en moyenne, les participants ont attendu 8.9 secondes avant de s'engager (pas de différence significative entre le véhicule automatisé et le conventionnel). Il semble que les participants aient opté pour une prudence ou un confort de ne pas passer au croisement, ce qui est cohérent avec les travaux de Imbsweiler et al. (2018a). Ceux-ci expliquent le comportement avec la complexité de la situation : à un croisement, dans les situations de route considérées comme simples, le conducteur préfère passer en premier; si la situation est jugée comme complexe, le conducteur passe en second. Les entretiens ont d'ailleurs suggéré à plusieurs reprises l'idée de cette complexité, ils préfèrent analyser, voir et évaluer sans se précipiter, face au véhicule automatisé. Ainsi, le participant 30 (femme, 30 ans) « au croisement, je préfère laisser passer et attendre »; ou le 42 (femme, 30 ans) « le véhicule autonome, je préfère le laisser passer et attendre de voir ». Ceci pourrait suggérer que l'expérience d'interaction avec le véhicule automatisé pourrait modifier leur comportement : les participants disent adopter d'abord une conduite prudente. Puis, et si l'interaction se passe favorablement, ils affirment qu'ils auront une conduite identique à celle avec le véhicule conventionnel. Une autre piste expliquerait pourquoi les participants ont adopté un comportement de prudence, représenté par le fait de ne pas passer en premier au croisement ou de ne pas accélérer. Conduire est une activité hautement dynamique dans laquelle le conducteur fait face à un flot

d'informations et où il doit exécuter la réponse la plus appropriée (Teh et al., 2014). Chaque circonstance participe à la surcharge cognitive (changer de voie, tourner, interagir, s'adapter au simulateur). Quelle activité a le plus occupé nos participants ? Il est envisageable qu'ils aient déployés une part importante de leurs ressources à s'adapter au simulateur de conduite dans un scénario jugé difficile par les experts de Vedecom, notamment du fait de la présence de plusieurs virages dans un contexte de ville. Il fallait tourner sans glisser, réduire le risque de cinétose et réussir la tâche. La tâche est un ensemble d'exigences pour réaliser un processus spécifique (réaliser le parcours) et atteindre un but mesurable (rejoindre le stop final) suivant une méthode précise (les recommandations écrites, sous la surveillance de l'expérimentateur) (Cacciabue & Carsten, 2010). Les virages et les ronds-points sont délicats à franchir sur un simulateur de conduite, tout comme regarder à gauche et à droite (mouvement de la tête), ces mouvements provoquant la cinétose. Or, notre parcours comptait huit de ces obstacles sur un parcours durant moins de quatre minutes. Cinq participants ont souffert de cinétose et leur expérimentation a été interrompue sur ce motif. Il y a peut-être eu une inadéquation entre la tâche à accomplir et les capacités des conducteurs (empêchés par le malaise du simulateur). Pour confirmer cette piste, il aurait été intéressant de disposer de mesures physiologiques (activité cardiaque, Teh et al., 2014), et de surcharge cognitive de la tâche mesurée par un test (NASA-RTLX, Byers, Bittner, & Hill, 1989; Zijlstra, 1993), en plus des mesures auto-rapportées lors de l'entretien.

### 6.5.3. L'expérience d'interaction avec le véhicule automatisé ne fait pas évoluer les scores des variables de l'acceptabilité avant/après, sauf l'attente d'effort

Une seule variable évolue significativement sous l'effet de l'expérience d'interaction avec un véhicule automatisé, l'attente d'effort. Ce résultat est cohérent avec les travaux princeps de Venkatesh et al. (2003) lors de la proposition de l'UTAUT qui avaient montré que l'attente d'effort est une variable plus importante avant usage qu'après, particulièrement dans le contexte d'usage volontaire. Nous n'observons pas d'effet de l'expérience d'interaction des conducteurs avec le véhicule automatisé sur les autres variables de l'acceptabilité, et notamment sur l'intention comportementale envers le véhicule automatisé. Deux pistes peuvent être avancées pour l'expliquer. Premièrement, le niveau d'acceptabilité des participants à cette

expérience était élevée avant même le passage sur simulateur : ils sont arrivés avec un score de confiance solide envers le dispositif.

Deuxièmement, cette évaluation est réalisée immédiatement après le passage sur simulateur. Payre, Cestac et Delhomme (2014) dont l'expérience sur simulateur était complétée d'un questionnaire avant /après qui estimait l'intention d'usage ont noté une faible différence avant/après. Une étude longitudinale, mettant davantage de temps entre l'expérience d'interaction et la nouvelle mesure d'acceptabilité aurait été intéressante (Yousafzai et al., 2017, Atarodi et al., 2018). L'effet de l'expérience semble demander davantage de temps pour être mesuré, car elle dispose de plusieurs composantes : l'information et la connaissance du véhicule automatisé (son bruit, ses capteurs), les modes de communication notamment externes du dispositif, le test de l'interaction en situation d'urgence, en sont quelques exemples. L'acceptabilité, en tant que jugement individuel formé sur la base des représentations, croyances et expériences, n'empêche pas l'effet d'autres facteurs notamment l'influence sociale comme les relations entre individus ou entre individus et institutions (Stankey & Schindler, 2006; Fortin & Fournis, 2013). Or, notre protocole prévoyant une évaluation immédiatement après l'expérimentation ne permet pas de saisir l'évolution de ces influences sociales et leur effet sur les valeurs de l'individu et plus largement des autres parties prenantes du véhicule automatisé. Ceci fait référence à une approche de l'acceptabilité comme un construit social (Fortin & Founis, 2013), résultat de plusieurs interactions entre les différents acteurs concernés, qui ont tous un processus d'acceptabilité qui leur est propre. Or, nous n'avons étudié que l'acceptabilité du véhicule automatisé par l'acheteur potentiel, dans une intention d'usage de conducteur, et donc en tant qu'objet à commercialiser par les constructeurs : notre approche était « firmo-centrée ». D'autres parties prenantes ont leur propre processus, comme les politiques qui souhaitent fluidifier le trafic dans leur commune ou réduire les émissions de carbone, les architectes urbains qui veulent réduire l'espace de circulation dans la ville au profit d'autres activités à aménager, ou les syndicats professionnels qui veulent défendre l'emploi de leurs chauffeurs affiliés. La capture des jugements collectifs et de leur effet sur le comportement individuel d'interaction serait d'ailleurs ambitieuse considérant les difficultés de l'observation de l'acceptabilité dans ces multiples dimensions (Batellier, 2015).

## 6.6. Limites de la méthode

### 6.6.1. La surcharge cognitive des participants

Plusieurs éléments ont pu engager une surcharge cognitive de nos participants, au-delà de l'effet simulateur cité plus haut. Notre parcours a introduit des croisements différents, non seulement sur le plan de la priorité, mais aussi de la structure (largeur de route, visibilité, courbure). Or, la forme de la route et le design du croisement ont un effet sur la décision de passer en premier (Beanland et al., 2013), sans que nous n'ayons mesuré cet effet sur la décision de passer. Ensuite, le fait d'être observé par un chercheur, en situation expérimentale, ou encore enregistré peut modifier le rapport à la tâche (Assailly, 2018) : le conducteur, observé, calibre sa conduite en ne s'autorisant pas à aller vite ou passer en premier. Une des pistes pourrait être qu'une tâche sur un simulateur de conduite étant nouvelle ou au moins peu fréquente chez les participants, contrairement à conduire réellement, ce qui engage davantage de charge cognitive, en lien avec le modèle du cycle perceptif (Neisser, 1976). Selon ce modèle, la perception serait dépendant « d'un processus continu d'exploration et de saisie d'informations » (Neisser, 1976, p26). Il en ressort qu'à chaque expérience d'action ou de situation, la charge cognitive engagée diminue : c'est pourquoi conduire sa propre voiture sur un trajet connu demandera moins de ressources cognitives que conduire pour la première fois sur un simulateur de conduite, dans un laboratoire inconnu, sur un trajet nouveau. Cependant, il convient de noter que des équipes de chercheurs ont utilisé le simulateur dans des conditions plus difficiles : par exemple, Beanland et al. (2013) ont mené une expérience sur simulateur avec 18 tournants (croisements avec stop).

### 6.6.2. Limites sur l'emploi du simulateur

Deux types d'incohérences, sensorielles et motrices, ont pu être relevées dans cette expérimentation. Des incohérences sensorielles d'abord comme la variabilité des sons sur le simulateur ont été relevées. Elles proviennent de la programmation. Ces incohérences sont auditives (parfois, les voitures faisaient du bruit, parfois non), et visuelles (le champ visuel est artificiellement réduit). Des incohérences motrices ensuite : il n'y a pas de mouvements du siège alignés sur le mouvement de la voiture, ce qui annule le ressenti du virage. Ces incohérences pourraient avoir un effet sur le comportement de conduite (Weistroffer, 2014).

Par ailleurs, la conception des scénarios avec le prestataire a montré des limites techniques : les dessins des personnes à bord des voitures n'ont pas pu être adaptés. Ainsi, toutes les voitures (automatisées ou conventionnelles) étaient conduites par un conducteur identique (un homme d'une trentaine d'années), qui adoptaient le même comportement (attitude, posture, regard) et n'avaient pas de passager. Or, le véhicule automatisé aurait eu une meilleure représentation si personne n'était derrière le volant et si des passagers étaient en discussion derrière, sans contrôler le véhicule. La cohérence des détails de l'environnement dans une expérience sur simulateur est un facteur de validité des expérimentations sur simulateur (Wynne, Beanland, & Salmon, 2019). Cette limite pourrait mettre en question la validité empirique<sup>31</sup> de l'expérimentation conduite. La validité est le témoin de la représentation ou de la reproduction du monde réel par notre dispositif expérimental. Il conviendrait de vérifier en comparant les comportements d'interaction sur simulateur et en réel. La difficulté de gestion du bien être sur le simulateur et les limites de la validité des représentations dessinées ont été rapportées par les participants.

Ces limites expérimentales sont importantes et pourraient participer à expliquer nos résultats. L'étude comparée des comportements sur simulateur et en réel pourrait nous conforter dans l'objectivité et les conditions de réalisation d'une expérimentation sur simulateur de conduite.

### 6.6.3. Limites sur l'échantillon de participants

10% des participants étaient des policiers (contre 0,6 % dans la population active nationale)<sup>32</sup>. Il est envisageable qu'il y ait un effet de leur métier, en lien avec leur personnalité, sur la décision de passer dans le rapport au risque, rapport à la loi, rapport à autrui (Assailly, 2018). Par exemple, 100% de ces policiers ont évoqué l'effet code de la route pour justifier de leur

---

<sup>31</sup> La validité empirique estime le degré de liaison entre le rendement d'un participant dans le test (ici sur simulateur) et son rendement dans en situation de conduite réelle (Piéron, 1951)

<sup>32</sup> Tableau de l'économie française, 2016. Insee.

décision de passer ou encore estimé ne pas faire de différence de comportement entre les deux types de véhicules. Les effectifs ne sont cependant pas suffisants pour réaliser une analyse statistique pertinente. Une étude plus fine de ces dimensions devrait cependant être réalisée pour confirmer ou infirmer l'effet de la personnalité et du type d'activité professionnelle sur le comportement de conduite.

Le point principal concernant notre échantillon est sa répartition insatisfaisante du score d'acceptabilité. Nos participants ont 15 points d'acceptabilité de plus que la population moyenne que nous avons notée dans les différentes publications. Aucun n'a un score d'acceptabilité inférieure à 33%, contrairement à l'échantillon de l'étude 2. Aussi, nous n'avons pas pu explorer objectivement le comportement de conducteurs à faible acceptabilité. Nous n'avons donc pas pu estimer si un faible score d'acceptabilité dans ce contexte était associé à un comportement d'interaction différent par rapport au comportement d'interaction avec un véhicule conventionnel, et donc à en étudier le sens. Une étude représentative de la population générale sur le score d'acceptabilité, en lien avec le comportement d'interaction, éclaircirait notre recherche. Cette limite interroge sur le processus de recrutement tel qu'il a été réalisé, notamment en recourant à une agence qui travaille habituellement avec Vedecom. L'agence reproduit tant les profils que les sources de recrutement, voire recrute les mêmes personnes pour plusieurs expérimentations, quand elle ne parvient pas à répondre à l'objectif du contrat. Si l'estimation de l'acceptabilité avait été réalisée en tant qu'élément de la sélection, pour garantir une représentation satisfaisante de la population générale, nous n'aurions pas constaté le biais.

#### 6.7. Conclusion et perspectives

L'acceptabilité du véhicule automatisé préalablement formée est liée au comportement d'interaction avec lui. Notre étude a pu montrer cette relation lorsque l'acceptabilité est forte dans le sens où celle-ci est associée à un même comportement entre le véhicule automatisé et le véhicule conventionnel. Cependant, nous n'avons pas montré, en relation avec le biais immédiatement souligné, si l'acceptabilité faible était liée à une différence de comportement. Or cette dimension était centrale dans notre démonstration. Seule une sélection de participant répondant à ces objectifs pourrait nous permettre de confirmer ou infirmer nos hypothèses.

## CHAPITRE 7 DISCUSSION GENERALE

Notre ambition dans ce travail de thèse a été de montrer la relation entre l'acceptabilité du véhicule automatisé et le type de comportement d'interaction que les usagers de la route, et plus précisément les conducteurs de véhicules conventionnels, mettront en œuvre. Les modèles de l'acceptance montrent que l'acceptabilité prédit une intention d'usage d'un objet, pour soi. Notre contribution souligne qu'accepter un dispositif, avoir l'intention de l'utiliser pour soi, est lié à accepter que les autres l'utilisent et donc de collaborer avec cet autre utilisateur en quelques sortes légitimé (ou pas) dans son comportement au travers de l'acceptabilité que la personne attribue à la technologie. Ainsi, accepter ou pas le véhicule automatisé - pour soi - est prédicteur d'un type de comportement d'interaction avec un véhicule automatisé. Les usagers qui acceptent le véhicule automatisé ont un comportement d'interaction identique à celui qu'ils entretiennent avec un véhicule conventionnel, alors que ceux qui le considèrent comme non acceptable se projettent moins dans une interaction comparable. Outre le fait de démontrer cette relation, nous avons cherché à l'expliquer en lien avec les modèles de l'acceptance et à la modéliser. Nous avons ainsi participé à préciser la définition et la portée de l'acceptabilité d'une innovation technologique. Notre originalité est double : premièrement, nous avons montré la relation entre l'acceptabilité et le comportement. Deuxièmement, nous avons étudié le comportement d'interaction avec l'objet, et non le comportement d'usage de l'objet pour soi, ce que peu d'études ont à ce jour initié.

### 7.1. Prédire le comportement d'interaction par le modèle de l'acceptabilité d'une innovation non implémentée

#### 7.1.1. Un modèle de l'acceptabilité estimant l'intention comportementale envers une technologie non implémentée

Pour estimer si l'acceptabilité permet de prédire le comportement d'interaction avec le véhicule automatisé, le modèle de l'acceptabilité a été clarifié. Dans cette approche, nous avons centré nos investigations sur l'acceptabilité comme processus individuel et déterministe d'évaluation d'un objet non implémenté rendant acceptable son usage.

En résumé, notre modèle de l'acceptabilité, issu d'une méta analyse (étude 1), pose qu'est acceptable un dispositif que l'utilisateur a l'intention d'utiliser, en ligne avec les modèles de l'acceptance (TAR, TCP, UTAUT notamment). Le processus qui explique cette intention est basé sur cinq déterminants liés à la perception (la performance attendue et la facilité d'usage), l'attitude, le sentiment de contrôle et l'influence sociale. Notre originalité a été de proposer que les facteurs attitudinaux et sociaux (l'attitude, l'influence sociale, le sentiment de contrôle) soient des antécédents aux déterminants cognitifs (la performance attendue et la facilité d'usage attendue), en plus d'être des facteurs directs de l'intention comportementale. La performance attendue est le facteur qui explique le plus l'intention comportementale ( $\beta = .31$ ), cohérent avec les travaux publiés (Venkatesh et al., 2003; Schepers & Wetzels, 2007; Ma & Liu, 2004). Ensuite, les déterminants de l'attitude ( $\beta = .27$ ) et de l'influence sociale ( $\beta = .15$ ) expliquent aussi significativement la variance de l'intention comportementale. Le sentiment de contrôle et la facilité d'usage, bien qu'étant significatifs, expliquent faiblement la variance de l'intention comportementale. L'attitude et l'influence sociale sont aussi des déterminants significatifs de la performance attendue, avec respectivement  $\beta = .37$  et  $\beta = .26$ . Au final, notre modèle explique 44% de la variance de l'intention comportementale envers une technologie non implémentée, à partir de ces cinq déterminants.

### 7.1.2. Un modèle pour prédire l'acceptabilité du véhicule automatisé

#### 7.1.2.1. Un questionnaire estimant l'acceptabilité du véhicule automatisé

Sur la base de ce modèle, nous avons construit une échelle de mesure valide et parcimonieuse pour évaluer l'acceptabilité du véhicule automatisé (étude 2). Les items utilisés pour évaluer ces variables correspondent notamment à ceux du modèle de l'UTAUT (Venkatesh et al., 2003), augmentés des variables adaptées aux spécificités de la technologie étudiée comme la confiance, la technophilie et l'anxiété technologique (étude 2). Au final, notre questionnaire d'acceptabilité interroge sur l'attente de performance (4 items), la facilité d'usage attendue (4 items), le sentiment de contrôle (3 items), l'attitude envers le véhicule automatisé (4 items), l'influence sociale (3 items), l'intention comportementale (4 items), la confiance (7 items), l'anxiété technologique (4 items) et la technophilie (4 items). La fiabilité des items de chaque variable, mesurée par l'alpha de Cronbach, est satisfaisante, supérieure à .70, sauf pour la NARS explorée dans l'étude 2 et non retenue pour l'étude 3.

Nos données expérimentales, portant sur l'estimation de l'acceptabilité du véhicule automatisé par les conducteurs, se sont révélées être ajustées de manière satisfaisante à ce modèle. Les déterminants retenus expliquent 80% de la variance de l'intention comportementale envers le véhicule automatisé. Les critères de qualité d'ajustement des données au modèle sont satisfaisants. Nous devons noter que, comparé aux modèles de l'acceptance et à notre étude 1, ni la facilité d'usage attendue, ni le sentiment de contrôle n'expliquent la variance de l'intention comportementale dans l'étude 3. Par ailleurs, nos résultats ont montré que la relation entre la facilité d'usage attendue et la performance attendue est inférieure aux données expérimentales qui ont pu être publiées. Ces résultats suggèrent aussi que l'acceptabilité du véhicule automatisé est déterminée par les deux variables qui pèsent le plus dans la prédiction de l'intention comportementale des modèles de l'acceptance, l'attitude (Schepers & Wetzels, 2007; Hamari et al., 2017; Wu et al., 2011) et la perception de performance (Schepers & Wetzels, 2007; Ma et al., 2004; Wu et al., 2011; Adnan, Nordin, Bahruddin, & Ali, 2018). Nous avons aussi souligné la cohérence de cette mesure de l'acceptabilité, *via* le calcul de l'intention comportementale - 57,44% dans l'étude 1 - aux scores d'acceptabilité publiés dans des études non scientifiques comme AAA Survey (2016). L'étude des déterminants de l'acceptabilité d'une innovation technologique avant son implémentation a montré l'effet de l'influence sociale, telle qu'elle est le plus souvent proposée dans les modèles de l'acceptance, c'est-à-dire évalués par des items à dimension injonctive (Lee et al., 2003). Si nos résultats indiquent l'effet de la dimension sociale (normative dans l'étude 2, ou l'effet de la présence de passager comme « mes enfants » dans l'étude 3), le déterminant de l'influence sociale ne porte que sur la dimension individuelle de l'acceptabilité (*i.e.*, l'influence de l'entourage sur le fait d'utiliser ou pas le dispositif). Il serait intéressant d'élargir l'étude de l'acceptabilité dans ses composantes interindividuelles ou interactives de l'influence sociale en proposant des items dédiés dans le questionnaire d'acceptabilité.

Enfin, nos résultats ont montré que, concernant les variables ajoutées, seule la confiance apparaît fortement liée à l'acceptabilité, la technophilie et l'anxiété technologique n'améliorant pas le pouvoir prédictif de l'intention comportementale envers le véhicule automatisé. Une des pistes pour comprendre ce résultat est méthodologique : les items de la technophilie et de l'anxiété technologique portent sur la technologie en général, contrairement aux items de la confiance, focalisés sur la confiance envers le véhicule automatisé. Or, un comportement

est déterminé par quatre dimensions (Fishbein & Ajzen, 1975) : le temps, l'espace, la cible et l'action. Nous pouvons envisager que le niveau général des items de la technophilie et de l'anxiété ne corresponde pas au niveau particulier de ceux de la confiance.

#### 7.1.2.2. La place de la confiance à affiner

La confiance est présentée comme une variable centrale de l'acceptabilité du véhicule automatisé (Merat et al., 2017). Cette variable a été identifiée comme prédictive du comportement notamment lorsqu'il y a interaction sociale, impliquant par exemple un vendeur ou des échanges avec les autres (Gefen et al., 2003; Ridings et al., 2002). Or, la confiance est absente des modèles de l'acceptance et donc de notre modèle de l'acceptabilité de l'étude 1. Nos résultats des études 2 et 3 montrent que la confiance est fortement corrélée avec l'intention comportementale ( $r > .90$ ) et avec l'attitude ( $r > .88$ ). Elle explique significativement la différence d'intention de passer au croisement, entre le véhicule automatisé et le véhicule conventionnel, lorsque le degré de priorité est peu contraignant pour le participant (c'est-à-dire quand il a la priorité). Les caractéristiques de cette confiance est qu'elle se construit a priori et évolue avec l'expérience : la confiance a priori dépend de la prédictibilité du dispositif (Lee & See, 2004) et la confiance a posteriori est sensible aux dysfonctionnements de l'innovation, un comportement non prévu ou un retour d'information pendant l'usage (Lyons & Stokes, 2012). Si elle est largement étudiée dans le sens de la confiance dans l'objet, nous notons que la confiance est insuffisamment étudiée dans l'interaction avec l'objet (Helldin, Falkman, Riveiro, & Davidsson, 2013). Ainsi, la confiance pourrait se construire sur plusieurs niveaux : confiance envers le fonctionnement de l'objet, confiance dans le mode de décision et d'information du système (*via* l'information que le process utilise et transmet, Mercado et al., 2016) et confiance dans sa capacité à collaborer et interagir avec l'autre (Schaefer et al., 2014; Mercado et al., 2016). La confiance pourrait se former à un dernier niveau, indirect, comme la confiance dans les constructeurs automobiles qui ont par exemple perdu en crédibilité avec l'affaire des contrôles truqués des émissions de gaz à effet de serre, ou la confiance du citoyen dans les politiques qui soutiennent les navettes autonomes, si le public est défiant envers les politiques. Ceci confirme que l'acceptabilité, *via* ses déterminants, est étudiée dans les modèles de l'acceptance dans la relation directe à l'objet, mais pas dans l'interaction avec l'objet

ou dans une dimension sociétale. Or, notre étude 3 à travers les verbatim a montré que l'acceptabilité dépassait la seule relation directe de l'utilisateur à l'objet. Ainsi, l'étude de l'interaction avec l'objet peut amener à affiner les items employés dans le questionnaire d'acceptabilité, comme par exemple intégrer des items de confiance dans la relation et pas uniquement confiance dans l'usage. Il paraît justifié de poursuivre les investigations sur les dimensions de la confiance et son lien avec l'acceptabilité.

### 7.1.2.3. Un modèle généralisable ?

La proposition de modèle de l'acceptabilité que nous avons formulée mériterait d'être testée dans des contextes différents. Plusieurs auteurs ont avancé que l'acceptabilité dépendait du contexte d'usage, de la dynamique interactionnelle ou encore des rapports de pouvoir en place localement (Bobillier-Chaumon & Dubois, 2009; Atarodi et al., 2018). L'approche par domaine repose sur la prise en compte des spécificités des activités et des facteurs sociaux typiques de chaque domaine, plus que des caractéristiques techniques des dispositifs. Pour ces auteurs, la mesure de l'acceptabilité renvoie donc à la mesure de l'acceptation des nouvelles pratiques, plus que la perception ou l'attitude à l'égard de la technologie (Bobillier-Chaumon, 2016).

- Dans le domaine de la santé, la performance attendue et la perception de contrôle expliquent 20 à 40% de la variance de l'intention comportementale à l'égard d'une innovation technologique (Conner & Sparks, 1996 cités par Terrade et al., 2009; Holden & Karsh, 2010). La facilité d'usage est principalement un facteur de la performance perçue : un dispositif qui est perçu comme difficile d'utilisation ne peut pas être perçu comme utile (Holden & Karsh, 2010).
- Dans le e-commerce, la norme subjective et l'attitude sont les deux antécédents pesant le plus dans la variance de l'intention comportementale (Grandón, Nasco, & Mykytyn, 2011; Chiu, Kim, & Won, 2018), suivi par la performance attendue (Lin & Shiqian, 2018).
- Dans l'éducation, la performance attendue et la facilité d'usage sont des antécédents de l'attitude à l'égard du dispositif (Cheon, Lee, Crooks, & Song, 2012). Le plaisir perçu à utiliser le système est un déterminant significatif (Lee et al., 2005). Le sentiment d'auto-efficacité est également souligné (Cheon et al., 2012) en lien avec la participation active de l'apprenant dans le processus d'apprentissage (Théorie Socio-Cognitive de Bandura,

1986). L'influence sociale est aussi un déterminant significatif, en lien avec la reconnaissance attendue par les autres (les enseignants) de ses efforts (Park, 2009; Cheon et al., 2012).

- Dans le travail, l'acceptabilité de l'innovation est estimée au niveau de l'organisation et des individus. Pour Frambach et Schillewaert (2002), l'adoption d'une innovation technologique au travail dépend des caractéristiques de l'organisation (taille, structure, culture et stratégie de l'innovation), la perception de l'innovation par le groupe (ses avantages attendus, sa complexité, son observabilité, sa capacité à être essayée) et les influences environnementales (comme la pression compétitive et l'effet des réseaux). L'étude de l'acceptabilité de l'innovation par les salariés est déterminée par l'attitude en premier, puis la disposition personnelle à l'innovativité et ensuite l'influence sociale (réseaux externes et usage par les pairs).

Des études complémentaires pourraient préciser si l'échelle estimant l'acceptabilité du véhicule automatisé, à partir de l'attitude, la confiance et l'attente de performance, serait performante pour les grands domaines que sont la santé, le e-commerce, l'éducation, ou le travail, permettant ainsi de vérifier la généralisation de notre modèle.

7.1.3. Estimer l'effet de l'acceptabilité sur la prédiction du comportement d'interaction avec l'objet

Le modèle de l'acceptabilité d'une innovation non implémentée a ainsi été considéré comme pertinent pour évaluer l'acceptabilité du véhicule automatisé. Cet objectif atteint, nous avons cherché à estimer si l'acceptabilité permet de prédire deux variables : la différence d'intention comportementale d'interagir avec le véhicule automatisé comparativement avec le véhicule conventionnel (étude 2) et la différence de comportement d'interaction avec lui par rapport au véhicule conventionnel (étude 3).

Ajzen et Fishbein dès 1973 ont posé le principe de compatibilité pour garantir la qualité de la relation entre l'attitude et le comportement. Une optimisation de cette relation suppose que les quatre caractéristiques qui composent un comportement (*i.e.*, l'action à réaliser, la cible, le moment durant lequel le comportement est réalisé et le lieu) correspondent dans l'estimation de l'attitude et du comportement. Or, nous avons estimé l'intention comportementale de son usager direct envers le véhicule automatisé et d'un point de vue global, pour le mettre

en perspective de l'intention comportementale d'interaction avec un véhicule automatisé, par un non-conducteur. Comment investiguer alors l'acceptabilité d'un objet non directement expérimenté, soit parce qu'il n'est pas encore implémenté, soit parce qu'il est un objet d'interaction et non d'usage direct ? Depuis 2009, des études ont proposé de répondre à cette question en posant que les comportements envers un objet proche de celui étudié participe à prédire le comportement envers l'objet qui n'est pas encore disponible (Cestac, 2009; Bel, 2016). Pour notre part, l'étude de l'interaction avec l'objet nous a amené à une proposer une autre forme de compatibilité : nous avons estimé que ce qui était acceptable pour soi (avoir l'intention d'utiliser pour soi le véhicule automatisé) était prédicteur d'un comportement favorable envers l'objet, le rendant légitime à être utilisé par d'autres. Nous proposons une relation entre le fait d'accepter le véhicule automatisé, et donc d'envisager de l'utiliser pour soi, et accepter d'interagir avec lui, c'est-à-dire accepter sa présence, son droit à circuler dans un même espace, en somme collaborer avec lui. L'étude 2 a montré que la faible acceptabilité du véhicule automatisé était liée à un comportement différent, dans le sens non collaboratif, puisque les participants dans ce cas ont moins l'intention de passer. Ces résultats sont cependant faibles et il conviendrait de les confirmer. Cependant, ils ouvrent une perspective en interrogeant le comportement induit par l'acceptabilité et en participant à les catégoriser.

Cette approche était ambitieuse car les modèles de l'intention comportementale, bien que visant à prédire le comportement final envers l'objet, sont majoritairement utilisés pour prédire l'intention comportementale envers l'objet ou l'intention d'utiliser l'objet (King & He, 2006; Arts et al., 2011; Wu et al., 2011; Yousafzai et al., 2007). La relation entre l'intention comportementale et le comportement réel est questionnée dans la littérature. En introduisant une autre forme de compatibilité, nous avons augmenté le risque que l'intention comportementale ne prédise pas le comportement de manière satisfaisante.

### 7.1.3.1. l'effet de l'acceptabilité sur la prédiction de la différence d'intention d'interagir entre le véhicule automatisé et le véhicule conventionnel

L'étude 2 a exploré l'effet de l'acceptabilité sur la différence d'intention de se comporter, lors de l'interaction avec le véhicule automatisé comparativement à l'interaction avec le véhicule conventionnel. Elle a montré que la variance de la différence d'intention comportementale était expliquée entre 1 et 5% par les variables de l'acceptabilité, ce qui est faible. Elle a notamment montré que les comportements n'étaient pas différents lorsque l'acceptabilité était forte. Cependant, la différence d'intention d'interagir est observée quand l'acceptabilité est faible.

### 7.1.3.2. L'effet de l'acceptabilité sur la prédiction de la différence de comportement d'interaction entre le véhicule automatisé et le véhicule conventionnel

Nos données expérimentales de l'étude 3 montrent que l'acceptabilité explique entre 1% et 10% de la différence de comportement lors de l'interaction avec le véhicule automatisé, par rapport à l'interaction avec le véhicule conventionnel. Nous avons en partie expliqué ce résultat par l'échantillon de participants de notre expérimentation, au score d'acceptabilité plus élevé que la moyenne de la population générale; aucun participant n'a d'acceptabilité faible. Or, notre hypothèse vise à montrer que les conducteurs à faible acceptabilité sont ceux qui observent le comportement d'interaction différent entre le véhicule automatisé et le véhicule conventionnel. Les valeurs obtenues sont faibles, mais suffisantes pour être exploitées, notamment dans notre domaine qui engage la sécurité publique. Montrer que le comportement d'un conducteur qui entre en interaction avec un véhicule automatisé est différent, même à 10%, par rapport à une interaction avec un véhicule conventionnel peut intéresser ceux qui programment les algorithmes de véhicules automatisés, ceux qui conçoivent des réglementations ou encore ceux qui préparent les formations des jeunes conducteurs. Par contre, nos données expérimentales sur simulateur n'ont pas confirmé la tendance. La forte acceptabilité des participants, comme nous l'avons suggéré, pourrait expliquer cette absence de résultat.

## 7.2. La dynamique entre l'acceptabilité et le type de comportement d'interaction

L'acceptabilité dans notre étude 1 est estimée par la mesure de l'intention d'usage, sous la dépendance de l'attitude et des perceptions de performance et de facilité d'usage; le rôle de l'influence sociale est aussi à souligner, bien que secondaire. Accepter le véhicule automatisé d'après notre étude 2 c'est percevoir (la performance, la facilité d'usage), ressentir (*via* l'attitude ou la confiance) et réagir (avoir l'intention de l'utiliser). Nous avons d'abord montré l'effet du degré de priorité dans les études 2 et 3 : lorsque la norme du code de la route est contraignante (comme un stop), le type de comportement d'interaction n'est pas dépendant de l'acceptabilité. Ensuite, il est apparu qu'accepter l'interaction avec le véhicule automatisé (*i.e.*, avoir un score d'intention comportementale envers le véhicule automatisé élevé), d'après nos études 2 et 3, amène à se comporter de la même manière avec le véhicule automatisé qu'avec un véhicule conventionnel. Le type de comportement d'interaction est prédit par la valence de l'acceptabilité. Par type de comportement, nous entendons que le conducteur adopte un comportement identique sur la route lors de l'interaction avec le véhicule automatisé par rapport à un véhicule conventionnel, par opposition à un comportement différent non collaboratif, c'est-à-dire qui ne s'engage pas dans la collaboration routière.

Le type de comportement lors de l'interaction avec le véhicule automatisé peut se caractériser soit positivement, soit négativement. Un comportement négatif d'interaction est agressif ou au contraire défensif (refus de collaboration). Le refus de collaboration est celui que nous avons observé, en lien avec une faible acceptabilité du véhicule automatisé : les conducteurs ne s'engagent pas (étude 2, dans le scénario prioritaire), mettent plus de distance inter véhiculaire ou accélèrent moins vite en sortie de croisement (étude 3) face au véhicule automatisé que face au véhicule conventionnel. Une des pistes pour comprendre ce comportement est que face à une situation complexe, comme celle d'interagir avec un véhicule automatisé pour la première fois et à un croisement (donc avec une décision à prendre), les usagers de la route adoptent davantage un comportement défensif de type attente (Imbsweiler et al., 2018a). Dans la littérature, le comportement négatif est plus souvent étudié sous l'angle de l'agressivité : le comportement agressif de conduite a été utilisé pour caractériser les comportements lors d'intersection (Kaysi & Abbany, 2007). Ces auteurs ont montré que les caractéristiques de la personne (son âge, son genre), le type d'intersection et les comportements immédiats sur

la route (refus de distance de sécurité, vitesse) étaient prédicteurs d'un comportement d'interaction de type agressif. Pour eux, l'agressivité est caractérisée quand les autres usagers de la route subissent une collision ou doivent modifier leur comportement de conduite comme la trajectoire ou la vitesse au croisement pour s'adapter d'une décision prise par l'autre. Nous n'avons pas observé dans l'étude sur simulateur ce type de comportement. A l'opposé, le comportement de type positif est collaboratif, c'est à dire qu'il permet d'accomplir la tâche prévue tout en facilitant la réalisation par l'autre de sa propre tâche (Vanderhaegen, Chalmé, Anceaux, & Millot, 2006). Castelfranchi et Falcone (1998) évoquent l'interférence positive. Dans cette perspective, il apparaît une relation entre collaboration à l'intersection et acceptabilité positive lorsque le conducteur est dans un même espace (le carrefour) pour réaliser une tâche (circuler), qu'il prend en compte l'autre (le véhicule automatisé), dans un objectif de le faire réussir (lui permettre de rouler). Ce type de comportement a été observé dans notre étude sur simulateur, mais sur seulement la donnée de la distance inter véhiculaire. Il serait intéressant de poursuivre cette caractérisation objective des types de comportement (non collaboratif vs collaboratif) en lien avec l'acceptabilité, en les centrant sur les caractéristiques que les systèmes automatisés peuvent capturer.

### 7.3. Interrogation sur le construit de l'acceptabilité : du processus au résultat

#### 7.3.1. De l'acceptabilité individuelle à l'acceptabilité sociétale

Pour les modèles de l'acceptance, accepter c'est avoir, pour un usager, l'intention consciente d'utiliser un objet. Aucun modèle ne propose de prédire le comportement d'interaction avec l'objet. Or, le véhicule automatisé est un objet social, dans le sens où il engage une interaction dynamique et interdépendante entre son usager et les autres usagers de l'espace routier, dans un moment donné. Les modèles de l'acceptance ne permettent pas d'investiguer cette dimension, s'arrêtant sur le processus d'acceptabilité en tant qu'intention d'usage direct. Dans nos expérimentations, les déterminants exclusifs des modèles de l'acceptance ne sont pas apparus suffisants pour expliquer le comportement des participants : ils n'expliquent pas la variance du comportement d'interaction. Dans ce cas, quels autres modèles seraient pertinents ? Les modèles de l'ergonomie, en plus de la relation à l'objet, intègrent l'environnement et l'usager, comme par exemple le Three factors of Trust (Schaefer & Straub, 2016). Ce modèle soutient que les déterminants environnementaux, humains et technologiques influencent

l'acceptabilité de l'utilisateur, dans un système où chacun des éléments affecte les autres. Nous avons ainsi montré que le degré de priorité et le facteur « respect du code de la route » étaient essentiels pour prédire le comportement d'interaction au croisement : c'est un facteur environnemental. La représentation de l'objet et de son usage, mesuré par l'attitude, la confiance, les perceptions de performance ou de facilité d'usage, prédit également le comportement d'interaction : c'est le niveau technologique. Et le niveau humain modère les relations entre les autres déterminants et le comportement, comme le genre, l'âge ou de la personnalité : c'est le niveau humain. Appliqué à notre question, plusieurs variables peuvent ainsi être évaluées, comme l'effet de la taille de la route sur le comportement d'interaction (Bjorklund & Åberg 2005), ou celui de la visibilité (météo, aménagements urbains, ...) pour la catégorie de l'environnement. Ou encore la personnalité en lien avec la prise de risque (Michel, Purper-Ouakil, & Mouren-Siméoni, 2002), le comportement de transgression (Delhomme, Fernandez, & Paran, 2008), l'âge, le genre ou l'effet du type régional de conduite. Les facteurs liés à la technologie auraient pu étudier l'effet de la taille du véhicule automatisé, de ses couleurs, de ses capteurs sur le comportement d'interaction, comme suggéré par nos participants lors des entretiens semi-directifs.

Nous pouvons avancer que la logique « processus », supportée par les modèles de l'acceptance, permet d'augmenter le score d'acceptabilité et de réduire la différence de comportement en travaillant sur les populations (comme par exemple les technophobes) ou les contextes sensibles (comme la présence de passagers dans la voiture). Nos études ont aussi montré l'intérêt d'élargir l'évaluation du processus acceptabilité aux futurs interactants, même ceux qui n'auront pas de voiture. Mais au-delà de la seule étude du processus, l'acceptabilité pourrait être considérée comme un résultat (Batellier, 2015), c'est-à-dire le résultat d'un compromis entre les acteurs du projet, *via* des nouveaux aménagements urbains par exemple, des programmes de formation des conducteurs ou des normes amenant à proposer des interactions hommes-machines (IHM) externes aux véhicules automatisés pour tenir compte de l'effet de l'interaction avec cet objet. Cette deuxième dimension, l'acceptabilité comme résultat, et pas uniquement comme processus, laisse percevoir la réelle dimension de l'acceptabilité du véhicule automatisé. Or, aucun modèle, et notamment pas les modèles de l'acceptance, n'a à ce jour représenté ces différentes dimensions. Cette piste amène à explorer la validité de construit du questionnaire de l'acceptabilité : si la dimension individuelle semble pouvoir

faire l'objet de consensus comme montré par la méta-analyse, la dimension sociétale n'a pas à notre connaissance été intégrée dans un modèle unique et a fortiori dans le nôtre.

### 7.3.2. Dynamique de l'acceptabilité et effet de l'expérience

Les résultats de nos différentes études nous amènent à préciser la définition de l'acceptabilité : nous estimons qu'elle est un jugement dynamique d'un objet, sous l'influence d'un processus individuel et inter individuel, dans un cadre social et un contexte particulier, orientant le type d'usage et d'interaction avec cet objet. La dynamique de l'acceptabilité implique que l'utilisateur soit confronté à l'usage. Cette rencontre est en partie estimée par l'effet de l'expérience (Merat, 2017; Bel, 2016; Terrade et al., 2009). Deux dimensions de l'expérience sont convoquées ici, l'expérience individuelle et l'expérience sociale.

Premièrement, concernant l'expérience individuelle, notre étude n'a pas démontré l'effet de l'expérience d'interaction avec le véhicule automatisé sur l'évolution de l'acceptabilité, bien que les entretiens semi-directifs aient suggéré que le comportement d'interaction évoluerait avec l'expérience. L'évaluation immédiatement après l'expérience a pu empêcher cette démonstration (Atarodi et al., 2018). En effet, le protocole expérimental impose une cohérence des deux évaluations quasi concomitantes de l'acceptabilité (l'une 48 heures avant la passation, l'autre immédiatement après). Ensuite, l'acceptabilité est un jugement qui se construit sur la base de représentations, dont le poids n'évolue pas en temps réel, mais dans un processus plus complexe, sous la dépendance notamment de l'attitude envers l'objet et de la confiance, toutes deux sensibles à l'expérience avec l'objet. Or, l'attitude est apparue comme le déterminant le plus fort pour expliquer la variance de l'intention comportementale envers le véhicule automatisé (entre 51 et 67%). Une étude de la relation directe entre l'attitude et le comportement (sans passer par l'intention comportementale) pourrait être opportune. La confiance aussi joue un rôle dans l'explication du comportement envers le véhicule automatisé (Camara et al., 2018b). Or, l'expérience positive et surtout négative altère le jugement envers l'objet technologique complexe (Lee & See, 2004). Un autre protocole proposant une évaluation post-usage décalée dans le temps pourrait montrer les effets de l'expérience sur l'acceptabilité. Au-delà, l'étude de l'effet de l'expérience, d'usage direct ou d'interaction, en lien avec l'évolution de l'attitude et de la confiance est une perspective nécessaire.

Deuxièmement, l'expérience sociale est le résultat de la dimension sociale de l'acceptabilité évoquée plus haut. En ce sens, sera acceptable un projet qui aura été adapté, avec du temps, pour les parties prenantes préalablement impliquées (Fortin & Fournis, 2011), ce que les entretiens semi-directifs ont annoncés. En tant que projet qui impacte plusieurs parties prenantes, il est un objet de compromis sociétal : le projet « véhicule automatisé » devient opératoire à travers ces délibérations (Fortin & Fournis, 2011). Ainsi, au-delà de l'attitude ou la confiance individuelle à l'égard de l'objet, l'acceptabilité est le résultat d'expressions publiques ou en d'autres termes de la dynamique collective de gestion du projet. Ceci suggère que l'acceptabilité individuelle techno centrée, travaillée par les industriels pour convaincre les futurs acheteurs, n'est pas suffisante et que l'acceptabilité sociétale par les parties prenantes est nécessaire, en complément et en interaction de ces deux niveaux.

## 7.4. Perspectives

### 7.4.1. Intégrer les données des Sciences Humaines et Sociales (SHS) dans les algorithmes des véhicules automatisés

Pourquoi utiliser les données SHS dans la programmation des systèmes d'intelligence artificielle ? Le système de décision humain repose sur l'intention comportementale : nous faisons ce que nous avons l'intention de faire (Fishbein & Ajzen, 1975, 2011). A partir de l'intention de faire, nous développons notre système de mise en action, passant par des stratégies intermédiaires elles-mêmes déclinées en activités opératoires. Selon la complexité de la situation, la décision ne sera pas linéaire et intégrera des réévaluations intermédiaires, ainsi qu'une simulation mentale pour estimer la probabilité de réussite de l'action (Klein, 2008). Si l'on reprend l'exemple de notre mère de famille qui conduit sa fille à l'école, son comportement dépend d'abord de son intention d'aller à l'école en voiture, qui sera mise en œuvre par les stratégies choisies (comme passer par la rue B car la rue A est en travaux), elles-mêmes ensuite opérationnalisées en activités (comme ralentir à l'approche du croisement de la rue B qui a un céder-le-passage, s'arrêter face au véhicule automatisé qui arrive, mettre son clignotant, attendre, accélérer, tourner à gauche). Le système avec intelligence artificielle fera l'inverse : à partir d'une des activités mesurées et capturées sur la route par le système, il déduira des stratégies, elles-mêmes reliées à des intentions comportementales qui permettent au final de réaliser le comportement d'aller à l'école. La compétence du système artificiel est (dans cet

ordre) de capturer, tracer et analyser les activités mesurables (les logs) pour ensuite prédire le comportement futur (Khodabandelou, Hug, Deneckère, & Salinesi, 2013b). Le modèle artificiel de prédiction de comportement sera renforcé (ou révisé) quand des données additionnelles seront disponibles avec l'usage (Mishra, Kumar, & Mishra, 2010). Tout ce processus est appris au système artificiel par les travaux des chercheurs et ingénieurs, auxquels nos travaux en Sciences Humaines et Sociales participent.

Comment intégrer ces données dans les algorithmes des véhicules automatisés ? Trois pistes peuvent être explorées : l'intégration du modèle de comportement humain dans les algorithmes du véhicule automatisé, la spécification des déterminants de l'intention comportementale humaine et l'identification des comportements humains particuliers.

L'intégration d'un modèle de comportement au croisement lors de l'interaction avec le véhicule automatisé est le premier domaine où les SHS peuvent améliorer l'efficacité des systèmes avec intelligence artificielle. Nous pouvons envisager alors d'intégrer nos modèles de prédiction comportemental en tant que règle (« dans 10% des cas, lors d'une interaction avec un véhicule automatisé, le conducteur de véhicule conventionnel passera au croisement alors qu'il n'est pas prioritaire »), ou en tant qu'apprentissage. Dans ce cas, pour apprendre, le système devra associer les caractéristiques du véhicule, et plus particulièrement sa cinématique, à un ensemble de comportements possibles à réactualiser en permanence. Concrètement, le modèle pourrait intégrer la probabilité d'un comportement différent du conducteur humain à l'arrivée au croisement lorsqu'il reconnaît le véhicule automatisé. Et si ce comportement se traduit par des activités de défense (c'est-à-dire caractérisant une faible acceptabilité : augmentation de la distance inter véhiculaire, ralentissement, plus d'arrêt, temps d'arrêt augmenté), alors, il existe une probabilité que le véhicule conventionnel ne passe pas alors qu'il en a le temps. La conséquence pour le véhicule automatisé pourrait être de signaler son arrivée par exemple par des IHM externes, des alarmes sonores ou visuelles, et s'engager de manière proactive suivant une planification qui tiendrait compte de ce modèle. Nos données expérimentales n'ont pas été suffisantes notamment en quantité pour pouvoir proposer un modèle de comportement valide. Cependant, si d'autres expérimentations testaient ce modèle, alors nous pourrions envisager de l'implémenter dans les algorithmes de planification et de décision.

La deuxième piste d'influence des SHS sur les systèmes avec intelligence artificielle est d'amener le système à prédire le comportement en estimant l'intention comportementale du conducteur. Bauer, Wollherr et Buss (2008) théorisent la « joint intention », soit la connaissance de l'intention de l'autre, à partir de ce qu'il fait réellement : c'est la compétence de percevoir l'environnement (rôle des capteurs et log associés) pour prendre une décision. C'est à partir du comportement observé (instantané et immédiatement passé) que les algorithmes prédisent le comportement futur. Pour comprendre l'intention de l'autre, les indices implicites que nous avons utilisés sont intéressants : ils peuvent être exploités à la fois par le conducteur humain et le robot. Ils se mesurent par l'accélération, la décélération, la position latérale sur la route, l'arrêt et sa durée (Imbsweiler, Stoll, Ruesch, Baumann, & Deml, 2018b; Garcia-Ortiz, 2014). L'observation de patterns de mouvement du véhicule est suffisante pour indiquer les intentions du conducteur (Camara et al., 2018a) et sont à la base des algorithmes de planification et de décision en développement. Kaysi et Abbany (2007) ont montré que le comportement passé immédiat sur la route (refus de priorité, accélération) participe à prédire le comportement, avec d'autres variables comme le trafic ou le type d'intersection. Il convient de noter deux éléments actuellement pris en compte par les concepteurs de ces dispositifs automatisés : d'abord, l'étude de l'environnement par le conducteur ne se limite pas à l'exploitation immédiate des données de comportement du véhicule avec lequel il est en interaction, mais plus largement des autres véhicules ou usagers de la route qui sont dans son champ visuel afin d'anticiper largement le comportement de tous les interactants de la route. Ensuite, la compréhension rapide des intentions des autres usagers de la route amène les développeurs à donner une place particulière à un déterminant particulier, l'évaluation de l'accélération de l'autre (Talebpour & Mahmassani, 2016). Ce sont donc les études en SHS qui permettent de spécifier les données déterminantes et suffisantes du comportement, que nous pouvons ensuite intégrer dans les algorithmes des systèmes automatisés.

La troisième piste pour les SHS est de modéliser les comportements particuliers. Nos expérimentations ont montré que l'interaction avec un véhicule automatisé, pour les personnes à faibles acceptabilité du système, était spécifié par un comportement défensif : moins de passage en premier au croisement, décélération, arrêt. Une exploration fine de ce type de comportement, *via* les variables de comportement de conduite, par rapport à un comportement moyen, permettrait d'identifier des catégories de conducteurs particuliers. Par exemple, si la

variable « décélération » passait sous un seuil à définir, un signal visuel se déclencherait pour avertir le conducteur que son comportement n'est pas celui attendu et pourrait gêner la circulation. Parmi les comportements particuliers étudié par les Sciences Humaines et Sociales, celui de l'agressivité au volant (Delhomme & Villieux, 2005; Villieux & Delhomme, 2008) pourrait aussi bénéficier de ce mariage avec l'exploration de données. Ou encore le comportement de prise de risque au volant dont la vitesse est un déterminant validé par la recherche en Sciences Humaines (Kockelman & Ma, 2018). Nos travaux consisteraient ici à identifier les comportements humains particulier, les mesurer, et valider des seuils significatifs qui justifieraient une action particulière quand ils seraient détectés.

Cette proposition peut s'appuyer sur les travaux développant l'Intention Mining (Khodabandelou et al., 2013b). Il s'agit d'une approche en gestion de données en Système d'Information, qui prédit la façon de penser (l'intention) des humains, à travers la reconnaissance et l'analyse des activités réalisées immédiatement avant une décision. Pour cela, la proposition est d'identifier des séquences d'activités de l'utilisateur, à partir d'une série d'évènement capturés par log, pour inférer les intentions des acteurs. Un groupe d'activités correspond à la réalisation d'une intention. Les données d'entrée des algorithmes sont les logs d'évènements. Le principe de l'algorithme repose sur quatre étapes : reconnaître les intentions (et stratégies qui y conduisent), vérifier la conformité du modèle par rapport à ce qui est réalisé, renforcer l'estimation de la conformité, recommander en temps réel aux acteurs des comportements en fonction de ce qu'ils sont supposés réaliser. Considérant l'importance des données observées, l'intention mining propose d'utiliser des techniques statistiques probabilistes : les données sont identifiées par catégorie de risque, elles sont temporelles, et elles sont observées (les activités) ou latentes (les stratégies ou les (sous-)intentions comportementales). Sans détailler l'algorithme en lui-même, nous avons cherché à savoir si les données collectées sur le simulateur pouvaient être utilisées dans ce modèle et prédire le comportement d'interaction en suivant le modèle de l'Intention Mining (Khodabandelou et al., 2013b). Suivant la démarche de l'Intention Mining, nous avons construit la carte du modèle, à partir des stratégies que les conducteurs utilisent pour réaliser leurs intentions comportementales. Une représentation de la carte du modèle et du détail des activités est proposée en annexes 11 et 12. L'étude de ce modèle avec nos données expérimentales permettrait de réaliser une matrice des activités et

de calculer la probabilité de réalisation de différentes stratégies. Des études sont en cours pour évaluer si les données comportementales observées sur le simulateur permettent de prédire les comportements proposés dans les annexes 11 et 12, en décomposant le comportement-cible « conduire sa fille à l'école à l'heure ce matin » et les sous-comportements intermédiaires « tourner au croisement », « être à l'heure », et « éviter une collision ». Elles permettront notamment de déterminer le type de données nécessaires pour réaliser ces prédictions, qualifier les différentes stratégies et déterminer les sous-comportements qui seraient dépendant d'un modèle de comportement préalablement estimé. Elles estimeront également si les modèles comportementaux cités avant participent à la précision de la prédiction comportementale. Cependant, notre échantillon de participants à l'étude sur simulateur n'ayant pas été satisfaisant puisqu'aucun n'avait de faible acceptabilité, nous n'avons pas observé de différence de comportement en interaction avec le véhicule automatisé et avec le véhicule conventionnel. La première conséquence est que nous n'avons pas identifié de stratégies comportementales différentes. La poursuite des études avec un échantillon non biaisé permettrait de réaliser une synthèse des stratégies de conduite plus satisfaisante.

#### 7.4.2. Approfondir l'étude du comportement des personnes à faible acceptabilité du véhicule automatisé

Les participants à faible acceptabilité du véhicule automatisé étaient absents de l'étude sur simulateur de conduite. Or, cette population nous intéresse tout particulièrement dans l'objet de notre recherche, à savoir démontrer le lien entre acceptabilité et type de comportement d'interaction. Identifier des participants à faible acceptabilité du véhicule automatisé et confirmer (ou infirmer) la relation avec le type de comportement est nécessaire face aux enjeux soulignés. Nos premières investigations ont montré qu'une faible acceptabilité était liée à un comportement défensif. Or, ne pas rouler est un enjeu collectif, qui intéresse par exemple la gestion du trafic. Si la relation entre faible acceptabilité du véhicule automatisé et comportement réservé d'interaction se confirmait, les parties prenantes pourraient réfléchir à des options pour augmenter l'acceptabilité sociale comme proposer des normes restrictives de circulation mixte (*via* la mise en place de couloirs séparés) ou imposer des Interfaces Homme-Machine externes précis sur les intentions du véhicule automatisé pour fluidifier l'interaction. La solution pourrait être aussi de travailler les déterminants de l'acceptabilité pour améliorer

ce score, *via* l'information aux usagers ciblés sur le fonctionnement du véhicule automatisé (déterminant visé : la performance perçue) comme des IHM externes informant que c'est un véhicule automatisé qui arrive; ou comment lire ses intentions (déterminant visé : facilité d'utilisation perçue) comme par exemple, une formation ou information dédiée au fonctionnement de la voiture automatisée pour les jeunes conducteurs. Des expérimentations sur site fermé renforcerait cette compréhension du dispositif. En complément du travail sur le processus d'acceptabilité du véhicule automatisé, les constructeurs pourraient aussi intégrer l'effet sur le comportement (ne pas passer) dans la programmation des algorithmes de décision : si le conducteur humain est sur la défensive, le véhicule automatisé pourrait être proactif, dans les situations complexes comme le croisement sans signalisation. Toutes ces interrogations militent en faveur d'une vérification soutenue de nos résultats avec un élargissement de l'échantillon expérimental, afin d'y compter des usagers à faible acceptabilité du véhicule automatisé.

En conclusion, la proposition théorique, appuyée sur les modèles de l'acceptance, a fait l'objet d'un modèle de l'acceptabilité dédié aux technologies non implémentées. Nos données expérimentales ont confirmé sa pertinence pour prédire l'intention comportementale à l'égard du véhicule automatisé. La généralisation de son utilisation à d'autres technologies, déployées dans des environnements et des activités différentes comme la santé, les technologies de l'information, l'éducation ou le travail, mériterait d'être estimée. La relation entre l'acceptabilité de l'usage du véhicule automatisé et l'acceptabilité de l'interaction avec ce dispositif sur la route relevait d'une ambition élevée. D'abord car la compatibilité attitude - comportement ne peut pas être assurée, et ensuite car les modèles de l'acceptance n'ont pas investigué la relation indirecte avec l'objet. La proposition d'élargir l'étude de l'acceptabilité en tant que processus à une acceptabilité correspondant à un résultat, le résultat d'un compromis social et de l'expérience dans laquelle la confiance et l'attitude sont essentielles, pourrait apporter des réponses.

## CONTRIBUTIONS SCIENTIFIQUES

### Journaux

**Van der Béken, G.**, Kraiem, S., Pansu, P., Somat, A. (soumis). How is judgment of acceptability constructed? A meta-analysis of factors of behavior intention toward non-experienced innovations.

### Conferences

**Van der Béken, G.**, Kraiem, S., Pansu, P., Somat, A. (2018, july). *Factors of acceptability of technological Innovation: A meta-analysis*. In Proceedings of the 29<sup>th</sup> International Congress of Applied Psychology (ICAP), Montreal, Canada, 24-30 july 2018.

### Séminaires

**Van der Béken, G.**, Kraiem, S., Pansu, P., Somat, A. (2017). Les déterminants de l'acceptabilité des innovations technologiques : une méta-analyse. *In Proceedings of the 1st<sup>th</sup> Smart Mobility on Intelligent Vehicle (SMIV)*, Versailles, France, 8 October 2017.

**Van der Béken, G.**, Kraiem, S. (2018). Modéliser le comportement du conducteur lors d'une interaction avec un véhicule autonome par questionnaire : cas du croisement en ville. Présenté dans la session poster thesisday; System X, 12 octobre 2018.

### Contribution projet ANR

Bel, M., **Van Der Béken, G.**, Pausiez, A., Payre, W., & Kraiem, S. (2017). *État de l'art Acceptabilité des véhicules autonomes. Projet AutoConduct. Rapport intermédiaire* (Doctoral dissertation, IFSTTAR-Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux).

## RÉFÉRENCES

- AAA Survey (2019). Three in four Americans remain afraid of fully self-driving vehicles. Récupéré le 4 juillet 2019 sur <https://newsroom.aaa.com/tag/autonomous-vehicles/>
- Åberg, L. (1993). Drinking and driving: Intentions, attitudes, and social norms of Swedish male drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 25, 289-296.
- Adnan, N., Nordin, S. M., bin Bahruddin, M. A., & Ali, M. (2018). How trust can drive forward the user acceptance to the technology? In-vehicle technology for autonomous vehicle. *Transportation research part A: policy and practice*, 118, 819-836.
- Agarwal, R., & Prasad, J. (1998). A conceptual and operational definition of personal innovativeness in the domain of information technology. *Information systems research*, 9(2), 204-215.
- Agarwal, R., & Prasad, J. (1999). Are individual differences germane to the acceptance of new information technologies? *Decision sciences*, 30(2), 361-391.
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational behavior and human decision processes*, 50(2), 179-211.
- Ajzen, I., & Fishbein, M. (1973). Attitudinal and normative variables as predictors of specific behavior. *Journal of personality and Social Psychology*, 27(1), 41.
- Ajzen, I., & Fishbein, M. (1975). Belief, attitude, intention and behavior: An introduction to theory and research.
- Ajzen, I. et Fishbein, M. (1980). Understanding attitudes and predicting social behaviour.
- Alexandre, B., Reynaud, E., Osiurak, F., & Navarro, J. (2018). Acceptance and acceptability criteria: a literature review. *Cognition, Technology & Work*, 1-13.
- Amin, H., Rizal Abdul Hamid, M., Lada, S., & Baba, R. (2009). Cluster analysis for bank customers' selection of Islamic mortgages in Eastern Malaysia: An empirical investigation. *International Journal of Islamic and Middle Eastern Finance and Management*, 2(3), 213-234.
- Aprville, L. Sécurité des véhicules connectés et/ou autonomes, MISC n°087, septembre 2016.
- Armitage, C. J., Conner, M., & Norman, P. (1999). Differential effects of mood on information processing: Evidence from the theories of reasoned action and planned behaviour. *European Journal of Social Psychology*, 29(4), 419-43
- Armitage, C., & Conner, M. (2001). Efficacy of the theory of planned behaviour: A meta-analytic review. *British Journal of Social Psychology*, 40(4), 471-499.
- Arts, J. W., Frambach, R. T., & Bijmolt, T. H. (2011). Generalizations on consumer innovation adoption: A meta-analysis on drivers of intention and behavior. *International Journal of Research in Marketing*, 28(2), 134-144.
- Asch, S. E. (1946). Forming impressions of personality. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, 41(3), 258.
- Assailly, J-P, (2018). Homo automobilis ou l'humanité routière. Imago. ISBN 2849529346.
- Atarodi, S., Berardi, A. M., & Toniolo, A. M. (2018). Le modèle d'acceptation des technologies depuis 1986: 30 ans de développement. *Psychologie du Travail et des Organisations*.
- Bagozzi, R. P., Lee, K. H., & Van Loo, M. F. (2001). Decisions to donate bone marrow: The role of attitudes and subjective norms across cultures. *Psychology and Health*, 16(1), 29-56.
- Bandura, A. (1986). The explanatory and predictive scope of self-efficacy theory. *Journal of social and clinical psychology*, 4(3), 359-373.
- Banks, V.A., and N.A. Stanton. 2016. "Keep the

- Driver in Control: Automating Automobiles of the Future.” *Applied Ergonomics* 53 (Part B): 389–395. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2015.06.020>.
- \*<sup>33</sup>Barth, M., Jugert, P., & Fritsche, I. (2016). Still underdetected—Social norms and collective efficacy predict the acceptance of electric vehicles in Germany. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 37, 64-77.
- Bartneck, C., & Forlizzi, J. (2004, September). A design-centred framework for social human-robot interaction. In *RO-MAN 2004. 13th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication* (IEEE Catalog No. 04TH8759) (pp. 591-594). IEEE.
- Batellier, P. (2015). *Acceptabilité sociale. Cartographie d’une notion et de ses usages*. Cahiers de recherche, UCQAM : Les publications du Centr’ERE, 152.
- Bauer, A., Wollherr, D. et Buss, M. (2008). Human-robot collaboration: A survey. *International Journal of Humanoid Robotics*, 5(1):47–66.
- Beanland, V., Lenné, M. G., Candappa, N., & Corben, B. (2013). Gap acceptance at stop-controlled T-intersections in a simulated rural environment. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 20, 80-89.
- Beckers, J. J., Wicherts, J. M., & Schmidt, H. G. (2007). Computer anxiety: “Trait” or “state”? *Computers in Human Behavior*, 23(6), 2851-2862.
- Bel, M. (2016). *Prédire l'utilisation d'une nouvelle technologie : le cas des Systèmes de Transports Intelligents Coopératifs* (Doctoral dissertation, Grenoble Alpes).
- Bel, M., Pansu, P., Somat, A., Page, Y. & Moessinger, M. (2016). Predicting the use of upcoming in-car technologies: A driver support systems acceptance model. 6th International Conference on Traffic and Transport Psychology, Brisbane (Australia), 2-5 August
- Bentler, P.M. (1989). *EQS structural equations program manual*. Los Angeles: BMDP Statistical Software.
- Bernoussi, M., & Florin, A. (1995). La notion de représentation : de la psychologie générale à la psychologie sociale et la psychologie du développement. *Enfance*, 48(1), 71-87.
- Bilan de la sécurité routière 2016. Récupéré le 1er août 2019 sur <https://www.securite-routiere-az.fr/v/vehicule-autonome/>.
- Bimbraw, K. (2015, July). Autonomous cars: Past, present and future a review of the developments in the last century, the present scenario and the expected future of autonomous vehicle technology. In *2015 12th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO)* (Vol. 1, pp. 191-198).
- Björklund, G. M., & Åberg, L. (2005). Driver behaviour in intersections: Formal and informal traffic rules. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 8(3), 239-253.
- Bobillier-Chaumon, M. E., & Dubois, M. (2009). L'adoption des technologies en situation professionnelle : quelles articulations possibles entre acceptabilité et acceptation ? *Le travail humain*, 72(4), 355-382.

---

<sup>33</sup> References marked with an asterix indicate studies included in the meta-analysis

- Bobillier-Chaumon, M. E. B. (2016). L'acceptation située des technologies dans et par l'activité : Premiers étayages pour une clinique de l'usage. *Psychologie du Travail et des Organisations*, 22(1), 4-21.
- Bollen, K. A. (1989). A new incremental fit index for general structural equation models. *Sociological Research and Methods*, 17, 303-316.
- Bonnemains, V., Tessier, C., & Saurel, C. (2018). Machines autonomes « éthiques » : questions techniques et éthiques. *Revue française d'éthique appliquée*, (1), 34-46.
- Bordel, S., Somat, A., Barbeau, H., Anceaux, F., Greffeuille, C., Menguy, G., ... & Gallenne, M. L. (2014). From technological acceptability to appropriation by users: Methodological steps for device assessment in road safety. *Accident Analysis & Prevention*, 67, 159-165.
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J., & Rothstein, H. R. (2009). *Introduction to meta-analysis*. Chichester: Wiley.
- Brangier, É., Dufresne, A., & Hammes-Adelé, S. (2009). Approche symbiotique de la relation humain-technologie : perspectives pour l'ergonomie informatique. *Le travail humain*, 72(4), 333-353.
- Breazeal, C.L. (2002). *Designing Sociable Robots*. MIT Press. ISBN 0-262-02510-8.
- \*Briz-Ponce, L., Pereira, A., Carvalho, L., Juanes-Méndez, J. A., & García-Peñalvo, F. J. (2017). Learning with mobile technologies—Students' behavior. *Computers in Human Behavior*, 72, 612-620.
- Browne, M. W., & Cudeck, R. (1993). Alternative ways of assessing model fit. *Sage focus editions*, 154, 136-136.
- Buckley, L., Kaye, S. A., & Pradhan, A. K. (2018). Psychosocial factors associated with intended use of automated vehicles: A simulated driving study. *Accident Analysis & Prevention*, 115, 202-208.
- Byers, J. C., Bittner, A. C., & Hill, S. G. (1989). Traditional and raw task load index (TLX) correlations: Are paired comparisons necessary? In: A. Mital (Eds.), *Advances in industrial ergonomics and safety*, pp. 481-485, Taylor & Francis, London.
- Byrne, B. M. (1994). Testing for the factorial validity, replication, and invariance of a measuring instrument: A paradigmatic application based on the Maslach Burnout Inventory. *Multivariate Behavioral Research*, 29(3), 289-311.
- Byrne, B. M. (2010). *Structural equation modeling with AMOS: basic concepts, applications, and programming (multivariate applications series)*. New York : Taylor & Francis Group, 396, 7384.
- Cacciabue, P. C., & Carsten, O. (2010). A simple model of driver behaviour to sustain design and safety assessment of automated systems in automotive environments. *Applied ergonomics*, 41(2), 187-197.
- Camara, F., Giles, O., Madigan, R., Rothmüller, M., Rasmussen, P. H., Vendelbo-Larsen, S. A., ... & Fox, C. (2018a). Filtration analysis of pedestrian-vehicle interactions for autonomous vehicle control. In *Proceedings of IAS-15. interACT*.
- Camara, F., Romano, R., Markkula, G., Madigan, R., Merat, N., & Fox, C. (2018b). Empirical game theory of pedestrian interaction for autonomous vehicles. In *Proceedings of Measuring Behavior 2018*. Manchester Metropolitan University.
- Castanier, C., Deroche, T., & Woodman, T. (2013). Theory of planned behaviour and road violations: The moderating influence of perceived behavioural control. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 18, 148-158.

- Castelfranchi, C., & Falcone, R. (1998). Principles of trust for MAS: Cognitive anatomy, social importance, and quantification. In *Multi Agent Systems, 1998. Proceedings. International Conference on* (pp. 72-79). IEEE.
- Cestac, J. (2009). *Habitudes et principe de compatibilité dans le modèle du comportement planifié : décisions pro-environnementales et automobile* (Doctoral dissertation, Université Paris Nanterre).
- Chan, M., & Singhal, A. (2015). Emotion matters: Implications for distracted driving. *Safety science*, 72, 302-309.
- Chang, A. (2012). UTAUT and UTAUT 2: A review and agenda for future research. *The Winners*, 13(2), 10-114.
- Chauvin, C., Letirand, F., & Delhomme, P. (2007). Corrélats sociocognitifs de la prise de décision en situation d'interaction dynamique. *Le travail humain*, 70(1), 33-65.
- Chen, C. D., Fan, Y. W., & Farn, C. K. (2007). Predicting electronic toll collection service adoption: An integration of the technology acceptance model and the theory of planned behavior. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 15(5), 300-311.
- Chen, N. H., & Huang, S. C. T. (2016). Domestic technology adoption: comparison of innovation adoption models and moderators. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 26(2), 177-190.
- Cheng, T. E., Lam, D. Y., & Yeung, A. C. (2006). Adoption of internet banking: an empirical study in Hong Kong. *Decision support systems*, 42(3), 1558-1572.
- Cheon, J., Lee, S., Crooks, S. M., & Song, J. (2012). An investigation of mobile learning readiness in higher education based on the theory of planned behavior. *Computers & education*, 59(3), 1054-1064
- Chiu, W, Kim, T and Won, D (2018). Predicting consumers' intention to purchase sporting goods online: An application of the model of goal- directed behavior. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 30 (2). pp. 333-351. ISSN 1355-5855.
- Chong, A. Y. L., Darmawan, N., Ooi, K. B., & Lin, B. (2010). Adoption of 3G services among Malaysian consumers: an empirical analysis. *International Journal of Mobile Communications*, 8(2), 129-149.
- Chong, A. Y. L., Chan, F. T., & Ooi, K. B. (2012). Predicting consumer decisions to adopt mobile commerce: Cross country empirical examination between China and Malaysia. *Decision Support Systems*, 53(1), 34-43.
- \*Chuah, S. H. W., Rauschnabel, P. A., Krey, N., Nguyen, B., Ramayah, T., & Lade, S. (2016). Wearable technologies: The role of usefulness and visibility in smartwatch adoption. *Computers in Human Behavior*, 65, 276-284
- Cialdini, R. B., Kallgren, C. A., & Reno, R. R. (1991). A focus theory of normative conduct: A theoretical refinement and reevaluation of the role of norms in human behavior. *Advances in Experimental Social Psychology*, 24, 201-234.
- Cochran, W. G. (1954). The combination of estimates from different experiments. *Biometrics*, 10(1), 101-129.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* Lawrence Earlbaum Associates. Hillsdale, NJ, 20-26.
- Compeau, D. R., & Higgins, C. A. (1995). Computer self-efficacy: Development of a measure and initial test. *MIS quarterly*, 189-211.

- Courbet, D., & Fourquet-Courbet, MP. (2005). Modèles et mesures de l'influence de la communication : Nouvelles perspectives ouvertes par la psychologie sociale. *Market Management*, 5(1), 7-26.
- Cox automotive (2018), Evolution of mobility study: autonomous vehicule. Récupéré le 4 juillet 2019 sur [https://www.coxautoinc.com/wp-content/uploads/2018/08/2018-Cox-Automotive-Evolution-of-Mobility-Study\\_Autonomous-Vehicles-Research-FINAL.pdf](https://www.coxautoinc.com/wp-content/uploads/2018/08/2018-Cox-Automotive-Evolution-of-Mobility-Study_Autonomous-Vehicles-Research-FINAL.pdf)
- \*Crespo, Á. H., & del Bosque, I. R. (2008). The effect of innovativeness on the adoption of B2C e-commerce: A model based on the Theory of Planned Behaviour. *Computers in Human Behavior*, 24(6), 2830-2847.
- Cronbach (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests », *Psychometrika*, vol. 16, no 3, p. 297-334.
- CVT Athéna, Etude des impacts de la voiture autonome sur le design du Grand Paris, Rapport final, mai 2017. Récupéré le 4 juillet 2019 sur <https://mobilidoc.fr/document-286>.
- Daoudi, M., Coello, Y., Descrosiers, P. A., & Ott, L. (2018, May). A New Computational Approach to Identify Human Social intention in Action. In 2018 13th IEEE International Conference on Automatic Face & Gesture Recognition (FG 2018) (pp. 512-516). IEEE.
- Dautenhahn, K., Bond, A. H., Canamero, L., & Edmonds, B. (Eds.). (2002). *Socially intelligent agents: Creating relationships with computers and robots (Vol. 3)*. Springer Science & Business Media.
- Davis, F. D. (1989a). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS quarterly*, 319-340.p323
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R. (1989b). User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models. *Management science*, 35(8), 982-1003.
- de Graaf, M. M., Allouch, S., & Van Dijk, J. A. (2019). Why would I use this in my home? A model of domestic social robot acceptance. *Human-Computer Interaction*, 34(2), 115-173.
- de Visser, E. J., Pak, R., & Shaw, T. H. (2018). From 'automation' to 'autonomy': the importance of trust repair in human-machine interaction. *Ergonomics*, 1-19.
- Deci, E., Ryan, RM. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. Springer Science & Business Media.
- Delhomme, P., & Villieux, A. (2005). Adaptation française de l'échelle de colère au volant DAS : quels liens entre colère éprouvée au volant, infractions et accidents de la route déclarés par de jeunes automobilistes ? *Revue Européenne de Psychologie Appliquée/European Review of Applied Psychology*, 55(3), 187-205.
- Delhomme, P., Fernandez, V., & Paran, F. (2008). Exploitation de la vague 3 de l'enquête Marc. Volume 1 : croyances vis à vis de la vitesse et risque routier. Rapport final-version courte.
- Distler, V., Lallemand, C., & Bellet, T. (2018, April). Acceptability and Acceptance of Autonomous Mobility on Demand: The Impact of an Immersive Experience. In *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (p. 612). ACM.
- Dogan, E., Chatila, R., Chauvier, S., Evans, K., Hadjixenophontos, P., & Perrin, J. (2016, March). Ethics in the Design of Automated Vehicles: The AVEthics project. In *EDIA@ ECAI* (pp. 10-13).
- Dwivedi, Y., Rana, N., Chen, H., & Williams, M. (2011). A Meta-analysis of the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT). *Governance and sustainability in information systems. Managing the transfer and diffusion of it*, 155-170.

- Egea, J. M. O., & González, M. V. R. (2011). Explaining physicians' acceptance of EHCR systems: An extension of TAM with trust and risk factors. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 319-332.
- Ekman, F., Johansson, M., & Sochor, J. (2016). Creating appropriate trust for autonomous vehicle systems: A framework for HMI Design (No. 16-3268).
- Elliot, M. Armitage, J., & Baughan, C. (2005). Exploring the beliefs underpinning drivers' intention to comply with speed limits. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 8 (6), 459-479.
- Emsenhuber, E. M., & Zielke, S. (2012, november). Determinants of the acceptance of electric vehicles An Empirical Analysis. Department of business administration, business and social sciences.
- \*Erdoğan, N., & Esen, M. (2011). An investigation of the effects of technology readiness on technology acceptance in e-HRM. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 24, 487-495.
- Fallery, B., & Rodhain, F. (2007). Quatre approches pour l'analyse de données textuelles : lexicale, linguistique, cognitive, thématique. In XVIème Conférence de l'Association Internationale de Management Stratégique AIMS (pp. pp-1). AIMS.
- Fazio, R. H., Chen, J. M., McDonel, E. C., & Sherman, S. J. (1982). Attitude accessibility, attitude-behavior consistency, and the strength of the object-evaluation association. *Journal of experimental social psychology*, 18(4), 339-357.
- Fazio, R. H. (2007). Attitudes as object-evaluation associations of varying strength. *Social cognition*, 25(5), 603-637.
- \*Ferreira, J. B., da Rocha, A., & da Silva, J. F. (2014). Impacts of technology readiness on emotions and cognition in Brazil. *Journal of Business Research*, 67(5), 865-873.
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research*.
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (2011). *Predicting and changing behavior: The reasoned action approach*. Taylor & Francis.
- Fortin, M. J., & Fournis, Y. (2011, December). L'acceptabilité sociale de projets énergétiques au Québec : la difficile construction par l'action publique. In *Symposium Territoire et Environnement : des représentations à l'action*, Tours (pp. 8-9).
- Fox, C., Camara, F., Markkula, G., Romano, R., Madigan, R., & Merat, N. (2018, January). When should the chicken cross the road? Game theory for autonomous vehicle-human interactions. In *To be confirmed*. Leeds.
- Frambach, R. T., & Schillewaert, N. (2002). Organizational innovation adoption: A multi-level framework of determinants and opportunities for future research. *Journal of business research*, 55(2), 163-176.
- Frison, A. K., Aigner, L., Wintersberger, P., & Riener, A. (2018, September). Who is Generation A? Investigating the Experience of Automated Driving for Different Age Groups. In *Proceedings of the 10th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications* (pp. 94-104). ACM
- Garcia-Ortiz, M. (2014). Prediction of driver behavior.
- Gefen, D., Karahanna, E., & Straub, DW. (2003). Inexperience and experience with online stores: the importance of TAM and trust. *IEEE Transactions on engineering management*, 50(3), 307-321.
- Ghazizadeh, M., Lee, JD., Boyle, LN. (2012). Extending in the Technology Acceptance Model to assess automation. *Cognitive Technology Work* 14 (1), 39-49.

- Glancy, D. J. (2012). Privacy in autonomous vehicles. *Santa Clara L. Rev.*, 52, 1171.
- Grandón, E. E., Nasco, S. A., & Mykytyn Jr, P. P. (2011). Comparing theories to explain e-commerce adoption. *Journal of Business Research*, 64(3), 292-298.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., & Tatham, R. L. (1998). *Multivariate data analysis* (Vol. 5, No. 3, pp. 207-219).
- Hamari, J., & Keronen, L. (2017). Why do people play games? A meta-analysis. *International Journal of Information Management*, 37(3), 125-141.
- Hamdar, S. H., Qin, L., & Talebpour, A. (2016). Weather and road geometry impact on longitudinal driving behavior: Exploratory analysis using an empirically supported acceleration modeling framework. *Transportation research part C: emerging technologies*, 67, 193-213.
- Hancock, P. A., Billings, D. R., Schaefer, K. E., Chen, J. Y., De Visser, E. J., & Parasuraman, R. (2011). A meta-analysis of factors affecting trust in human-robot interaction. *Human factors*, 53(5), 517-527.
- Helldin, T., Falkman, G., Riveiro, M., & Davidsson, S. (2013, October). Presenting system uncertainty in automotive UIs for supporting trust calibration in autonomous driving. In *Proceedings of the 5th international conference on automotive user interfaces and interactive vehicular applications* (pp. 210-217). ACM.
- Helmers, G., & Aberg, L. (1978). Driver behavior in intersections as related to priority rules and road design. An exploratory study. (Rapport 167). Linköping, Sweden: VTI.
- Higgins, J., & Thompson, S. G. (2002). Quantifying heterogeneity in a meta-analysis. *Statistics in medicine*, 21(11), 1539-1558.
- Hoff, K. A., & Bashir, M. (2015). Trust in automation: Integrating empirical evidence on factors that influence trust. *Human Factors*, 57(3), 407-434.
- Hohenberger, C., Spörrle, M., & Welpel, I. M. (2016). How and why do men and women differ in their willingness to use automated cars? The influence of emotions across different age groups. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 94, 374-385.
- Holden, R. J., & Karsh, B. T. (2010). The technology acceptance model: its past and its future in health care. *Journal of biomedical informatics*, 43(1), 159-172
- \*Hong, J. C., Hwang, M. Y., Ting, T. Y., Tai, K. H., & Lee, C. C. (2013). The Innovativeness and Self-Efficacy Predict the Acceptance of Using iPad2 as a Green Behavior by the Government's Top Administrators. *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, 12(2), 313-320.
- Hsiao, C. H., & Yang, C. (2011). The intellectual development of the technology acceptance model: a co-citation analysis. *International Journal of Information Management*, 31, 128-136.
- \*Hsieh, P. J. (2015). Healthcare professionals' use of health clouds: Integrating technology acceptance and status quo bias perspectives. *International journal of medical informatics*, 84(7), 512-523
- \*Hsieh, P. J. (2016). An empirical investigation of patients' acceptance and resistance toward the health cloud: The dual factor perspective. *Computers in Human Behavior*, 63, 959-969.
- Hu, L.-T., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indices in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling*, 6, 1-55.
- Huedo-Medina, T. B., Sánchez-Meca, J., Marín-Martínez, F., & Botella, J. (2006). Assessing heterogeneity in meta-analysis: Q statistic or I<sup>2</sup> index? *Psychological methods*, 11(2), 193

- Hulse, L. M., Xie, H., & Galea, E. R. (2018). Perceptions of autonomous vehicles: Relationships with road users, risk, gender and age. *Safety Science*, 102, 1-13.
- Hunter, J. E., Schmidt, F. L., & Jackson, G. B. (1982). *Meta-analysis: Cumulating research findings across studies* (Vol. 4). Sage Publications, Inc.
- Hunter, J. E., & Schmidt, F. L. (1990). Dichotomization of continuous variables: The implications for meta-analysis.
- \*Hwang, Y. (2010). The moderating effects of gender on e-commerce systems adoption factors: An empirical investigation. *Computers in Human Behavior*, 26(6), 1753-1760.
- Ifop. (2018). *L'attitude des Français face à la voiture autonome*. Ifop pour le Ministère de la Transition Écologique et Solidaire
- IFSTTAR. *Regards croisés sur le Véhicule Autonome*, 2017
- Imbsweiler, J., Ruesch, M., Weinreuter, H., León, F. P., & Deml, B. (2018a). Cooperation behaviour of road users in t-intersections during deadlock situations. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 58, 665-677.
- Imbsweiler, J., Stoll, T., Ruesch, M., Baumann, M., & Deml, B. (2018b). Insight into cooperation processes for traffic scenarios: modelling with naturalistic decision making. *Cognition, Technology & Work*, 20(4), 621-635.
- Ipsos (2018). *Voitures autonomes : les Français intéressés mais pas convaincus*. Récupéré le 4 juillet 2019 sur <https://www.ipsos.com/fr-fr/voitures-autonomes-les-francais-intereesses-mais-pas-convaincus>.
- \*Jackson, J. D., Mun, Y. Y., & Park, J. S. (2013). An empirical test of three mediation models for the relationship between personal innovativeness and user acceptance of technology. *Information & Management*, 50(4), 154-161.
- Jak, S., & Cheung, M. W. L. (2018). Accounting for missing correlation coefficients in fixed-effects MASEM. *Multivariate behavioral research*, 53(1), 1-14.
- Jiang, J. J., Muhanna, W. A., & Klein, G. (2000). User resistance and strategies for promoting acceptance across system types. *Information & Management*, 37(1), 25-36.
- Jerčić, P., Wen, W., Hagelbäck, J., & Sundstedt, V. (2018). The Effect of Emotions and Social Behavior on Performance in a Collaborative Serious Game Between Humans and Autonomous Robots. *International Journal of Social Robotics*, 10(1), 115-129.
- Jiang, J. J., Muhanna, W. A., & Klein, G. (2000). User resistance and strategies for promoting acceptance across system types. *Information & Management*, 37(1), 25-36
- Jöreskog, K. G., & Sörbom, D. (1993). *LISREL 8: Structural equation modeling with the SIMPLIS command language*. Scientific Software International.
- Kahn, P. H., Friedman, B., Perez-Granados, D. R., & Freier, N. G. (2006). Robotic pets in the lives of preschool children. *Interaction Studies*, 7(3), 405-436.
- Kauffmann, N., Naujoks, F., Winkler, F., & Kunde, W. (2017, July). Learning the "Language" of Road Users-How Shall a Self-driving Car Convey Its Intention to Cooperate to Other Human Drivers? In *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics* (pp. 53-63). Springer, Cham.
- Kaysi, I. A., & Abbany, A. S. (2007). Modeling aggressive driver behavior at unsignalized intersections. *Accident Analysis & Prevention*, 39(4), 671-678.
- Khodabandelou b, G., Hug, C., Deneckere, R., & Salinesi, C. (2013a, May). Supervised intentional process models discovery using hidden markov models. In *Research Challenges in Information Science (RCIS), 2013 IEEE Seventh International Conference on* (pp. 1-11). IEEE.

- Khodabandelou c, G., Hug, C., Deneckere, R., & Salinesi, C. (2013b). Process mining versus intention mining. In *Enterprise, Business-Process and Information Systems Modeling* (pp. 466-480). Springer, Berlin, Heidelberg.
- \*Kifle, M., Payton, F. C., Mbarika, V., & Meso, P. (2010). Transfer and adoption of advanced information technology solutions in resource-poor environments: the case of telemedicine systems adoption in Ethiopia. *Telemedicine and e-Health*, 16(3), 327-343.
- Kijsanayotin, B., Pannarunothai, S., & Speedie, S. M. (2009). Factors influencing health information technology adoption in Thailand's community health centers: Applying the UTAUT model. *International journal of medical informatics*, 78(6), 404-416.
- \*Kim, D. Y. (2009). The moderating effect of individual and organizational factors on information technology acceptance: The case of US CVBS'internet marketing. *Journal of Travel & Tourism Marketing*, 26(3), 329-343.
- King, WR., & He, J. (2006). A meta-analysis of the technology acceptance model. *Information & Management*, 43(6), 740-755.
- \*Kitchen, P. J., Martin, R., & Che-Ha, N. (2015). Long term evolution mobile services and intention to adopt: a Malaysian perspective. *Journal of Strategic Marketing*, 23(7), 643-65
- Klein, G. (2008). Naturalistic decision making. *Human factors*, 50(3), 456-460.
- Kline, R. B. (2010). *Principles and practice of structural equation modeling* (3rd ed.).
- Kockelman, K., & Ma, J. (2018). Aggressive Driving and Speeding. In *Safe Mobility: Challenges, Methodology and Solutions* (pp. 37-55). Emerald Publishing Limited.
- Khodabandelou a, G., Hug, C., Deneckère, R., & Salinesi, C. (2014, May). Unsupervised discovery of intentional process models from event logs. In *Proceedings of the 11th Working Conference on Mining Software Repositories* (pp. 282-291). ACM.
- König, M., & Neumayr, L. (2017). Users' resistance towards radical innovations: The case of the self-driving car. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 44, 42-52.
- Kraiem, S., Bel, M., & Coeugnet, S. (2018, june). Prediction of the road users' behaviors beyond an autonomous vehicle. In *29th international congress of applied psychology*, Montréal.
- Kulviwat, S., Bruner, I. I., Gordon, C., Kumar, A., Nasco, S. A., & Clark, T. (2007). Toward a unified theory of consumer acceptance technology. *Psychology & Marketing*, 24(12), 1059-1084.
- \*Kulviwat, S., Bruner II, G. C., & Al-Shuridah, O. (2009). The role of social influence on adoption of high-tech innovations: The moderating effect of public/private consumption. *Journal of Business Research*, 62(7), 706-712
- \*Kulviwat, S., C. Bruner II, G., & P. Neelankavil, J. (2014). Self-efficacy as an antecedent of cognition and affect in technology acceptance. *Journal of Consumer Marketing*, 31(3), 190-199.
- Kwee-Meier, S. T., Bützler, J. E., & Schlick, C. (2016). Development and validation of a technology acceptance model for safety-enhancing, wearable locating systems. *Behaviour & Information Technology*, 35(5), 394-409.
- Kyriakidis, M., Happee, R., & de Winter, J. C. (2015). Public opinion on automated driving: Results of an international questionnaire among 5000 respondents. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 32, 127-140.
- L'observatoire Cetelem. (2016). Voiture autonome : les automobilistes prêts à lâcher le volant pour la Silicon Valley. Récupéré le 4 juillet 2019 sur <https://observatoirecetelem.com/wp-content/uploads/2013/07/observatoire-cetelem-automobile-2016.pdf>

- \*Ladeinde, O. A. (2011). An Empirical Study on User Acceptance of Simulation Techniques for Business Process.
- Lakens, D., Schubert, T., & Paladino, M.P. (2016). 13 Social Antecedents and Consequences of Behavioral Synchrony. *Shared representations : sensorimotor foundations of social life*, 254.
- Larue, GS., Naweed, A., & Rodwell, D. (2018). The road user, the pedestrian, and me: Investigating the interactions, errors and escalating risks of users of fully protected level crossing. *Safety Science*.
- \*Lee, H. J., Lim, H., Jolly, L. D., & Lee, J. (2009). Consumer lifestyles and adoption of high-technology products: a case of South Korea. *Journal of International Consumer Marketing*, 21(2), 153-167
- Lee, J. D., & See, K. A. (2004). Trust in automation: Designing for appropriate reliance. *Human factors*, 46(1), 50-80.
- Lee, MKO., Cheung, CMK., Chen, Z. (2005). Acceptance of internet-based learning medium: the role of extrinsic and intrinsic motivation. *Informatic Management*, 42 (3), 191-204.
- Lee, Y., Kozar, K. A., & Larsen, K. R. T. (2003). The technology acceptance model: Past, present and future. *Communications of the Association for Information Systems*, 12(1), 752–780.
- Lees & See, 2007 : Lees, M.N., & Lee, J.D. (2007). The influence of distraction and driving context on driver response to imperfect collision warning systems. *Ergonomics*, 50(8), 1264-1286.
- Lefeuvre, R., Bordel, S., Guingouain, G., Somat, A., Testé, B., & Pichot, N. (2008). Sentiment de contrôle et acceptabilité sociale a priori des aides à la conduite. *Le travail humain*, 71(2), 97-135.
- Legris, P., Ingham, J., & Colletette, P. (2003). Why do people use information technology? A critical review of the technology acceptance model. *Information & management*, 40(3), 191-204
- Letirand, F. (2006). Etude du comportement de vitesse comme un choix entre le respect et diverses transgressions de la vitesse limite. Thèse de doctorat (document non publié) Université Paris V - René Descartes.
- \*Lian, J. W., & Yen, D. C. (2014). Online shopping drivers and barriers for older adults: Age and gender differences. *Computers in Human Behavior*, 37, 133-143.
- Lin, L., & Shiqian, W. (2018). Factors influencing the behavior intention of E-banking transactions through mobile phones in China. *Journal of Internet Banking and Commerce*, 23(1), 1-11.
- Lin, S. P., Hsieh, C. Y., & Ho, T. M. (2014). Innovative healthcare cloud service model. In *Applied Mechanics and Materials* (Vol. 543, pp. 4511-4513). Trans Tech Publications
- Lipsey, M., & Wilson, D. B. (2001). *Practical meta-analysis* (Vol. 49). Thousand Oaks, CA: Sage publications.
- Lu, J., Liu, C., Yu, C. S., & Wang, K. (2008). Determinants of accepting wireless mobile data services in China. *Information & Management*, 45(1), 52-64.
- Lundgren, V. M., Habibovic, A., Andersson, J., Lagström, T., Nilsson, M., Sirkka, A., ... & Saluäär, D. (2017). Will there be new communication needs when introducing automated vehicles to the urban context? In *Advances in Human Aspects of Transportation* (pp. 485-497). Springer, Cham.

- \*Luo, X., Gurung, A., & Shim, J. P. (2010). Understanding the determinants of user acceptance of enterprise instant messaging: an empirical study. *Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce*, 20(2), 155-181.
- Lyons, J. B., & Stokes, C. K. (2012). Human-human reliance in the context of automation. *Human Factors*, 54(1), 112–121.
- Ma, Q., & Liu, L. (2004). The technology acceptance model: A meta-analysis of empirical findings. *Journal of Organizational and End User Computing (JOEUC)*, 16(1), 59-72.
- \*Madigan, R., Louw, T., Dziennus, M., Graindorge, T., Ortega, E., Graindorge, M., & Merat, N. (2016). Acceptance of Automated Road Transport Systems (ARTS): an adaptation of the UTAUT model. *Transportation Research Procedia*, 14, 2217-2226.
- Madigan, R., Louw, T., Wilbrink, M., Schieben, A., & Merat, N. (2017). What influences the decision to use automated public transport? Using UTAUT to understand public acceptance of automated road transport systems. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 50, 55-64.
- Mandart, S. La pollution automobile en Europe. 27 novembre 2018, *Journal Le Monde*
- Meeder, E. Bosina, and U. Weidmann. "Autonomous vehicles: Pedestrian heaven or pedestrian hell?" *Swiss Transport Research Conference*, 2017. Merat, N., Madigan, R., & Nordhoff, S. (2017). Human factors, user requirements, and user acceptance of ride-sharing in automated vehicles.
- Merat, N., Madigan, R., & Nordhoff, S. (2017). Human factors, user requirements, and user acceptance of ride-sharing in automated vehicles.
- Mercado, J., Rupp, M., Chen, J., Barnes, M., Barber, D., & Procci, K. (2016). Intelligent agent transparency in human-agent teaming for multi-UxV management. *Human Factors*, 58, 401–415.
- Meuter, M. L., Ostrom, A. L., Bitner, M. J., & Roundtree, R. (2003). The influence of technology anxiety on consumer use and experiences with self-service technologies. *Journal of Business Research*, 56(11), 899-906.
- Michel, G., Purper-Ouakil, D., & Mouren-Siméoni, M. C. (2002). Prises de risque chez les jeunes. Les conduites dangereuses en véhicules motorisés. *Neuropsychiatrie de l'enfance et de l'adolescence*, 50(8), 583-589.
- \*Miltgen, C. L., Popovič, A., & Oliveira, T. (2013). Determinants of end-user acceptance of biometrics: Integrating the “Big 3” of technology acceptance with privacy context. *Decision Support Systems*, 56, 103-114.
- Minsky, M. (1956). Some Universal Elements for Finite Automata. In *Automata Studies*, Volume 34, ed. C. E. Shannon and J. McCarthy, 117–128. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Mishra, D., Kumar, D. A., & Mishra, S. (2010). Predictive data mining: Promising future and applications. *Int. J. of Computer and Communication Technology*, 2(1), 20-28.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & Prisma Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS med*, 6(7), e1000097.
- \*Molin, E. J., & Brookhuis, K. A. (2007). Modelling acceptability of the intelligent speed adapter. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 10(2), 99-108.

- Moore, G. C., & Benbasat, I. (1991). Development of an instrument to measure the perceptions of adopting an information technology innovation. *Information systems research*, 2(3), 192-222.
- \*Morosan, C. (2012). Theoretical and empirical considerations of guests' perceptions of biometric systems in hotels: Extending the technology acceptance model. *Journal of Hospitality & Tourism Research*, 36(1), 52-84.
- Moták, L., Neuville, E., Chambres, P., Marmoiton, F., Monéger, F., Coutarel, F., & Izaute, M. (2017). Antecedent variables of intentions to use an autonomous shuttle: Moving beyond TAM and TPB? *Revue Européenne de Psychologie Appliquée/European Review of Applied Psychology*, 67(5), 269-278.
- \*Mun, Y. Y., Jackson, J. D., Park, J. S., & Probst, J. C. (2006). Understanding information technology acceptance by individual professionals: Toward an integrative view. *Information & Management*, 43(3), 350-363.
- Naumann, M., & Stiller, C. (2017). Towards cooperative motion planning for automated vehicles in mixed traffic. arXiv preprint arXiv:1708.06962.
- Nienaber, A. M., & Schewe, G. (2014). Enhancing trust or reducing perceived risk, what matters more when launching a new product? *International Journal of Innovation Management*, 18(01), 1450005.
- Niesser, U. (1976). *Cognition and reality: Principles and implications of cognitive psychology*.
- Nomura, T., Kanda, T., & Suzuki, T. (2006). Experimental investigation into influence of negative attitudes toward robots on human-robot interaction. *Ai & Society*, 20(2), 138-150.
- Nordhoff, S., Kyriadikis, M., Van Arem, B., Ruhrort, L., Graff, A., & Happee, R. (2016). Beyond socio-demographics and mobility characteristics: why we need psychological factors in explaining acceptance of automated vehicles. (Not yet submitted).
- O'Cass, S., Carlson, J. (2012). An empirical assessment of consumers' evaluations of web site service quality: conceptualizing and testing a formative model. *Journal of Services Marketing*, 26(6), 419-434.
- Oliver Wyman (2018). *Autonomie : une révolution en marche*. Récupéré le 4 mars 2019 sur [https://www.oliverwyman.fr/content/dam/oliver-wyman/europe/france/fr/Publications/Autonomie\\_Une-revolution-en-marche\\_Version-web.pdf](https://www.oliverwyman.fr/content/dam/oliver-wyman/europe/france/fr/Publications/Autonomie_Une-revolution-en-marche_Version-web.pdf).
- OpinionWay pour VMWare. (2017). *L'usage des innovations par les Français*. Récupéré le 4 mars 2019 sur <https://fr.slideshare.net/contactOpinionWay/opinionway-pour-vmware-intelligence-artificielle-novembre-2017>
- Orwin, R. G. (1983). A fail-safe N for effect size in meta-analysis. *Journal of educational statistics*, 8(2), 157-159.
- Osswald, S., Wurhofer, D., Trösterer, S., Beck, E., & Tscheligi, M. (2012, October). Predicting information technology usage in the car: towards a car technology acceptance model. In *Proceedings of the 4th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications* (pp. 51-58). ACM.
- Parasuraman, R.(a) (2000). Designing automation for human use: empirical studies and quantitative models. *Ergonomics*, 43(7), 931-951.
- Parasuraman, R., Sheridan, T. B., & Wickens, C. D. (2008). Situation awareness, mental workload, and trust in automation: Viable, empirically supported cognitive engineering constructs. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 2(2), 140-160.
- Park, J., Kim, J., Nam, C., & Kim, S. (2013). Driver's intention to use smartphone-car connectivity.

- Park, S. Y. (2009). An analysis of the technology acceptance model in understanding university students' behavioral intention to use e-learning. *Educational technology & society*, 12(3), 150-162.
- Parker, D., Manstead, A.S.R., Stradling, S.G., Reason, J.T., & Baxter, J.S. (1992). Intention to commit driver violations: An application of the theory of planned behavior. *Journal of Applied Psychology*, 77 (1), 94-101.
- Pasquier, H. (2013). Définir l'acceptabilité sociale dans les modèles d'usage : vers l'introduction de la valeur sociale dans la prédiction du comportement d'utilisation (Doctoral dissertation, Université Rennes 2).
- Payre, W., Cestac, J., & Delhomme, P. (2014). Intention to use a fully automated car: Attitudes and a priori acceptability. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 27, 252-263.
- Pearson, K. (1901). On Lines and Planes of Closest Fit to Systems of Points in Space. *Philosophical Magazine*, vol. 2, no 6, p. 559-572.
- Pelletier, C., & Moreau, E. (2008). L'appropriation des technologies de l'Internet et ses facteurs critiques de succès un défi de plus pour les PME ? *Revue internationale P.M.E. : économie et gestion de la petite et moyenne entreprise*, 21, 75-117.
- Pettifor, H., Wilson, C., Aksen, J., Abrahamse, W., & Anable, J. (2017). Social influence in the global diffusion of alternative fuel vehicles—A meta-analysis. *Journal of Transport Geography*, 62, 247-261.
- Phichitchaisopa, N., & Naenna, T. (2013). Factors affecting the adoption of healthcare information technology. *EXCLI journal*, 12, 413.
- Poupon, L. (2017). L'acceptation de la voiture électrique : étude d'un processus, de l'acceptabilité à l'acceptation située (Doctoral dissertation, Université de Lyon).
- Pynoo, B., Tondeur, J., Van Braak, J., Duyck, W., Sijnave, B., & Duyck, P. (2012). Teachers' acceptance and use of an educational portal. *Computers & Education*, 58(4), 1308-1317.
- Ragot, I., & Munduteguy, C. (2008). Etude des déterminants psychologiques du risque routier des deux-roues à moteur : une approche interactive entre conducteurs de deux-roues et automobilistes. Les résultats FONDATION MAIF.
- Rahman, M. M. (2016). Driver acceptance of advanced driver assistance systems and semi-autonomous driving systems (Doctoral dissertation, Mississippi State University).
- Rahman, M. M., Lesch, M. F., Horrey, W. J., & Strawderman, L. (2017). Assessing the utility of TAM, TPB, and UTAUT for advanced driver assistance systems. *Accident Analysis & Prevention*, 108, 361-373.
- Ram, T., & Chand, K. (2016). Effect of drivers' risk perception and perception of driving tasks on road safety attitude. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 42, 162-176.
- Ridings, C. M., Gefen, D., & Arinze, B. (2002). Some antecedents and effects of trust in virtual communities. *The Journal of Strategic Information Systems*, 11(3-4), 271-295
- Robinson, M. D., Watkins, E. R., & Harmon-Jones, E. (2013). *Handbook of cognition and emotion*. Guilford Press.
- Rogers, E. M. (1995). *Diffusion of innovations* (4th ed.). New York: The Free Press.
- Rogers, E. M. (2010). *Diffusion of innovations*. Simon and Schuster.
- Rosenthal, R. (1979). The file drawer problem and tolerance for null results. *Psychological bulletin*, 86(3), 638.

- Rupp, J. D., & King, A. G. (2010). Autonomous driving-A practical roadmap (No. 2010-01-2335). SAE Technical Paper.
- Saade, R. G., & Kira, D. (2007). Mediating the impact of technology usage on perceived ease of use by anxiety. *Computers & Education*, 49, 1189-1204.
- \*Saeed, K. A., Abdinnour, S., Lengnick-Hall, M. L., & Lengnick-Hall, C. A. (2010). Examining the impact of Pre-Implementation expectations on Post-Implementation use of enterprise systems: A longitudinal study. *Decision Sciences*, 41(4), 659-688.
- Saiz, A., Salazari, A. (2017). *Le futur de l'immobilier aux États-Unis*, MIT.
- Schade, J., & Schlag, B. (2000). Acceptability of urban transport pricing. *Valtion Taloudellinen Tutkimuskeskus*.
- Schaefer, K. E., Billings, D. R., Szalma, J. L., Adams, J. K., Sanders, T. L., Chen, J. Y., & Hancock, P. A. (2014). A meta-analysis of factors influencing the development of trust in automation: Implications for human-robot interaction (No. ARL-TR-6984). ARMY RESEARCH LAB ABERDEEN PROVING GROUND MD HUMAN RESEARCH AND ENGINEERING DIRECTORATE.
- Schaefer, K. E., & Straub, E. R. (2016, March). Will passengers trust driverless vehicles? Removing the steering wheel and pedals. In *Cognitive Methods in Situation Awareness and Decision Support (CogSIMA)*, 2016 IEEE International Multi-Disciplinary Conference on (pp. 159-165). IEEE.
- Schepers, J., Wetzels, M. (2007). A meta-analysis of the technology acceptance model: Investigating subjective norm and moderation effects. *Information & Management*, vol.44, Issue 1, p 90-103. Investigating subjective norm and moderation effects.
- Schneemann, F., & Gohl, I. (2016). Analyzing driver-pedestrian interaction at crosswalks: A contribution to autonomous driving in urban environments. *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, Gothenburg, Sweden, 19th-22nd June 2016.
- Schoettle, B., & Sivak, M. (2014). A survey of public opinion about autonomous and self-driving vehicles in the US, the UK, and Australia.
- Schoettle, B., & Sivak, M. (2015). Potential impact of self-driving vehicles on household vehicle demand and usage.
- Schoettle, B., & Sivak, M. (2016). Motorists' preferences for different levels of vehicle automation: 2016. University of Michigan Sustainable Worldwide Transportation.
- Schraft, R. D., Meyer, C., Parlitz, C., & Helms, E. (2005, April). Powermate-a safe and intuitive robot assistant for handling and assembly tasks. In *Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation* (pp. 4074-4079). IEEE
- Schuitema, G., Steg, L., & Forward, S. (2010). Explaining differences in acceptability before and acceptance after the implementation of a congestion charge in Stockholm. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 44(2), 99-109.
- Schumacker, R. E., & Lomax, R. G. (2004). *A beginner's guide to structural equation modeling*, Second edition. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Seligman, M. E. P. (1975). *Helplessness: On depression, development and death*. San Francisco: Freeman.
- Sheeran, P. (2002). Intention-behavior relations: a conceptual and empirical review. In W. Stroebe & M. Hewstone (Eds.), *European Review of Social Psychology*, 12, pp. 1-36. Chichester, UK: Wiley.

- Stafford, R. Q., Broadbent, E., Jayawardena, C., Unger, U., Kuo, I. H., Iqic, A., ... & MacDonald, B. A. (2010, September). Improved robot attitudes and emotions at a retirement home after meeting a robot. In 19th International Symposium in Robot and Human Interactive Communication (pp. 82-87). IEEE.
- Stankey, G. H., & Shindler, B. (2006). Formation of social acceptability judgments and their implications for management of rare and little-known species. *Conservation biology*, 20(1), 28-37.
- Surendran, P. (2012). Technology acceptance model: A survey of literature. *International Journal of Business and Social Research*, 2(4), 175-178.
- Talebpour, A., & Mahmassani, H. S. (2016). Influence of connected and autonomous vehicles on traffic flow stability and throughput. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 71, 143-163.
- Taylor, S., & Todd, P. (1995). Understanding household garbage reduction behavior: a test of an integrated model. *Journal of Public Policy & Marketing*, 192-204.
- Teh, E., Jamson, S., Carsten, O., & Jamson, H. (2014). Temporal fluctuations in driving demand: The effect of traffic complexity on subjective measures of workload and driving performance. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 22, 207-217.
- Terrade, F., Pasquier, H., Reerinck-Boulanger, J., Guingouain, G., & 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.
- Thatcher, J. B., Loughry, M. L., Lim, J., & McKnight, D. H. (2007). Internet anxiety: An empirical study of the effects of personality, beliefs, and social support. *Information & Management*, 44, 353-363.
- Thompson, R. L., Higgins, C. A., & Howell, J. M. (1994). Influence of experience on personal computer utilization: testing a conceptual model. *Journal of management information systems*, 11(1), 167-187.
- Tokel, S. T., & İslar, V. (2015). Acceptance of virtual worlds as learning space. *Innovations in Education and Teaching International*, 52(3), 254-264.
- Triandis, H. C. (1980). Reflections on trends in cross-cultural research. *Journal of cross-cultural psychology*, 11(1), 35-58.
- Tsu Wei, T., Marthandan, G., Yee-Loong Chong, A., Ooi, K. B., & Arumugam, S. (2009). What drives Malaysian m-commerce adoption? An empirical analysis. *Industrial Management & Data Systems*, 109(3), 370-388.
- Ullman, J. B. (2001). Structural equation modeling. In B. G. Tabachnick & L. S. Fidell (2001). *Using Multivariate Statistics* (4th ed& pp 653- 771). Needham Heights, MA: Allyn & Bacon.
- Underwood, S.E., 2014. Automated vehicles forecast vehicle symposium opinion survey. Presented at the Automated Vehicles Symposium 2014, San Francisco, CA. <<https://drive.google.com/file/d/0B8gGx-CYkV-wREVMTEhHQUxjOWM/edit>> (March 10, 2015).
- Vanderhaegen, F., Chalmé, S., Anceaux, F., & Millot, P. (2006). Principles of cooperation and competition: application to car driver behavior analysis. *Cognition, Technology & Work*, 8(3), 183-192.
- van Geenhuizen, M., & Nijkamp, P. (2003). Coping with uncertainty: an expedition into the field of new transport technology. *Transportation planning and technology*, 26(6), 449-467.
- van Raaij, E. M., & Schepers, J. J. (2008). The acceptance and use of a virtual learning environment in China. *Computers & Education*, 50(3), 838-852.

- Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. *Management science*, 46(2), 186-204.
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS quarterly*, 425-478.
- Venkatesh, V., & Bala, H. (2008). Technology acceptance model 3 and a research agenda on interventions. *Decision sciences*, 39(2), 273-315.
- Venkatesh, V., Thong, J. Y., & Xu, X. (2012). Consumer acceptance and use of information technology: extending the unified theory of acceptance and use of technology. *MIS quarterly*, 157-178.
- Villieux, A., & Delhomme, P. (2008). Colère éprouvée au volant et différentes manières de l'exprimer : quels liens avec des transgressions de conduite déclarées ? *Le travail humain*, 71(4), 359-384.
- Viswesvaran, C., & Ones, D. S. (1995). Theory testing: Combining psychometric meta-analysis and structural equations modeling. *Personnel psychology*, 48(4), 865-885.
- \*Vlassenroot, S., Brookhuis, K., Marchau, V., Witlox, F. (2010). Towards defining a unified concept for acceptability of Intelligent Transport System (ITS): A conceptual analysis based on the case of Intelligent Speed Adaptation (ISA). *Transportation Research part F* 13, p 164-178.
- Warner, H., & Aberg, L. (2006). Drivers' decision to speed: A study inspired by the theory of planned behaviour. *Transportation Research part F*, 9 (6), 427-433.
- Weistroffer, V. (2014). Étude des conditions d'acceptabilité de la collaboration homme-robot en utilisant la réalité virtuelle (Doctoral dissertation, Paris, ENMP).
- Wu, K., Zhao, Y., Zhu, Q., Tan, X., & Zheng, H. (2011). A meta-analysis of the impact of trust on technology acceptance model: Investigation of moderating influence of subject and context type. *International Journal of Information Management*, 31(6), 572-581.
- Wynne, R. A., Beanland, V., & Salmon, P. M. (2019). Systematic review of driving simulator validation studies. *Safety Science*, 117, 138-151.
- Yang, K., & Forney, J. C. (2013). The moderating role of consumer technology anxiety in mobile shopping adoption: differential effects of facilitating conditions and social influences. *Journal of Electronic Commerce Research*, 14(4), 334.
- Yousafzai, S.Y., Gordon, R., Foxall, G.R., Pallister, J.G. (2007). Technology acceptance: A meta-analysis of the TAM: Part 1. *Journal of Modelling in Management*, 2, 251-280.
- Yu, J. J., Downes, P. E., Carter, K. M., & O'Boyle, E. H. (2016). The problem of effect size heterogeneity in meta-analytic structural equation modeling. *Journal of Applied Psychology*, 101(10), 1457.
- Zijlstra, F.R. (1993). Efficiency in work behavior: A design approach for modern tools. Ph.D. Thesis, Delft University of Technology, The Netherlands.
- Zmud, J., Sener, I. N., & Wagner, J. (2016). Self-driving vehicles: Determinants of adoption and conditions of usage. *Transportation Research Record*, 2565(1), 57-6
- Zmud, J. P., & Sener, I. N. (2017). Towards an understanding of the travel behavior impact of autonomous vehicles. *Transportation research procedia*, 25, 2500-2519.
- Zohdy, I. H., Kamalanathsharma, R. K., & Rakha, H. (2012, September). Intersection management for autonomous vehicles using iCACC. In *2012 15th International IEEE conference on intelligent transportation systems* (pp. 1109-1114). IEEE.

# ANNEXES

## Annexe 1. Etude 1 : les annexes de la méta-analyse

### Appendix 1. Keywords of the Meta-analysis

Groups (G)	French	English
G1	déterminant*, facteur	factor
	antécédent*	background
	cause, raison	
	prédicteur	
	lien, relations	link*, relationship
G2	acceptabilité	acceptability
		acceptance
		consent*
G3	social	social
	inter-individuel, inter-personnel	inter-individual
	intention	intention
	interaction	interaction
	croyance*	belie*
	perception	perception
	norme*	norm*
	comportement	behavio*
	contrôle	control, self-efficacy
	attitude	attitude
	comportement passé	prior behavio*
	representations	representation
	perception des risques	risk* perception
risque perçu	perceived risk	
G4	innovation technologique	technologic innovation
	innovation	innovation
	nouveau dispositif	new device
	technologie inconnue	unknown technology

## Appendix 2. Request for Data Analysis

((((((facteur) OR (factor) OR (determinant) OR (antecedent) OR (background) OR (cause) OR  
 (raison) OR (predicteurs) OR (predictor) OR (lien) OR (relation) OR (link) OR (relationship))))))  
 AND (((acceptabilit\*) OR (acceptance) OR (consent)))) AND (((social) OR ("inter-individual") OR  
 ("inter-personnel") OR (intention) OR (interaction) OR (croyances) OR (belie\*) OR (perception)  
 OR (norm\*) OR (comportement) OR (behavio\*) OR (control\*) OR (self-efficacy) OR (attitude)  
 OR (representation) OR ("risk perception") OR ("perception du risque") OR ("risque percu")  
 OR ("perceived risk")))) AND (((("innovation technologique") OR ("technologic innovation") OR  
 (innovation) OR ("nouveau dispositif") OR ("new device") OR ("unknown technology") OR  
 ("technologie inconnue")))) AND LIMIT-TO (cids,  
 "277811,271821,272508,271802,271027,271744,271161", "Procedia - Social and Behavioral  
 Sciences,Social Science & Medicine,NeuroImage,Computers in Human Behavior,Journal of the  
 American College of Cardiology,Technology in Society,International Journal of Medical Infor-  
 matics") AND LIMIT-TO(topics, "patient,health,social,technology"))))

## Appendix 3. List of the 29 Studies Used in the Meta-analysis

Publication Year	Author	Title	Publication Title	N	Moderator (1=yes, 0 = no)		
					social relationship	student	Context
2016	Barth, Markus; Jugert, Philipp; Fritsche, Immo	Still underdetected – Social norms and collective efficacy predict the acceptance of electric vehicles in Germany	Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour	548	1	0	transportation
2017	Briz-Ponce, Laura; Pereira, Anabela; Carvalho, Lina; Juanes-Méndez, Juan Antonio; García-Peñalvo, Francisco José	Learning with mobile technologies – Students' behavior	Computers in Human Behavior	160	1	1	education
2016	Chen, Nai-Hua; Huang, Stephen Chi-Tsun	Domestic technology adoption: Comparison of innovation adoption models and moderators.	Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries	299	0	0	technology
2016	Chuah, Stephanie Hui-Wen; Rauschnabel, Philipp A.; Krey, Nina; Nguyen, Bang; Ramayah, Thurasamy; Lade, Shwetak	Wearable technologies: The role of usefulness and visibility in smartwatch adoption	Computers in Human Behavior	226	0	1	ICT
2008	Crespo, Ángel Herrero; del Bosque, Ignacio Rodríguez	The effect of innovativeness on the adoption of B2C e-commerce: A model based on the Theory of Planned Behaviour.	Computers in Human Behavior	675	0	0	e-commerce
2011	Erdoğan, Nihat; Esen, Murat	An Investigation of the Effects of Technology Readiness on Technology Acceptance in e-HRM	The Proceedings of 7th International Strategic Management Conference	500	1	0	ICT
2014	Ferreira, Jorge Brantes; da Rocha, Angela; da Silva, Jorge Ferreira	Impacts of technology readiness on emotions and cognition in Brazil.	Journal of Business Research	435	0	1	ICT
2013	Hong, Jon-Chao; Hwang, Ming-Yueh; Ting, Tzu-Yun; Tai, Kai-Hsin; Lee, Chih-Chin	The innovativeness and self-efficacy predict the acceptance of using ipad2 as a green behavior by the government's top administrators.	TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology	40	1	0	technology
2015	Hsieh, Pi-Jung	Healthcare professionals' use of health clouds: Integrating technology acceptance and status quo bias perspectives.	International journal of medical informatics	209	1	0	health
2016	Hsieh, Pi-Jung	An empirical investigation of patients' acceptance and resistance toward the health cloud: The dual factor perspective	Computers in Human Behavior	681	1	0	health

2010	Hwang, Yujong	The moderating effects of gender on e-commerce systems adoption factors: An empirical investigation	Online Interactivity: Role of Technology in Behavior Change	322	0	1	e-commerce
2013	Jackson, Joyce D.; Yi, Mun Y.; Park, Jae S.	An empirical test of three mediation models for the relationship between personal innovativeness and user acceptance of technology.	Information & Management	196	0	0	e-commerce
2010	Kifle, Mengistu; Payton, Fay Cobb; Mbarika, Victor; Meso, Peter	Transfer and adoption of advanced information technology solutions in resource-poor environments: The case of telemedicine systems adoption in Ethiopia.	Telemedicine and e-Health	144	1	0	health
2009	Kim, Dae-Young	The moderating effect of individual and organizational factors on information technology acceptance: the case of U.S.T CVBS' internet banking	Journal of Travel & Tourism Marketing	233	1	0	ICT
2015	Kitchen, Philip James; Martin, Roy; Che-Ha, Norbani	Long term evolution mobile services and intention to adopt: A Malaysian perspective.	Journal of Strategic Marketing	530	0	0	ICT
2009	Kulviwat, Songpol; Bruner, Gordon C. II; Al-Shuridah, Obaid	The role of social influence on adoption of high-tech innovations: The moderating effect of public/private consumption.	Journal of Business Research	260	1	1	ICT
2014	Kulviwat, Songpol; Bruner, Gordon C. II; Neelankavil, James P.	Self-efficacy as an antecedent of cognition and affect in technology acceptance.	Journal of Consumer Marketing	230	1	0	ICT
2016	Kwee-Meier, Sonja Th.; Bützler, Jennifer E.; Schlick, Christopher	Development and validation of a technology acceptance model for safety-enhancing, wearable locating systems.	Behaviour & Information Technology	2086	0	1	transportation
2012	Ladeinde, Olurotimi Adeboye	An empirical study on user acceptance of simulation techniques for business process.		288	1	0	technology
2009	Lee, Hyun-Joo; Lim, Heejin; Jolly, Laura D.; Lee, Jieun	Consumer lifestyles and adoption of high-technology products: A case of South Korea.	Journal of International Consumer Marketing	2283	0	0	technology
2014	Lian, Jiunn-Woei; Yen, David C.	Online shopping drivers and barriers for older adults: Age and gender differences.	Computers in Human Behavior	574	0	0	e-commerce
2010	Luo, Xin; Gurung, Anil; Shim, J. P.	Understanding the determinants of user acceptance of enterprise instant messaging: An empirical study.	Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce	140	1	0	ICT
2016	Madigan, R., Louw, T., Dziennus, M., Graindorge, T., Ortega, E., Graindorge, M., Merat, N.	Acceptance of Automated Road Transport Systems (ARTS): an adaptation of the UTAUT model	Transportation Research Procedia	349	1	0	transportation

<b>2013</b>	Miltgen, Caroline Lancelot; Popovič, Aleš; Oliveira, Tiago	Determinants of end-user acceptance of biometrics: Integrating the 'Big 3' of technology acceptance with privacy context.	Decision Support Systems	117	0	0	technology
<b>2007</b>	Molin, Eric J.E.; Brookhuis, Karel A.	Modelling acceptability of the intelligent speed adapter	Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour	272	1	0	transportation
<b>2012</b>	Morosan, Cristian	Theoretical and empirical considerations of guests' perceptions of biometric systems in hotels: Extending the technology acceptance model.	Journal of Hospitality & Tourism Research	162	0	0	technology
<b>2006</b>	Mun Y.; Jackson, Joyce D.; Park, Jae S.; Probst, Janice C.	Understanding information technology acceptance by individual professionals: Toward an integrative view.	Information & Management	222	1	0	ICT
<b>2010</b>	Saeed, Khawaja A.; Abdinnour, Sue; Lengnick-Hall, Mark L.; Lengnick-Hall, Cynthia A.	Examining the impact of pre-implementation expectations on post-implementation use of enterprise systems: A longitudinal study.	Decision Sciences	946	1	0	ICT
<b>2010</b>	Vlassenroot, Sven; Brookhuis, Karel; Marchau, Vincent; Witlox, Frank	Towards defining a unified concept for the acceptability of intelligent transport systems (ITS): A conceptual analysis based on the case of intelligent speed adaptation (ISA).	Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour	148	1	0	transportation

## Appendix 4. Statistics of the MASEM

- Mean correlation coefficient ( $r$ ) of each pairwise relationship (Hunter and Schmidt, 1990; Hunter, Schmidt and Jackson, 1982):

$$r_{mean} = \frac{\sum r_i}{N}$$

With  $N$  is the cumulative number of participants and  $r_i$  is the observed correlation coefficient in the study  $i$ . To interpret the values, we followed Cohen (1988) recommendations: An effect size of  $r < .30$  represents a small effect,  $r > .50$  is a large effect. The range of correlation coefficient was estimated and the sample size by pairwise relationship has been reported. The 95% confidence interval (CI) has been calculated to assess the statistical significance. Data are presented per relationship; we also indicated  $K$ , where  $K$  is the number of studies which include the construct and standard error. We look for small values of standard error; if large values of standard error appear, Jöreskog and Sörbom (1993) pose that parameters that cannot be determined.

- Adjusted mean correlation ( $r_a$ ):  $r_a = \frac{\sum n_i r_i}{\sum n_i}$  Where  $n_i$  is the number of participants in the study  $i$ .
- The failsafe  $n$ , the Orwin (1983) method (based on effect size) has been applied:

$$\text{Failsafe } N = \frac{k(r-0,1)}{0,1}$$

where  $k$  is the number of studies for each pairwise relationship, and  $r$  is the mean effect size; 0,1 is the small effect size threshold admitted (Hamari and Keronen, 2017) as the criterion value for fail safe study. For interpretation, Hamari and Keronen (2017) citing Sabherwal, Jeyaraj and Chowa (2006) suggests that if failsafe  $N/K > 2.0$ , there is a publication bias matter. If the ratio is  $> 2$ , relationships are concluded to be generally significant across studies; if not, there is a risk bias.

- $Q = \sum (N - 3) ES_i^2 - \frac{[\sum (N_i - 3) ES_i]^2}{\sum (N_i - 3)}$
- $I^2 = 100\% * ((Q-df)/Q)$ , with  $df$ , degree of freedom, is  $k-1$ .

$$Q_{within} = Q_{group1} + Q_{group2} \quad Q_{between} = Q_{total} - Q_{within}$$

## Appendix 5. Moderator Analysis

Context	FoC - BI			SI-BI		
	Q <sub>within</sub>	Q <sub>between</sub>		Q <sub>within</sub>	Q <sub>between</sub>	
student	224	0	ns	533	114	***
social relation	200,9	23	***	824	-177	ns
context	102,18	122	***	554	93	***

	Attitudes-SI			Attitudes-FoC			Attitudes-PEOU			Attitudes - BI		
	Q <sub>within</sub>	Q <sub>between</sub>		Q <sub>within</sub>	Q <sub>between</sub>		Q <sub>within</sub>	Q <sub>between</sub>		Q <sub>within</sub>	Q <sub>between</sub>	
student	247	47	***	142	0	ns	165	76	***	818	96	***
social relation	778	-484	ns	106	35	***	216	25	**	861	53	***
context	83,5	210,6	***	0,00	142	ns	190,05	51	***	653,19	261	***

	PUSEF-FoC			PUSEF-SI			PUSEF-Attitudes			PUSEF - BI		
	Q <sub>within</sub>	Q <sub>between</sub>		Q <sub>within</sub>	Q <sub>between</sub>		Q <sub>within</sub>	Q <sub>between</sub>		Q <sub>within</sub>	Q <sub>between</sub>	
student	76	0	ns	280	171	***	499	94	***	1352	243	***
social relation	41	35	ns	431,50	19	*	533	59	***	2640	-1045	ns
context	296,63	-220	ns	44,85	406	***	423,49	169	***	2417	-822	ns

	PEOU-PUSEF			PEOU - Technophilia			PEOU - BI			PEOU-FoC		
	Q <sub>within</sub>	Q <sub>between</sub>		Q <sub>within</sub>	Q <sub>between</sub>		Q <sub>within</sub>	Q <sub>between</sub>		Q <sub>within</sub>	Q <sub>between</sub>	
student	936	72	***	206,43	16	ns	552	-10	ns	78	0	ns
social relation	789	218	***	304,74	-82	ns	491	50	***	40	38	ns
context	607	401	***	271,85	-49	ns	337,44	204	***	48,16	29	***

Note. SI = Social Influence, BI = Behaviour Influence, FoC = Feeling of Control, PUSEF = Perceived USEfulness, PEOU = Perceived Ease of Use, k = number of studies, n = sample size, r = correlation coefficient.  
\*p<.05.\*\*p<.02.\*\*\*p<.01.

## Appendix 6. Guideline of the Goodness Fit Indices

Name	References	Thresholds	Definition	Interpretation
<b>Incremental indices</b>				
TLI, Tucker Lewis Index = NNFI, Non- Normed Fit Index	Bollen (1989) Hu and Bentler (1999)	Between 0 and 1  >0,9 indicates an acceptable model	Analyzes the model fit by examining the discrepancy be- tween the data and the hypothesized model, while ad- justing for the is- sues of sample size inherent in the chi- squared test of model fit, and the normed fit index.	
CFI, Compar- ative Fit Index = Bentler	Bentler (1989)	From 0 to 1  >0,95 indi- cates an ac- ceptable model	Compares the tar- get model with the null model	Larger value indi- cates better fit
<b>Absolute indices</b>				
SRMR, stand- ardized root mean squared re- sidual	Kline (2010) Hu and Bentler (1999)	X: From 0 to 1  X< 0,08 indi- cates an ac- ceptable model  Value from 0 to 1	Root of the dis- crepancy between the sample covari- ance matrix and the model covari- ance matrix  Analyzes the dis- crepancy between the hypothesized model and the pop- ulation covariance matrix; “How well would the model, with un- known but optimally cho- sen parameter val- ues, fit the popula- tion covariance matrix if it were available?” (Browne & Cudeck, 1993, pp. 137–138)	The model explains the correlations to within an average error of x  Smaller value indi- cates a better model fit
RMSEA, Root Mean Square Error of Ap- proximation	Hair, Black, Ba- bin, Anderson, and Tatham (1998)	X<0,05 is an acceptable model		Is expressed per df : this index is sensi- tive to the number of estimated pa- rameters in the model (complexity of the model)

Chi-square = $\chi^2$		smallest value	The chi-squared test indicates the difference between observed and expected covariance matrices.	Values close to 0 indicate a better fit, smaller difference between expected and observed covariance matrices.
<hr/>				
Parsimony index				
normed chi-square = $\chi^2/df$	Ullman (2001)	smallest value	From 1 to 3 : acceptable	
	Schumacker and Lomax (2004)		From 3 to 5 : weak	
			>5 : non acceptable	
	Hair, Black, Babin, Anderson, and Tatham (1998)		Below 3; the weaker, the best	

## Annexe 2. Etude 2, le questionnaire : les consignes de passation

« Bonjour,

Vous avez accepté de participer à ce questionnaire et nous vous en remercions !

C'est dans le cadre d'un projet de recherche scientifique ANR (Agence Nationale de la Recherche) visant à appréhender les mobilités de demain que nous faisons appel à vous. Les résultats issus de cette étude nationale vont contribuer aux avancées de la recherche en matière de transports individuels et collectifs en prenant en compte vos habitudes et vos préférences fonctionnelles et technologiques et ainsi fournir des pistes à la conception de vos futurs véhicules. Nous vous interrogerons sur votre personnalité, votre rapport à la technologie, vos habitudes de mobilités actuelles et passées, votre envie de faire d'autres activités à bord d'un véhicule plutôt que de le conduire, la manière dont vous envisagez votre mobilité de demain, le véhicule automatisé et aussi votre comportement en tant qu'utilisateur de la route que vous soyez automobiliste, piéton, cycliste ou encore motard.

Le questionnaire est composé de trois parties. Pour chacune d'elles, vous devrez répondre le plus spontanément possible aux questions posées.

La sincérité de vos réponses est fondamentale pour que nous soyons en mesure de soutenir vos envies en matière de mobilité et que vous puissiez retrouver dans quelques années des technologies qui vous ressemblent.

Vos réponses resteront strictement anonymes et confidentielles.

Il n'y a pas de bonnes ni de mauvaises réponses; seule votre opinion nous intéresse. »

## Annexe 3. Etude 2, le questionnaire : les items du questionnaire 1

Attention : Vous devez impérativement répondre à ce questionnaire en utilisant votre ordinateur et non votre smartphone.

Votre sexe ?

Féminin Masculin

Quel âge avez-vous ?

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez choisir

Quel est votre code postal

Vos revenus annuels bruts

Quelle est la taille de votre ville

Nom de votre ville de résidence

Nom de la région où vous habitez

Quelle est votre situation de famille

Si vous avez des enfants, combien ?

Vos revenus annuels bruts ?

Avez-vous le permis B ?

Oui Non

Quelle est l'année d'obtention de votre permis B ?

Chaque entrée doit être au moins de 1930

La somme doit être comprise entre 1930 et 2018

Seuls des nombres entiers peuvent être inscrits dans ces champs.

En moyenne, combien de jours par mois effectuez-vous vos déplacements...

Consigne : veuillez déplacer les curseurs sur le nombre de jours par mois correspondant à vos habitudes de mobilité. La somme totale des jours, tous moyens de transports confondus, peut être supérieure à 30.

Attention vous devez déplacer chacun des curseurs ci-dessous pour que votre réponse soit prise en compte.

...en voiture (conducteur)

0

30

Que pensez-vous des affirmations suivantes ?

Consigne : pour chacune des affirmations qui suivent, vous devez cocher le chiffre qui correspond le plus à votre jugement en choisissant de 1 si vous n'êtes « pas du tout d'accord » à 6 si vous êtes « tout à fait d'accord ». Les autres chiffres sont là pour vous permettre de nuancer votre jugement.

<b>Dimensions</b>	<b>Auteur(s), date</b>	<b>Items</b>
<b>Technophilie (TECH)</b>	Agarwal et Prasad (1998)	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Si j'entends parler d'une nouvelle technologie, j'essaierai de l'expérimenter rapidement (TECH1)</li> <li>. Parmi mes proches, je suis habituellement le (la) premier(ière) à explorer de nouvelles technologies (TECH2)</li> <li>. En général, je n'hésite pas à essayer de nouvelles technologies (TECH3)</li> <li>. J'aime découvrir et tester de nouvelles technologies (TECH4)</li> </ul>
<b>Anxiété informatique (ANX)</b>	Saadé et Kira (2007) tiré de Fevrier	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Je ressens de l'appréhension quand je dois utiliser une technologie que je ne connais pas (ANX1)</li> <li>. De façon générale, je suis intimidé(e) par les technologies que je ne connais pas (ANX2)</li> <li>. Le fait de travailler avec une nouvelle technologie que je n'ai jamais utilisée me rend nerveux(se) (ANX3)</li> <li>. J'hésite à utiliser une nouvelle technologie dont je ne me suis jamais servie par peur de faire des erreurs que je ne pourrai pas corriger (ANX4)</li> </ul>
<b>Confiance dans le véhicule automatisé (CONF)</b>	O'Cass & Carlson (2002)	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Je me sentirai en sécurité dans un véhicule automatisé (CONF1)</li> <li>. J'aurai confiance dans les décisions prises par un véhicule automatisé (CONF2)</li> </ul>
	Egea & Gonzales (2011)	<ul style="list-style-type: none"> <li>. J'aurai confiance dans un véhicule automatisé pour gérer mes déplacements (CONF3)</li> <li>. Plutôt que de superviser la conduite, je pourrais faire autre chose en toute confiance dans un véhicule automatisé (CONF4)</li> <li>. J'ai confiance dans la capacité du véhicule automatisé pour gérer des situations complexes de conduite (CONF5)</li> </ul>
	Nees (2016)	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Je me sentirai en mesure de monter à bord d'un véhicule automatisé avec mes proches (CONF6)</li> <li>. J'aurais confiance dans l'utilisation d'un véhicule automatisé pour m'amener jusqu'à ma destination (CONF7)</li> </ul>
<b>Attente de performance (ATPE)</b>	UTAUT, Venkatesh et al. (2003)	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Un véhicule automatisé simplifiera mes déplacements quotidiens (ATPE1)</li> <li>. Un véhicule automatisé me permettra de me déplacer en toute sécurité (ATPE2)</li> <li>. Un véhicule automatisé me fera gagner du temps (ATPE3)</li> <li>. Un véhicule automatisé optimisera mes déplacements (ATPE4)</li> </ul>
<b>Attente d'effort (ATEF)</b>	UTAUT, Venkatesh et al. (2003)	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Il me sera facile de prendre en main un véhicule automatisé (ATEF1)</li> <li>. Apprendre à utiliser un véhicule automatisé sera facile pour moi (ATEF2)</li> <li>. J'apprendrai rapidement à utiliser un véhicule automatisé (ATEF3)</li> <li>. Je serai capable de maîtriser les fonctionnalités d'un véhicule automatisé. (ATEF4)</li> </ul>
<b>Auto-efficacité</b>	UTAUT, Venkatesh et al. (2003)	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Je serai capable de prendre en main un véhicule automatisé. (AUE1)</li> <li>. J'aurai les compétences pour utiliser un véhicule automatisé (AUE2)</li> </ul>

<b>Attitudes envers le véhicule automatisé (ATT)</b>	UTAUT, Venkatesh et al. (2003)	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Je serai capable de maîtriser un véhicule automatisé. (AUE3)</li> <li>. Utiliser un véhicule automatisé sera une bonne idée (ATT1)</li> <li>. Un véhicule automatisé rendra mes déplacements agréables (ATT2)</li> <li>. Le déplacement à bord d'un véhicule automatisé sera plaisant (ATT3)</li> </ul>
<b>Influence sociale (IS)</b>	UTAUT, Venkatesh et al. (2003)	<ul style="list-style-type: none"> <li>. J'aimerais utiliser un véhicule automatisé (ATT4)</li> <li>. Mon entourage va me pousser à utiliser un véhicule automatisé (INFL1)</li> <li>. Mes proches utiliseront un véhicule automatisé (INFL2)</li> <li>. Les politiques inciteront les gens à utiliser un véhicule automatisé (INFL3)</li> </ul>
<b>Intention comportementale d'utiliser le véhicule automatisé (BI_part1)</b>	UTAUT, Venkatesh et al. (2003)	<ul style="list-style-type: none"> <li>. J'ai l'intention d'utiliser un véhicule automatisé dans les années à venir (IC1)</li> <li>. Je pense me servir d'un véhicule automatisé dans les années à venir (IC2)</li> <li>. Je projette d'utiliser un véhicule automatisé dans les années à venir (IC3)</li> </ul>

---

## Annexe 4. Etude 2 : les items du questionnaire 2

<b>Dimensions</b>	<b>Auteur(s), date</b>	<b>Items</b>
<b>NARS</b>	Nomura, Kanda, & Suzuki (2006)	. Je me sens mal à l'aise quand je me retrouve face à un robot (NARS1) . Le mot « robot » ne signifie rien pour moi (NARS2) . Je me sens nerveux quand je dois interagir avec un robot au milieu des gens (NARS3) . Je me sens nerveux en présence d'un robot (NARS4) Je me sens à l'aise de communiquer avec un robot (NARS5) . J'ai peur lorsque je dois interagir avec un robot (NARS6) . J'ai du plaisir à communiquer avec un robot (NARS7)
<b>Sentiment de Contrôle (CTR)</b>	Kauffmann, Naujoks, Winkler, & Kunde (2017) Venkatesh (2003)	. J'ai le sentiment de contrôler les choses CTR1 . Je me sens en capacité de maîtriser la situation CTR2
<b>Perception du risque (PR)</b>	Ram & Chand (2016)	. J'ai peur que des personnes puissent être impliquées dans un accident de la route (PR1) . Je pense que des personnes pourraient être blessées dans un accident de la route (PR2)
<b>L'adaptation à l'autre (ADA)</b>	Kauffmann et al. (2017)	. J'ai le sentiment que le véhicule jaune s'adaptera à ma conduite (ADA1) . Je pense que je serai en mesure de m'adapter au comportement du véhicule jaune (ADA2)
<b>Intention comportementale de s'engager au croisement</b>		. Que décidez-vous : de « Je ne m'engage pas » (1) à « Je m'engage » (4)

Annexe 5. Etude 3 sur simulateur : formulaire de consentement à participer à une expérimentation scientifique



**FORMULAIRE DE CONSENTEMENT LIBRE ET ECLAIRE POUR LA PARTICIPATION A UNE ETUDE CONCERNANT LA CONDUITE AUTOMOBILE SUR SIMULATEUR**

Je soussigné(e) .....,

Né(e) le.....,

Déclare accepter de participer à la recherche organisée par l'institut du Véhicule Décarboné et Communicant et de sa Mobilité (VEDECOM) et intitulée :

Etude de la conduite automobile sur simulateur

Le but de cette recherche est de comprendre le comportement des conducteurs de voiture lors de leurs interactions en ville avec d'autres véhicules.

Le(s) responsable(s) de cette expérimentation menée au sein de l'Institut VEDECOM est Géraldine VAN DER BEKEN. Le(s) responsable(s) de l'étude s'autorise(nt) à interdire toute tâche, gestes ou comportements qui pourraient présenter un risque pour le bon déroulement de l'étude.

L'étude se déroulera en une fois et durera environ 2h et se déroulera sur le simulateur de conduite de VEDECOM, dans les locaux de l'Institut VEDECOM sis 77 rue des Chantiers, 78000 –Versailles.

J'ai bien été informé des risques éventuels d'ordre physique et psychologique pouvant survenir lors de l'expérience. Ces risques sont les suivants : inconfort, stress, fatigue visuel, cinétose (mal de transports).

Par ailleurs, j'ai bien compris que je conserve tous mes droits garantis par la loi. Si je le désire, je suis libre à tout moment d'arrêter ma participation sans subir aucune conséquence de quelque sorte que ce soit. Dans ce cas, j'en informerai alors la responsable de l'expérience.

À cet effet, j'atteste être en bonne santé le jour du déroulement de l'expérimentation et être en possession de tous mes moyens et capacités, notamment de conduite. Conscient que ma participation à cette expérience me soumet à ces risques ci-dessus mentionnés, j'accepte la prise de ces risques en pleine connaissance de cause et déclare renoncer à tout recours contre l'institut VEDECOM et son personnel pour des dommages autres que corporels ou psychologiques qui me seraient causés lors de cette expérience.

Avant le démarrage de l'expérience et étant libre de participer ou non à cette expérience, j'ai eu la possibilité de poser toutes les questions nécessaires à la bonne compréhension de ces informations auprès d'une des personnes suivantes :

Géraldine VAN DER BEKEN, doctorante ([geraldine.vanderbeken@vedecom.fr](mailto:geraldine.vanderbeken@vedecom.fr))

Sami KRAIEM, coordinateur scientifique ([sami.kraiem@vedecom.fr](mailto:sami.kraiem@vedecom.fr))

J'atteste que Géraldine VAN DER BEKEN m'a apporté des réponses claires, précises et complètes. J'ai bien compris les réponses qui m'ont été fournies et j'ai disposé d'un temps de réflexion suffisant pour prendre ma décision quant à ma participation à cette expérience.

J'atteste par ce présent document bénéficier d'une assurance de responsabilité civile en cours de validité me couvrant pour les dommages matériels et corporels subis par des tiers et causés par ma personne.

L'Institut VEDECOM a souscrit, auprès de la compagnie Allianz (n° 086 909 965 / 000), une assurance en Responsabilité Civile pour que l'établissement soit couvert en cas de recours en responsabilité exercé par l'un des participants à cette expérience.

Enfin, pour des raisons générales de protection des participants volontaires, la loi impose l'exclusion des femmes enceintes et fixe par ailleurs l'obligation d'être affilié à la sécurité sociale française. J'atteste ne pas faire partie de cette catégorie de personnes et que je suis bien affilié(e) à la sécurité sociale française.

J'atteste avoir reçu, préalablement à cette étude, le ...../...../..... (indiquez la date de réception de ce formulaire), toutes les informations nécessaires pour comprendre l'intérêt, les objectifs et le déroulement de l'étude.

Je reconnais que les attestations fournies dans le présent formulaire sont exactes et pourraient m'être opposables.

Partie à remplir par le participant volontaire	Partie à remplir par le responsable
Fait _____ à _____ le _____ Heure :     h « Je reconnais que ce document m'a été expliqué en totalité, que je l'ai lu ou qu'il m'a été lu, que les espaces vides ont été remplis et que je comprends pleinement le contenu de ce document.» (mention à recopier à la main) _____ _____ _____ _____ Signature	Fait _____ à _____ le _____ Signature

Ce document doit être impérativement daté et signé par le participant volontaire et remis au(x) responsable(s) de l'expérience préalablement au démarrage de l'expérience.



## CONSENTEMENT A LA COLLECTE, SAUVEGARDE ET UTILISATION DES DONNEES PERSONNELLES

### Données recueillies lors de l'expérience

J'ai bien été informé(e), qu'au cours de cette expérience, certaines données me concernant seront collectées et stockées.

J'ai bien compris que ces données concerneront mon comportement de conduite (tourne à droite ou pas, accélère, freine, ...), ainsi que les réponses à un questionnaire.

Les données recueillies sont strictement confidentielles et à usage exclusif des personnes qui collaborent à l'expérience et du personnel de l'Institut VEDECOM à des fins de recherche.

Le stockage et le traitement de ces données sont réalisés de façon anonyme ou pseudonymisée et confidentielle. Aucune donnée personnelle liée aux résultats de l'expérience et permettant mon identification ne sera stockée ou traitée.

J'autorise l'Institut VEDECOM à consulter et à traiter les données recueillies lors de l'expérience et à les utiliser exclusivement à des fins de recherche, conformément au règlement UE 2016/679 du Parlement Européen et du Conseil, datant du 27 avril 2016, et notamment, à son article 89, portant sur l'utilisation des données pour la recherche scientifique.

J'ai bien compris que les résultats issus de cette expérience pourront faire l'objet de publications scientifiques ou de communication et que les données me concernant resteront anonymes ou pseudonymisées et strictement confidentielles, sans pouvoir constituer des données personnelles.

### Données personnelles recueillies

J'ai bien été informé(e) que certaines données personnelles me concernant seront collectées et stockées du fait de ma participation à cette expérience. Ces données personnelles sont celles transmises au travers du formulaire de consentement.

J'ai bien compris que les données personnelles identifiantes recueillies via le formulaire de consentement seront stockées pour une durée de douze (12) mois à compter de ma participation à l'expérimentation, aux fins de permettre à VEDECOM de se prévaloir des attestations écrites que j'ai fournies dans le présent document (attestation de couverture responsabilité civile, attestation de capacité à participer à l'expérimentation, attestation de renonciation aux recours pour les dommages autres que corporels ou psychologiques) en cas de survenance d'un dommage causé par ma personne ou sur ma personne durant ma participation à l'expérimentation. Ces données pourront être transférées à des tiers, notamment aux juridictions compétentes et aux compagnies d'assurance concernées en cas de survenance d'un dommage.

J'ai été informé(e) que les données identifiantes du formulaire de consentement et celles recueillies lors de l'expérimentation ne seront pas fusionnées afin de préserver mon anonymat.

J'ai bien noté que mes droits d'accès, de modification, de suppression, de limitation et de portabilité de mes données personnelles, prévus par le Règlement (UE) 2016/679 du Parlement européen et du Conseil du 27 avril 2016 ainsi que par la loi " Informatique et Liberté " du 6 janvier 1978, modifiée par la loi du 6 août 2004, sont applicables à tout moment, sous réserve de l'intérêt légitime de VEDECOM à la conservation de mes données personnelles. J'ai bien compris que je peux également introduire à tout moment une réclamation auprès d'une autorité de contrôle compétente concernant le traitement de mes données personnelles.

La fourniture de mes données personnelles est justifiée par les obligations légales et les intérêts légitimes de VEDECOM au regard de la participation de personnes physiques à des expérimentations scientifiques.

La conséquence du désaccord à la fourniture de mes données personnelles contenues dans le formulaire de consentement est une interdiction de participation à l'expérimentation.

Je pourrai également demander toute information complémentaire concernant le traitement de mes données personnelles auprès du responsable du traitement, l'Institut VEDECOM, et

de son délégué à la protection des données personnelles, Monsieur Alexandre CHOTEAU (alexandre.choteau@vedecom.fr).

En signant le présent document, je consens expressément à la collecte, au stockage et à l'utilisation de mes données personnelles conformément aux objectifs et dans les limites indiquées dans le présent document.

Partie à remplir par le participant volontaire	Partie à remplir par le responsable
<p>Fait _____ à _____ le _____</p> <p>_____</p> <p>Heure : _____ h</p> <p>« Je reconnais que ce document m'a été expliqué en totalité, que je l'ai lu ou qu'il m'a été lu et que j'en comprends pleinement le contenu.»</p> <p>(mention à recopier à la main)</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Signature</p>	<p>Fait _____ à _____ le _____</p> <p>_____</p> <p>Signature</p>

Ce document doit être impérativement daté et signé par le participant volontaire et remis au(x) responsable(s) du traitement préalablement au démarrage de l'expérience.

## Annexe 6. Etude 3 sur simulateur : demande d'autorisation droit à l'image



Je soussigné(e).....

Né(e) le ..... à .....

Demeu-

rant.....

.....

Conformément aux dispositions relatives au droit à l'image et au droit au nom, **j'autorise VEDECOM à fixer, reproduire et communiquer au public :**

les photographies (portrait ciblé ou image identifiant la personne) :  Oui;  Non

les vidéos (identifiant la personne) :  Oui;  Non

prises lors de ma participation à l'expérience : « Acceptabilité du véhicule autonome par les autres usagers de la route ».

Les photographies et vidéos pourront être exploitées et utilisées directement par VEDECOM dans le monde entier, pour une durée de 10 ans, intégralement ou par extraits, pour les objectifs suivants:

Communication (y compris réseaux sociaux et plateformes de vidéos en ligne), site web de VEDECOM et intranet, presse, Exposition/conférences/colloques, Formation interne et externe, sous les formes et au moyen des supports suivants :

- papier et numérique [manuscrit de thèse, articles scientifiques publiés sur le sujet, posters]
- présentation orale avec support type PowerPoint pour les conférences ou formations, à VEDECOM ou auprès de partenaires de recherche
- site interne et externe de VEDECOM

VEDECOM s'interdit expressément de procéder à une exploitation des photographies et vidéos susceptible de porter atteinte à ma vie privée, à ma réputation ou à ma dignité, ou toute autre exploitation préjudiciable.

Le présent document contenant des données personnelles me concernant (nom, prénom, date de naissance, lieu de naissance, adresse), celles-ci seront conservées par VEDECOM, en tant que responsable du traitement, pour toute la durée de la présente autorisation d'utilisation de mes images, et ce afin que VEDECOM puisse se conformer à son obligation légale de recueil des consentements pour l'utilisation d'images de personnes physiques. Les enregistrements vidéo, photos ou audio de ma personne prises lors de ma participation à l'expérience, mis en regard de la présente autorisation, constituent également des données personnelles.

La présente autorisation sera conservée par VEDECOM soit pour une durée de 10 ans à compter de sa signature, soit jusqu'à ce que je retire mon autorisation à l'utilisation de mes images.

J'ai bien noté que mes droits d'accès, de suppression, de rectification, de limitation et mon droit à la portabilité de mes données personnelles contenues dans le présent document, prévus par le Règlement (UE) 2016/679 du Parlement européen et du Conseil du 27 avril 2016 ainsi que par la loi "Informatique et Liberté" du 6 janvier 1978, modifiée par la loi du 6 août 2004, sont applicables à tout moment.

Ainsi, je pourrai à tout moment retirer mon autorisation à l'utilisation de mes images, en contactant les personnes indiquées ci-dessous.

Toute demande de suppression de mes données personnelles contenues dans le présent document emportera un retrait de mon autorisation à l'utilisation de mes images.

Je suis libre d'introduire tout recours que j'estimerai nécessaire auprès d'une autorité de contrôle compétente en matière de protection des données personnelles.

Toute demande concernant l'exercice de mes droits devra être adressée à :

Géraldine VAN DER BEKEN ([geraldine.vanderbeken@vedecom.fr](mailto:geraldine.vanderbeken@vedecom.fr)) ou

Alexandre CHOTEAU ([alexandre.choteau@vedecom.fr](mailto:alexandre.choteau@vedecom.fr)).

Je me reconnais être entièrement rempli de mes droits et je ne pourrai prétendre à aucune rémunération pour l'exploitation des droits visés aux présentes.

Je garantis que je ne suis pas lié par un contrat exclusif relatif à l'utilisation de mon image ou de mon nom.

Pour tout litige né de l'interprétation ou de l'exécution des présentes, le règlement sera du ressort des tribunaux compétents statuant en droit français.

Fait à ....., le.....en deux exemplaires et de bonne Foi.

Nom et prénom :

Signature :

### Annexe 7. Etude 3 sur simulateur : les consignes aux participants

Vous allez participer à une expérimentation sur un simulateur de conduite automobile. Le but de notre étude est de mesurer le comportement des conducteurs, en ville, lors de leurs interactions avec un autre véhicule.

Vous avez pris place à bord du simulateur de conduite de Vedecom.

Vous conduisez une voiture ordinaire, à boîte automatique. Vous n'aurez pas besoin d'utiliser les pédales d'embrayage et la boîte de vitesse, mais juste la pédale d'accélérateur, de freinage et le volant.

Vous allez devoir suivre un parcours préparé en conduisant comme vous le feriez en situation réelle. Le trajet se déroule exclusivement en ville.

Une flèche, de couleur verte, sur l'écran vous indique la direction que vous devez suivre.

Pour les ronds-points, vous devrez toujours aller tout droit (en face).

Lors de votre trajet, vous rencontrerez plusieurs types de véhicules :

des voitures ordinaires toutes de couleur blanche (celle que vous conduisez habituellement) :



et des véhicules automatisés de couleur bleue (avec un capteur rouge sur le toit) :



Un véhicule automatisé est un véhicule où le système réalise tout ou partie des tâches de conduite et de contrôle.

Pour vous familiariser avec le simulateur, vous ferez d'abord un parcours d'entraînement, puis 2 fois le parcours test. Entre le 1<sup>e</sup> et le 2<sup>nd</sup> parcours, vous ferez une pause.

A l'issue, vous répondrez à un questionnaire et un entretien.

## Annexe 8. Etude 3 sur simulateur : codage des scénarios sur le simulateur de conduite

### Scénario 1, passage 1 :

Le participant est dans un Véhicule Conventionnel, il tourne à gauche, il n'a pas priorité.

Croisement 1 = interaction avec céder-le-passage et un Véhicule Automatisé (code « CleP\_VA\_V1\_variable dépendante de conduite »)

Croisement 2 = interaction sans signalisation particulière et Véhicule Conventionnel (code « passignal\_VC\_V1\_variable dépendante de conduite »)

Croisement 3 = interaction avec stop et VA (code « STOP\_VA\_V1\_variable dépendante de conduite »)

### Scénario 2, passage 1 :

Le participant est dans un Véhicule Conventionnel, il tourne à gauche, il n'a pas priorité.

Croisement 1 = interaction avec céder-le-passage et Véhicule Conventionnel (code « CleP\_VC\_V1\_variable dépendante de conduite »)

Croisement 2 = interaction sans signalisation particulière et Véhicule Automatisé (code « passignal\_VA\_V1\_variable dépendante de conduite »)

Croisement 3 = interaction avec stop et Véhicule Conventionnel (code « STOP\_VC\_V1\_variable dépendante de conduite »)

Un deuxième passage (code « V2 ») est réalisé.

L'ordre des scénarios est randomisé.

## Annexe 9. Etude 3 sur simulateur : guide de l'entretien semi-directif

Dimensions	Guide d'entretien	Repères linguistiques
<b>Ressenti de comportement VA vs VC</b>	<p>Lors de la simulation, avez-vous le sentiment d'avoir agi différemment lorsque vous avez croisé un véhicule automatisé ou un véhicule ordinaire ?</p> <p><i>Relance</i> : Avez-vous agi de façon particulière parce qu'il s'agissait d'un véhicule automatisé / ou ordinaire ?</p> <p><i>Relance</i> : y a-t-il eu un véhicule avec lequel vous étiez le plus à l'aise ? Pourquoi</p> <p>Si oui, pourquoi vous êtes-vous comporté différemment ?</p>	<p>Mots désignant l'équivalence « comme... », « identique à... »; ou la comparaison « plus que... », « différent de ... », « par rapport au VA... »</p> <p>Qu'est-ce que tu entends par..., qu'est ce que tu as voulu dire quand tu disais ...</p>
<b>Perception des émotions</b>	<p>Dans la situation que vous venez de vivre, quelles émotions avez-vous ressentie (peur, joie, plaisir, excitation, colère, ...)</p> <p>Si oui, peur/colère/joie de quoi ?</p> <p><i>Relance</i> : Avez-vous ressenti autre chose ?</p>	<p>Mot appartenant au registre de la peur, le danger, l'accident, pour caractériser l'interaction avec le VA</p> <p>Etre attentive à la différence VA3/VA5</p> <p>Expliciter sur mots employés</p>
<b>Estimations des caractéristiques de l'autre</b>	<p>Pensez-vous avoir su évaluer la distance avec l'autre véhicule ?</p> <p><i>Relance</i> : Pensez-vous avoir su estimer la vitesse du l'autre ?</p>	<p>Mots relatifs à l'évaluation de la distance ou de la vitesse du VA</p>

## Annexe 10. Etude 3 sur simulateur : grille de codage des données des entretiens

macro-catégorie		catégorie	sous-catégorie	unité signifiante	unités d'information (item)	
<b>déterminants homme/machine</b>	<b>relation</b>	attitude	attitude	attitude	Attitude(s), comportement global du conducteur, impression que fait le conducteur	
		confiance	confiance	confiance	confiance dans le VA	
		anticiper	anticipation	anticipation	anticipation	anticipation, anticiper, estimer, estimation
				prévision	prévision	prévision, prévoir
				évaluation	évaluation	évaluation, évaluer, appréciation de ...
				planification	planification	planification, planifier
				prévision	prévision	prévision, prévisible, imprévisible
				performance attendue	performance	performance
		facilité perçue	facilité	facilité_usage	Facilité perçue de l'usage, facilité perçue à apprendre	
		fiabilité	fiabilité	fiabilité	Fiabilité, fiable, ne pas commettre d'erreurs	
		sécurité	sécurité	sécurité	sécurité	sécurité
				danger	danger	danger, dangereux
				perception_risque	perception_risque	perception du risque,
		risque perçu simulateur	risque simulateur	simulateur	simulateur	Effet du simulateur, avatar, dessin,
		gap acceptance	gap acceptance	gap_evaluation	gap_evaluation	Évaluation du gap (temps, distance, ...)
gap_acceptance	gap_acceptance			Acceptabilité du gap (distance, vitesse, ...)		
adaptation	adaptation	adaptation	adaptation	S'adapter à l'autre, l'autre s'adapte à moi, réagir à ma conduite		
Déterminants liés à la rupture technologique	liés	degré d'automatisme	degré d'automatisme	degré d'automatisme	automatique intégrale, full automatique, partiellement automatique	
		complexité	complexité	complexité	complexité du VA, inaccessible	
		robot vs humain	robot vs humain	robot_vs_humain	L'humain est différent du robot, le robot est différent de l'humain	
contrôle		contrôle	contrôle	contrôle	Contrôle, sentiment de contrôle, auto-efficacité	
budget		budget	budget	budget	Budget, prix, coût du VA	

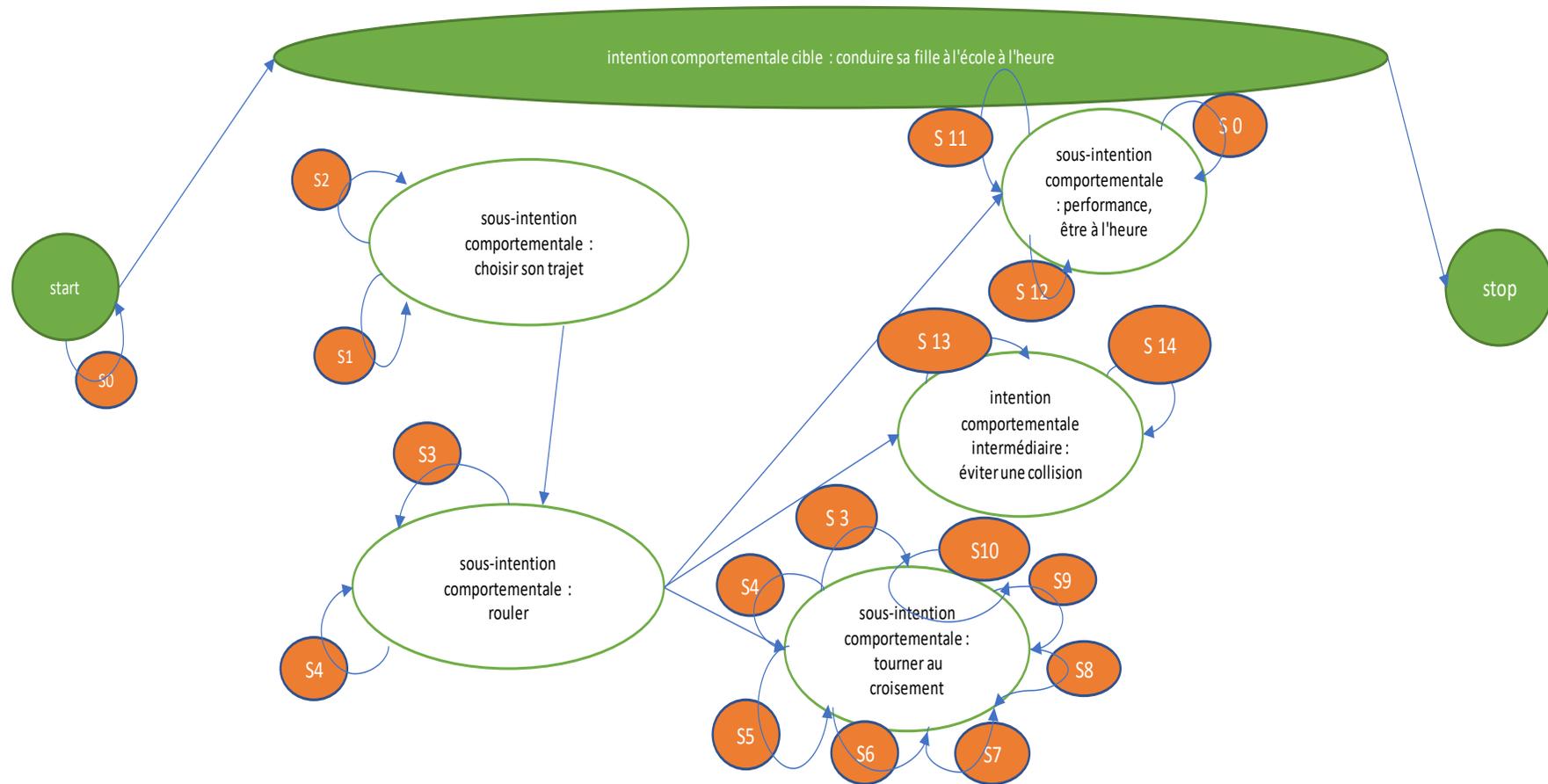
	expérience antérieure	expérience antérieure	expérience_VA expérience_parours	expérience du VA expérience du parcours
	représentation du comportement	représentation du comportement	comportement_identique comportement_différent	comportement identique comportement différent
	intention	intention de passer  Intention de ne pas passer	go  noGo	Intention comportementale, intention de faire, intention de passer, intention de tourner Intention de ne pas faire
<b>déterminants liés à la personne</b>	personnalité	serein concentré prudent  courtois technophile agressif	serein concentré prudent  courtois technophile agressif	calme, serein, relax, relaxant concentré sur ma conduite Prudent, sur mes gardes, attention, faire attention, attentif courtois, respecter l'autre technophile, aime la technologie agressivité, agressif, nerveux
	type	type de conduite	type_conduite s'imposer respecter_lautre pas_pressé	type de conduite s'imposer respecter les autres conducteurs pressé, pas pressé
		type de conducteur type de voiture	type_conducteur type_voiture	type de conducteur Type de voiture, type de véhicule
	comportement de conduite	vitesse   arrêt	ralentir accélérer lent vitesse temps_arrêt distance_arrêt	ralentir, freiner accélérer rouler lentement Vitesse, vite, rouler vite, allure temps d'arrêt de l'autre distance d'arrêt

		attente	attente	Attendre avant de passer, attendre de voir
		distance	distance	distance
		position sur la route	position_sur_voie	Position du véhicule sur la voie
	habitudes	habitudes	habitudes	habitudes
<b>déterminant liés à l'environnement</b>	signal	signal_externe	clignotant	clignotant
			klaxon	klaxon, se faire klaxonner
		signal_interne	signal_interne	signal interne
	passagers	passagers	passagers	Présence de passagers à bord
	type_route	route	type_route	type de route
		visibilité	visibilité	Visibilité de la route, vision globale
	code	code	code	Code de la route, priorité, limitation de vitesse, signalisation
			sanction_permis	Sanctions, perte de point, infraction
	perception	perception visuelle	regard	Regard, regarder quelque chose, objet vu, l'observation visuelle de l'autre
		perception auditive	bruit	bruit, son
	perception kinesthésique	perception_kinesthésique	Perception kinesthésique, je me sens dans mon corps	
	échange d'informations	échange_informations	échanges d'informations	
<b>émotions</b>				
<b>émotions positives</b>				
	rassuré	assurance	rassuré	Rassuré, sûr, avoir de l'assurance
	curieux	curiosité	curieux	curieux, curiosité,
	agréable	agréabilité	agréable	agréable, bon
	plaisir	plaisir	plaisir	Avoir du plaisir, penser avec plaisir
<b>émotions négatives</b>				
	peur	peur	peur	peur, crainte
	réserves	réserves	réserves	réserves, être réservé, prudent
	méfiance	méfiance	méfiance	Méfiance, je me méfiais, être vigilant, crainte, craindre

	surprise	surprise	surprise	être surpris, surprise
	anxiété	anxiété	anxiété	anxiété
			appréhension	appréhension
			inquiétude	inquiet, inquiétude
		attention	attention	faire attention, prêter attention
	aise	à l'aise	à_l'aise	
		pas à l'aise	pas_à_l'aise	Pas à l'aise, malaise, gêné
	hésitation	réserves	incertitude	incertitude
			hésitation	hésitation
			tester	Tester le VA, tester la réaction
			incertitude	incertitude, confusion
			réflexion	En réflexion, être en attente
<b>ressenti</b>	ressenti	ressenti	sentiment	Sentiment, ressenti, impression, sensation, senti

---

Annexe 11. Modèle d'intention comportementale, inspiré du modèle de l'intent mining (Khodabandelou et al., 2013).



trajet = départ > rouler en ligne droite > tourner à gauche au croisement > rouler ligne droite > ralentir > se garer à l'école > stop

## Annexe 12. Détail des activités, stratégies et sous intentions comportementales.

Activités (A) <sup>1</sup>	Stratégies (S) <sup>2</sup>	Sous Intentions Comportementales (SIC) <sup>2</sup>		Intention comportementale (IC) <sup>2</sup>	Activités (A) <sup>1</sup>	Stratégies (S) <sup>2</sup>	Sous Intentions Comportementales (SIC) <sup>2</sup>		Intention comportementale (IC) <sup>2</sup>						
A0	partir à l'heure	S0	start	SIC1	choisir son trajet	IC1	déposer sa fille à l'école	A7-2	durée d'arrêt	S7	tourner à gauche face à un VC	SIC3	tourner au croisement	IC1	déposer sa fille à l'école
A1-1	choisir le GPS	S1	se guider avec le GPS	SIC1	choisir son trajet	IC1	déposer sa fille à l'école	A3-6	augmenter la distance inter véhicule	S7	tourner à gauche face à un VC	SIC3	tourner au croisement	IC1	déposer sa fille à l'école
A1-2	saisir l'adresse (?)	S1	se guider avec le GPS	SIC1	choisir son trajet	IC1	déposer sa fille à l'école	A7-3	refuser une priorité	S7	tourner à gauche face à un VC	SIC3	tourner au croisement	IC2	déposer sa fille à l'école
A1-3	choisir une étape intermédiaire (?)	S1	se guider avec le GPS	SIC1	choisir son trajet	IC1	déposer sa fille à l'école	A7-4	rejected gap	S7	tourner à gauche face à un VC	SIC3	tourner au croisement	IC3	déposer sa fille à l'école
A1-4	choisir le trajet le plus rapide	S1	se guider avec le GPS	SIC1	choisir son trajet	IC2	déposer sa fille à l'école	A3-3	ralentir	S8	tourner à gauche à un STOP	SIC3	tourner au croisement	IC1	déposer sa fille à l'école
A1-5	lancer le GPS	S1	se guider avec le GPS	SIC1	choisir son trajet	IC1	déposer sa fille à l'école	A3-5	s'arrêter	S8	tourner à gauche à un STOP	SIC3	tourner au croisement	IC1	déposer sa fille à l'école
A2-1	choisir l'application	S2	se guider avec l'applicationX	SIC1	choisir son trajet	IC1	déposer sa fille à l'école	A5-4	durée d'arrêt > 2s	S8	tourner à gauche à un STOP	SIC3	tourner au croisement	IC1	déposer sa fille à l'école
A2-2	regarder l'écran	S2	se guider avec l'applicationX	SIC1	choisir son trajet	IC1	déposer sa fille à l'école	A3-2	accélérer	S8	tourner à gauche à un STOP	SIC3	tourner au croisement	IC1	déposer sa fille à l'école
A2-3	saisir l'adresse	S2	se guider avec l'applicationX	SIC1	choisir son trajet	IC1	déposer sa fille à l'école	A3-3	ralentir	S9	tourner à gauche à un Céder-le-Passage	SIC3	tourner au croisement	IC1	déposer sa fille à l'école
A2-4	lancer l'application	S2	se guider avec l'applicationX	SIC1	choisir son trajet	IC1	déposer sa fille à l'école	A3-5	s'arrêter	S9	tourner à gauche à un Céder-le-Passage	SIC3	tourner au croisement	IC1	déposer sa fille à l'école
A3-1	reconnaître le VA	S3	rouler en ligne droite face à un VA	SIC2	rouler	IC3	déposer sa fille à l'école	A5-4	durée d'arrêt < 4s	S9	tourner à gauche à un Céder-le-Passage	SIC3	tourner au croisement	IC1	déposer sa fille à l'école
A3-2	accélérer	S3	rouler en ligne droite face à un VA	SIC2	rouler	IC1	déposer sa fille à l'école	A3-2	accélérer	S9	tourner à gauche à un Céder-le-Passage	SIC3	tourner au croisement	IC1	déposer sa fille à l'école
A3-3	ralentir	S3	rouler en ligne droite face à un VA	SIC2	rouler	IC1	déposer sa fille à l'école	A3-2	accélérer	S10	tourner à gauche sans signalisation	SIC3	tourner au croisement	IC1	déposer sa fille à l'école
A3-4	stabiliser sa vitesse	S3	rouler en ligne droite face à un VA	SIC3	rouler	IC2	déposer sa fille à l'école	A3-3	ralentir	S10	tourner à gauche sans signalisation	SIC3	tourner au croisement	IC1	déposer sa fille à l'école
A3-5	s'arrêter	S3	rouler en ligne droite face à un VA	SIC2	rouler	IC1	déposer sa fille à l'école	A5-4	durée d'arrêt > 2s	S10	tourner à gauche sans signalisation	SIC3	tourner au croisement	IC1	déposer sa fille à l'école
A3-6	augmenter la distance inter véhicule	S3	rouler en ligne droite face à un VA	SIC2	rouler	IC1	déposer sa fille à l'école	A3-6	augmenter la distance inter véhicule	S10	tourner à gauche sans signalisation	SIC3	tourner au croisement	IC1	déposer sa fille à l'école
A3-7	entrer en collision	S3	rouler en ligne droite face à un VA	SIC5	rouler	IC1	déposer sa fille à l'école	A0	partir à l'heure	S11	optimiser l'interaction avec le VA	SIC4	performance : être à l'heure face à un VA	IC1	déposer sa fille à l'école
A4-1	reconnaître le VC	S4	rouler en ligne droite face à un VC	SIC3	rouler	IC2	déposer sa fille à l'école	A3-2	accélérer	S11	optimiser l'interaction avec le VA	SIC4	performance : être à l'heure face à un VA	IC1	déposer sa fille à l'école
A4-2	regarder le conducteur de VC	S4	rouler en ligne droite face à un VC	SIC3	rouler	IC3	déposer sa fille à l'école	A11-1	durée d'arrêt < 2s	S11	optimiser l'interaction avec le VA	SIC4	performance : être à l'heure face à un VA	IC1	déposer sa fille à l'école
A3-2	accélérer	S4	rouler en ligne droite face à un VC	SIC3	rouler	IC1	déposer sa fille à l'école	A11	réduire la distance inter véhicule	S11	optimiser l'interaction avec le VA	SIC4	performance : être à l'heure face à un VA	IC1	déposer sa fille à l'école
A3-3	ralentir	S4	rouler en ligne droite face à un VC	SIC3	rouler	IC1	déposer sa fille à l'école	A4-2	regarder le conducteur	S12	optimiser l'interaction face au VC	SIC4	performance : être à l'heure face à un VC	IC1	déposer sa fille à l'école
A3-4	stabiliser sa vitesse	S5	rouler en ligne droite face à un VC	SIC3	rouler	IC2	déposer sa fille à l'école	A3-2	accélérer	S12	optimiser l'interaction face au VC	SIC4	performance : être à l'heure face à un VC	IC1	déposer sa fille à l'école
A3-5	s'arrêter	S4	rouler en ligne droite face à un VC	SIC3	rouler	IC1	déposer sa fille à l'école	A11-3	durée d'arrêt < 2s	S12	optimiser l'interaction face au VC	SIC4	performance : être à l'heure face à un VC	IC1	déposer sa fille à l'école
A3-6	augmenter la distance inter véhicule	S4	rouler en ligne droite face à un VC	SIC3	rouler	IC1	déposer sa fille à l'école	A11-4	réduire la distance inter véhicule	S12	optimiser l'interaction face au VC	SIC4	performance : être à l'heure face à un VC	IC1	déposer sa fille à l'école
A3-7	entrer en collision	S4	rouler en ligne droite face à un VC	SIC5	rouler	IC1	déposer sa fille à l'école	A3-3	ralentir	S13	éviter une collision face au VA	SIC5	éviter une collision	IC1	déposer sa fille à l'école
A3-2	accélérer	S5	tourner à gauche face à un VA	SIC3	tourner au croisement	IC1	déposer sa fille à l'école	A3-6	augmenter la distance inter véhicule	S13	éviter une collision face au VA	SIC5	éviter une collision	IC1	déposer sa fille à l'école
A3-3	ralentir	S5	tourner à gauche face à un VA	SIC3	tourner au croisement	IC1	déposer sa fille à l'école	A13-1	braquer pour éviter une collision	S13	éviter une collision face au VA	SIC5	éviter une collision	IC1	déposer sa fille à l'école
A5-3	s'arrêter	S5	tourner à gauche face à un VA	SIC3	tourner au croisement	IC1	déposer sa fille à l'école	A13-2	renoncer au trajet	S13	éviter une collision face au VA	SIC5	éviter une collision	IC1	déposer sa fille à l'école
A5-4	durée d'arrêt > 2s	S5	tourner à gauche face à un VA	SIC3	tourner au croisement	IC1	déposer sa fille à l'école	A3-3	ralentir	S14	éviter une collision face au VC	SIC5	éviter une collision	IC1	déposer sa fille à l'école
A3-6	augmenter la distance inter véhicule	S5	tourner à gauche face à un VA	SIC3	tourner au croisement	IC1	déposer sa fille à l'école	A3-6	augmenter la distance inter véhicule	S14	éviter une collision face au VC	SIC5	éviter une collision	IC1	déposer sa fille à l'école
A6-1	go	S6	tourner en premier	SIC3	tourner au croisement	IC1	déposer sa fille à l'école	A14-1	klaxonner	S14	éviter une collision face au VC	SIC5	éviter une collision	IC1	déposer sa fille à l'école
A6-2	no go	S6	tourner en premier	SIC3	tourner au croisement	IC1	déposer sa fille à l'école	A13-2	renoncer au trajet	S14	éviter une collision face au VC	SIC5	éviter une collision	IC1	déposer sa fille à l'école
A5-7	refuser une priorité	S5	tourner à gauche face à un VA	SIC3	tourner au croisement	IC2	déposer sa fille à l'école	end		S15	arrivée à destination	SIC6	arriver	IC2	déposer sa fille à l'école
A5-8	rejected gap	S5	tourner à gauche face à un VA	SIC3	tourner au croisement	IC3	déposer sa fille à l'école								
A7-1	regarder le conducteur	S7	tourner à gauche face à un VC	SIC3	tourner au croisement	IC1	déposer sa fille à l'école								
A3-2	accélérer	S7	tourner à gauche face à un VC	SIC3	tourner au croisement	IC1	déposer sa fille à l'école								
A3-3	ralentir	S7	tourner à gauche face à un VC	SIC3	tourner au croisement	IC1	déposer sa fille à l'école								
A3-5	s'arrêter	S7	tourner à gauche face à un VC	SIC3	tourner au croisement	IC1	déposer sa fille à l'école								

**Titre :** Rôle de l'acceptabilité dans l'interaction entre un véhicule conventionnel et un véhicule automatisé

**Mots clés :** Acceptabilité, intention comportementale, méta-analyse, simulateur, véhicule automatisé

### Résumé :

Le thème central de la thèse concerne le rôle de l'acceptabilité dans l'interaction entre un véhicule conventionnel conduit par un humain et un véhicule automatisé. Une méta-analyse synthétisant les déterminants de l'acceptabilité d'une nouvelle technologie constitue une première étude. Les résultats ont montré que l'acceptabilité était prédite par six facteurs : l'intention comportementale, la performance attendue, la facilité d'usage attendue, l'attitude, l'influence sociale et le sentiment de contrôle. Une deuxième étude a été réalisée pour évaluer l'effet du jugement d'acceptabilité sur la différence de comportement énoncé par le

conducteur d'un véhicule conventionnel lors d'une interaction avec un véhicule automatisé. Les résultats ont montré qu'une faible acceptabilité est liée à un comportement de prudence envers le véhicule automatisé. Une troisième étude, réalisée sur simulateur de conduite, a montré que les conducteurs de véhicule conventionnel qui ont une forte acceptabilité se comportent de manière identique envers un véhicule automatisé et un véhicule conventionnel. Pour conclure, cette thèse discute du rôle de l'acceptabilité d'un dispositif technologique dans l'interaction avec celui-ci.

**Title:** Role of acceptability in the interaction between a conventional and an automated vehicle

**Keywords:** Acceptability, autonomous vehicle, behaviour intention, meta-analysis, simulator

### Abstract:

The central theme of the thesis concerns the role of acceptability in the interaction between a conventional vehicle driven by a human and an automated vehicle. A meta-analysis synthesizing the determinants of the acceptability of a new technology is a first study. The results showed that acceptability was predicted by six factors: behavioural intention, perceived usefulness, perceived ease of use, attitude, social influence and feeling of control. A second study was conducted to evaluate the effect of the acceptability judgment on the difference in behaviour stated by the driver of a conventional vehicle during interaction with an automated

vehicle. The results showed that low acceptability is associated with cautious behaviour towards the automated vehicle. A third study, conducted on a driving simulator, showed that conventional vehicle drivers who have a high acceptability behave in the same way towards an automated vehicle and a conventional vehicle. To conclude, this thesis questions the role of the acceptability of a technologic device in the interaction with it.