



Véhicules autonomes et connectés : quels nouveaux défis pour l'ergonomie ?

Guillaume GRONIER¹, Francesco FERRERO¹, Sébastien FAYE¹, Luc VANDENABEELE¹
Patrick VAN EGMOND², Jean-Claude SAGOT³, Maxime LARIQUE³, Nicolas BERT³

¹Luxembourg Institute of
Science and Technology
5 av. des Hauts Fourneaux
L-4362 Esch/Alzette
[prénom.nom]@list.lu

²LuxMobility
70, Bd. de la Fraternité
L-1541 Luxembourg
p.v.egmond@luxmobility.eu

³Université de Technologie
de Belfort-Montbéliard
F-90010 Belfort cedex
[prénom.nom]@utbm.fr

Résumé. Les véhicules autonomes et connectés (VAC) portent l'espoir d'un monde mobile plus sûr, plus fluide et plus responsable. Aujourd'hui, plusieurs projets pilotes prennent place dans différents pays. Au-delà des défis technologiques, il est désormais nécessaire de s'intéresser à la dimension humaine des VAC. Quels sont les facteurs d'acceptation auprès des futurs usagers ? Quels nouveaux modes d'interaction humains-VAC sont à imaginer ? Quelles formations à la conduite automobile sont à développer pour préparer les conducteurs de ces véhicules sans chauffeur ? Cette communication a pour objectif de lister quelques défis pour l'ergonomie, afin d'alimenter les débats auxquels prennent déjà part certains chercheurs.

Mots-clés : Véhicules autonomes, acceptation, formation, interfaces homme-machine, perception.

Connected and autonomous vehicles: What challenges in ergonomics?

Abstract. Autonomous and connected vehicles (CAVs) hold out the hope of a safer, more fluid and responsible mobile world. Today, some pilots are taking place in different countries. Beyond the technological challenges, it is now necessary to focus on the human dimension of CAVs. What are the acceptance factors for future users? What new modes of human-VAC interaction are to be imagined? What driving training should be developed to prepare drivers of these vehicles without a driver? The purpose of this paper is to list some challenges for ergonomics, in order to feed the debates in which some researchers are already involved.

Keywords: Autonomous vehicles, acceptance, training, human-computer interfaces, perception.

*Ce texte original a été produit dans le cadre du congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française qui s'est tenu à Tours, les 25, 26 et 27 septembre 2019. Il est permis d'en faire une copie papier ou digitale pour un usage pédagogique ou universitaire, en citant la source exacte du document, qui est la suivante :

Gronier, G., Ferrero, F., Faye, S., Vandenabeele, L., Van Egmond, P., Sagot, J-C., Larique, M. & Bert, N. (2019). Véhicules autonomes et connectés : quels défis pour l'ergonomie ? Actes du 54^{ème} Congrès de la SELF, Université de l'Ergonomie : Comment contribuer à un autre monde ? Tours, 25, 26 et 27 septembre 2019

Aucun usage commercial ne peut en être fait sans l'accord des éditeurs ou archiveurs électroniques. Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page.

INTRODUCTION

Selon le magazine *The Economist* (2018), les rues des grandes villes de la fin du XIX^{ème} siècle étaient jonchées de fumier et d'urine d'animaux, de carcasses en décomposition de milliers de chevaux morts, desquelles se propagées toute sorte de maladies. En comparaison, les voitures semblaient propres et hygiéniques, ce qui explique en partie pourquoi elles ont été adoptées si rapidement au XX^{ème} siècle. "Les voitures ont remplacé quelque chose qui, à bien des égards, était bien pire", déclare Donald Shoup, de l'Université de Californie à Los Angeles. "Mais en raison d'une mauvaise gestion, elles ont des conséquences désastreuses."

Les constructeurs de véhicules autonomes et connectés (VAC) promeuvent une vision tout aussi optimiste de l'avenir : les VAC offrirait tous les avantages des voitures actuelles, sans les inconvénients (embouteillage, pollution, parking, etc.). La directrice de General Motors, Mary Barra, aime parler de "zéro accident, zéro émission et zéro congestion". Justin Erlich, responsable de la politique audiovisuelle chez Uber, déclare : "Si le XX^e siècle a été marqué par l'indépendance des individus acquises par l'usage des voitures, le XXI^e

siècle sera marqué par l'indépendance des véhicules autonomes acquises vis-à-vis des autres voitures". Aguiléra et Rallet (2016) rappellent également que les VAC offriront de nouvelles modalités de déplacement aux personnes qui ne peuvent pas conduire une voiture, en particulier les personnes très âgées ou très jeunes, et les personnes handicapées.

Derrière les nombreux avantages qui plaident en faveur des VAC, se cachent de véritables enjeux humains, tant du point de vue social qu'individuel. Ce papier se donne pour objectif d'animer un débat et d'alimenter une réflexion autour des VAC, afin d'en dégager les défis auxquels l'ergonomie pourrait directement s'adresser. Plusieurs recherches dans la communauté ont déjà été amorcées, comme par exemple celles de Ferdinand et al. (2016), Poisson, Safin, Langlois, Tillion, & Decortis (2015) ou Villame (2004).

QU'EST-CE QU'UN VEHICULE AUTONOME ET CONNECTE (VAC) ?

Les véhicules peuvent présenter plusieurs degrés d'autonomie. 6 niveaux ont été définis par la SAE (Society of Automotive Engineers), et sont présentés dans le tableau 1 (Nashashibi, Trebucq, Goatin, Issarny, & Simonin, 2018).

Tableau 1 : Niveaux d'autonomie des véhicules, selon la classification de la SAE.

Niveau	Nom	Définition
Le conducteur surveille l'environnement de conduite		
0	Aucune automatisation	La conduite est entièrement à la charge du conducteur ou de la conductrice, qui peut toutefois disposer de mécanismes d'avertissement, comme le signal sonore de franchissement de ligne, de proximité d'un obstacle sur la route, etc.
1	Aide à la conduite	Le conducteur ou la conductrice garde en permanence la responsabilité des manœuvres, mais délègue une partie des tâches au système, typiquement pour le contrôle longitudinal du véhicule, par exemple à travers un régulateur de vitesse adaptatif. Elle ou il doit être capables de reprendre totalement la main sur la conduite si la situation l'exige.
2	Automatisation partielle	La responsabilité des manœuvres est entièrement déléguée au système, mais tout s'effectue sous supervision constante du conducteur ou de la conductrice, qui peut décider de reprendre la main à tout moment, par exemple lors d'un changement de voie automatique.

Le système de conduite automatisé surveille l'environnement de conduite		
3	Automatisation conditionnelle	Le conducteur ou la conductrice peut déléguer la conduite sur les deux dimensions de guidage (longitudinal et latéral) et peut abaisser son niveau de vigilance pour se consacrer de manière brève à d'autres tâches. Le système de pilotage intelligent se charge alors de positionner et de maintenir le véhicule sur sa voie tout en conservant une allure adaptée à la vitesse et aux conditions de trafic
4	Automatisation élevée	C'est un niveau hautement automatisé dans lequel le conducteur ou la conductrice n'intervient déjà plus et peut en effet complètement détourner son attention pour faire autre chose. En revanche, ce niveau ne concerne que certains modes de conduite, et sous certaines conditions. C'est le conducteur ou la conductrice qui active et désactive le mode automatisé.
5	Automatisation complète	C'est l'automatisation ultime : l'être humain n'intervient plus, ni dans le contrôle, ni dans la supervision de la tâche de conduite ou de navigation. Tout est sous la responsabilité et le contrôle du système. La présence même d'un être humain aux commandes n'est plus forcément nécessaire.

Souvent, l'autonomie d'un véhicule requiert qu'il soit connecté. Un véhicule connecté intègre des systèmes de télécommunications sans fil qui lui permettent de collecter des informations qu'il pourra enregistrer, traiter, exploiter et relayer vers d'autres véhicules, ou envoyer vers l'infrastructure routière (Nashashibi et al., 2018). Ainsi, un véhicule hautement autonome échange en permanence des informations avec d'autres VAC et les systèmes qui gèrent l'infrastructure.

Toutefois, pour des raisons de sécurité de l'information, la connexion systématique et permanente des VAC est peu à peu remise en cause. En effet, il est plus sûr pour les automobilistes de pouvoir se déplacer en voiture même lorsqu'il n'y a pas de connexion. Waymo et Tesla poursuivent notamment cette approche dans la conception de leurs véhicules. Bien sûr, une connexion est nécessaire tôt ou tard pour mettre à jour le système interne (*operating system*) de la voiture, les cartes sur lesquelles elle se base, etc. Mais la connexion n'est pas, et ne devrait pas être, active tout le temps pour deux principales raisons : 1) La voiture doit être protégée contre le piratage ; 2) le fait d'être vraiment "autonome" signifie que l'automobiliste n'a

pas besoin de dépendre de services externes pour se déplacer (Waldmeir & Campbell, 2019).

Généralement, lorsqu'il est question de véhicules autonomes, on se réfère au degré d'autonomie le plus élevé, c'est-à-dire le niveau 5. C'est à ce type de véhicule qu'il sera fait référence tout au long de cet article.

QUELQUES CONSEQUENCES HUMAINES DES VAC

Si l'on peut énumérer de très nombreuses conséquences humaines des VAC, nous nous centrerons ici sur le développement des impacts sociaux et individuels, auxquels s'adresse plus particulièrement l'ergonome.

Impacts sociaux

L'automatisation partielle des niveaux 2 et 3 (voir tableau 1) peut être dangereuse, car les conducteurs sont toujours tenus d'être vigilants, même lorsqu'ils ont remis le contrôle au véhicule. Le conducteur d'un Tesla modèle S de niveau 2 a été tué lorsque son véhicule a heurté un camion en mai 2016. Une enquête a notamment révélé que, malgré les avertissements de la voiture, le conducteur n'avait pas gardé son attention sur la route. Il est ainsi question de processus cognitifs attentionnel et de vigilance, l'un des grands champs de

recherche de l'ergonomie dans le secteur industriel (Daniellou, 1988).

Du point de vue sociétale et éthique (Bonnemains, Tessier, & Saurel, 2018), il est également envisageable que l'accès à certains endroits soit limité à certains utilisateurs ou à certains réseaux de robots-taxi, de la même façon que certains services en ligne sont des "jardins clos" et ne peuvent pas être accessibles sur tous les appareils. Les VAC pourraient être ainsi considérés comme une technologie « orwellienne » (Orwell, 1972), un instrument de surveillance et de contrôle social.

Face à ces dilemmes, les individus qui sont au centre de cet avenir de mobilité en mutation rapide et incertain, se sentent de plus en plus dubitatifs et craintifs. Un sondage mené par Advocates pour « Highway and Auto Safety » a révélé que 64 % des Américains s'inquiétaient de partager la route avec les VAC. Dans un autre sondage réalisé par le Pew Research Centre, 56 % des Américains ont déclaré qu'ils ne prendraient pas le volant d'un véhicule automobile.

Impacts individuels : l'acceptation des VAC

Pour que les VAC soient acceptés par le grand public, il devient ainsi fondamental de comprendre leurs nouvelles fonctionnalités et leurs limites techniques d'une part, et le comportement et l'attitude des conducteurs vis-à-vis de l'automatisation des transports d'autre part. Dans ce contexte, les phases de transition du passage de la conduite manuelle à la conduite entièrement automatisée doivent également être comprises, prévues et les impacts potentiels évalués. Tous ces aspects devraient améliorer la compréhension et donc conduire à un meilleur contrôle humain et l'acceptation par la formation de procédures, règles et mécanismes de suivi pour l'adoption des VAC (Aguilera & Rallet, 2016).

QUELQUES DEFIS POUR L'ERGONOMIE

La coopération homme-machine

Nous pourrions reprendre la drôle d'histoire évoquée par Rabardel (1995), et l'adapter au VAC : « Dans les automobiles du futur il restera deux places derrière le tableau de bord : une pour un homme l'autre pour un chien. Le chien sera là pour empêcher l'homme de toucher aux commandes et l'homme sera là pour nourrir le chien ».

En effet, un parallèle de plus en plus fréquent est effectué entre le pilotage semi-automatiser dans l'aviation, et la conduite semi-automatique (ou totalement automatique) des VAC. Dans un billet récent paru sur le site The Economist (The Economist, 2019), les enjeux de l'automatisation des deux mondes, et des dérives que pourraient engendrer le tout automatisé pour les voitures autonomes, sont abordés. Les conclusions de cet article sont d'une certaine façon comparables à l'approche anthropocentrée défendue par Rabardel (1995), pour qui la performance optimale de la coopération homme-machine repose sur un équilibre dans la répartition des tâches entre l'humain et le système, c'est-à-dire une approche de l'automatisation centrée sur l'opérateur.

Le développement actuel des VAC se concentre généralement sur les couples V2V (véhicule à véhicule) et V2I (véhicule à l'infrastructure). Fondamentalement, la communication V2V aide un véhicule à recueillir en temps utiles des informations sur le positionnement des véhicules environnants et, sur la base des informations obtenues sur le trafic et l'état des routes (communication V2I), le véhicule peut optimiser son parcours de manière coopérative (Dey, Rayamajhi, Chowdhury, Bhavsar, & Martin, 2016; Jia & Ngoduy, 2016).

L'ergonomie doit poursuivre les réflexions pour se dégager des approches technocentrées, et offrir à la dimension humaine une place dans la coopération humain-VAC..

Les interfaces humains-véhicules.

Une attention particulière doit également être accordée aux réactions des non-conducteurs et à l'expérience de l'utilisateur vis-à-vis du comportement de son véhicule. Par exemple, des recherches récentes (Koo et al., 2015) soulignent le défi de concevoir l'automatisation pour mieux comprendre comment l'automatisation interagit avec l'opérateur humain et comment l'information opérationnelle du système pourrait être transmise à l'opérateur. Dans ce contexte, le retour d'information (*feedback*) fourni par le VAC est nécessaire pour garder le non-conducteur conscient de son environnement, mais ce n'est pas suffisant. Un retour anticipé sur le comportement du véhicule (*feedforward*) est également nécessaire, afin de fournir des informations aux non-conducteurs *avant* l'événement, en tant qu'élément de confiance, de compréhension et de performance (figure 1).

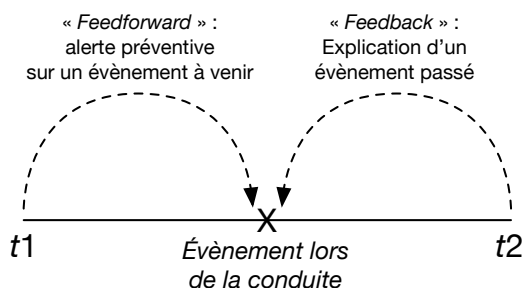


Figure 1 : Illustration des concepts de Feedforward et de Feedback (adaptée de Koo et al., 2015).

Une autre recherche a souligné les facteurs qui expliquent l'acceptation ou non des VAC, notamment le risque perçu, le *locus of control*, et la facilité d'utilisation perçue (Jong Kyu Choi & Yong Gu Ji, 2015). Dans leur modèle, les auteurs mettent en effet l'accent sur le concept de *locus of control*, qui désigne le sentiment de contrôle que l'individu perçoit vis-à-vis des événements qui lui arrivent (Wolk & Bloom, 1978). Un

locus of control interne désigne ainsi le sentiment que l'individu peut intervenir et peut être responsable des événements qu'il vit. Un *locus of control externe* désigne le sentiment que les événements externes que subit l'individu ne sont pas sous son contrôle, et ne dépendent donc ni de sa volonté, ni de son pouvoir (Ajzen, 2002).

L'ergonomie devrait ainsi, par exemple, être en mesure de concevoir et de tester les meilleurs *feedbacks/forwardbacks* à fournir aux non-conducteurs.

La sécurité des conducteurs

Selon les statistiques de l'Union européenne (UE), plus de 26 000 personnes sont mortes et près de 1,5 millions de personnes ont été blessées sur les routes en 2015. L'objectif de l'UE est de se rapprocher de zéro décès d'ici 2050. Un objectif intermédiaire a été fixé pour réduire de moitié le nombre de victimes de la route d'ici 2020 par rapport aux chiffres de 2010. Malgré une amélioration constante de la sécurité routière, les statistiques récentes ont montré un ralentissement de la réduction du nombre de tués sur les routes en Europe, et même une augmentation du nombre de tués sur la route aux États-Unis depuis 2014. Cela est notamment dû à la distraction croissante des conducteurs causée par les smartphones et autres appareils connectés (GPS, etc.). L'erreur humaine joue un rôle dans 94 % des incidents de circulation, un domaine que le déploiement de véhicules sans conducteur pourrait améliorer.

Par conséquent, la réduction ou l'élimination des erreurs humaines à l'aide de technologies automatisées et connectées est souvent perçue comme un moyen efficace de s'attaquer au problème de la sécurité routière (Missika & Musseau, 2018). L'automatisation partielle des niveaux 2 et 3 peut toutefois être dangereuse, car les conducteurs sont toujours tenus d'être attentifs même lorsqu'ils ont remis le contrôle à leur véhicule. Plusieurs études en ergonomie se sont d'ailleurs intéressées à cette étape cruciale de reprise en mains du véhicule par

le conducteur, lorsque la conduite autonome n'est plus possible (Poisson et al., 2015).

Le rapport final du groupe de haut niveau GEAR 2020 insiste ainsi sur le fait que le niveau d'attention du conducteur requis pour le transfert en toute sécurité du contrôle entre le véhicule et le conducteur, revêt une importance particulière pour les véhicules avec conducteur (niveaux 2, 3 et certains niveaux 4).

La sécurité des usagers de la route

Pour les véhicules sans conducteur (véhicules de niveau 4 pour les conditions de circulation limitées, et les véhicules de niveau 5 pour toutes les conditions de circulation), la coopération conducteur-VAC est moins importante que la coopération entre les VAC et les usagers de la route (piétons, cyclistes, etc.). De nombreuses recherches en sciences humaines soulignent l'importance de s'attacher aux interactions entre les VAC et les piétons (Chang, Toda, Sakamoto, & Igarashi, 2017; Gupta, Vasardani, & Winter, 2018; Kyriakidis, Happee, & De Winter, 2015; Schieben et al., 2018; Singh, Payne, Mackrill, & Jennings, 2015; Song, Lehsing, Fuest, & Bengler, 2018). Il s'agit ici d'un autre défi pour l'ergonomie.

Récemment, les constructeurs automobiles Jaguar Land Rover ont développé le prototype d'un VAC qui indique au piéton qu'il a été détecté, à l'aide de deux grands yeux qui le suivent quand il traverse la route (Palmer, 2018).



Figure 2 : Le VAC développé par Jaguar Land Rover, qui facilite l'interaction entre le véhicule et le piéton.

Ce dispositif génère ainsi, chez l'utilisateur, un sentiment de conscience mutuelle usager-VAC, et renforce sa confiance envers la technologie autonome (figure 2).

Des conclusions similaires ont été avancées par Chang et al. (2017). Ces auteurs ont en effet testé des véhicules autonomes avec et sans « yeux » (figure 3) dans un environnement de réalité virtuelle.



Figure 3 : Les VAC avec et sans « yeux » testés par Chang et al. (2017).

Leurs résultats montrent que les piétons ont un sentiment de sécurité supérieur de 40% lorsqu'ils voient s'approcher un véhicule avec des yeux, par rapport aux piétons confrontés à des VAC sans yeux. Ce pourcentage est de 66% lorsque les yeux suivent le déplacement du piéton, renforçant ainsi le sentiment d'avoir bien été détecté par le véhicule.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Cette communication, sous forme de discussion générale, donne ainsi quelques pistes de débats et de travaux à mener pour la communauté des praticiens et des chercheurs en ergonomie. En 2018, la Commission Européenne ouvrait un appel à projets de type H2020 concernant l'acceptation des transports autonomes, coopératifs et connectés (Appel MG-3-3-2018 : *Driver behaviour and acceptance of connected, cooperative and automated transport*). Parmi les projets acceptés et financés, le projet PAsCAL (*Enhance driver behaviour and Public Acceptance of Connected and Autonomous vehicles*), d'une durée de 3 ans et impliquant 13 partenaires du Luxembourg, Belgique, France, Italie, Royaume-Uni, Allemagne et Estonie, se donne pour objectif de créer un

un cadre novateur qui améliorera la compréhension des implications des véhicules connectés et autonomes sur la société, ainsi que l'éducation de leurs futurs conducteurs, passagers et ceux qui devront partager la route avec eux. Ce cadre, baptisé Guide2Autonomy, vise à aider les décideurs publics et privés à dans leur transition vers une nouvelle forme de mobilité. Le projet mobilise plusieurs outils issus des sciences humaines et technologiques, afin de saisir l'acceptation et l'attitude du public, d'analyser et d'évaluer ses préoccupations, de modéliser et de simuler des scénarios réalistes de pratiques, et de valider ses conclusions sur plusieurs essais réels.

REMERCIEMENTS

Cette communication s'inscrit dans le cadre du projet européen PAsCAL (Enhance driver behaviour and Public Acceptance of Connected and Autonomous vehicles), qui a reçu le financement de l'Union Européenne dans le cadre du programme Horizon 2020 pour la recherche et l'innovation, sous l'accord No 815098.

BIBLIOGRAPHIE

- Aguilera, A., & Rallet, A. (2016). *Mobilité connectée et changements dans les pratiques de déplacement*. *Reseaux* (Vol. 200). <http://doi.org/10.3917/res.200.0017>
- Ajzen, I. (2002). Perceived Behavioral Control, Self-Efficacy, Locus of Control, and the Theory of Planned Behavior. *Journal of Applied Social Psychology*, 32(4), 665–683.
- Bonnemains, V., Tessier, C., & Saurel, C. (2018). Machines autonomes «éthiques»: questions techniques et éthiques. *Revue Française d'éthique Appliquée*, 5(1), 34–46.
- Chang, C.-M., Toda, K., Sakamoto, D., & Igarashi, T. (2017). Eyes on a Car: an Interface Design for Communication between an Autonomous Car and a Pedestrian. In *Proceedings of the 9th International Conference on Automotive User Interfaces and*

Interactive Vehicular Applications - AutomotiveUI '17. <http://doi.org/10.1145/3122986.3122989>

- Daniellou, F. (1988). Ergonomie et démarche de conception dans les industries de processus continus. Quelques étapes clés. *Le Travail Humain*, 51(2), 185–194.
- Dey, K. C., Rayamajhi, A., Chowdhury, M., Bhavsar, P., & Martin, J. (2016). Vehicle-to-vehicle (V2V) and vehicle-to-infrastructure (V2I) communication in a heterogeneous wireless network - Performance evaluation. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 68, 168–184. <http://doi.org/10.1016/j.trc.2016.03.008>
- Ferdinand, M., Coutarel, F., Motak, L., Chambres, P., Izaute, M., & Dhome, M. (2016). Les véhicules autonomes pourront-ils réellement se passer de l'humain dans un futur proche? *Auvergne Sciences*.
- Gupta, S., Vasardani, M., & Winter, S. (2018). Negotiation Between Vehicles and Pedestrians for the Right of Way at Intersections. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. <http://doi.org/10.1109/TITS.2018.2836957>
- Jia, D., & Ngoduy, D. (2016). Enhanced cooperative car-following traffic model with the combination of V2V and V2I communication. *Transportation Research Part B: Methodological*, 90, 172–191. <http://doi.org/10.1016/j.trb.2016.03.008>
- Jong Kyu Choi, & Yong Gu Ji. (2015). Investigating the Importance of Trust on Adopting an Autonomous Vehicle. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 31(10), 692–702. <http://doi.org/10.1080/10447318.2015.1070549>
- Koo, J., Kwac, J., Ju, W., Steinert, M., Leifer, L., Nass, C., ... Nass, C. (2015).

- Why did my car just do that? Explaining semi-autonomous driving actions to improve driver understanding, trust, and performance. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 9(4), 269–275. <http://doi.org/10.1007/s12008-014-0227-2>
- Kyriakidis, M., Happee, R., & De Winter, J. C. F. (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. <http://doi.org/10.1016/j.trf.2015.04.014>
- Missika, J.-L., & Musseau, P. (2018). *Des robots dans la ville. Comment les voitures autonomes vont changer nos vies* (Tallendier). Paris.
- Nashashibi, F., Trebucq, O., Goatin, P., Issarny, V., & Simonin, O. (2018). *Véhicules autonomes et connectés, les défis actuels et les voies de recherche*. Paris.
- Orwell, G. (1972). *1984* (Folio). Paris.
- Palmer, K. (2018). Jaguar Land Rover's virtual eyes look at trust in self-driving cars.
- Poisson, C., Safin, S., Langlois, S., Tillion, A. B., & Decortis, F. (2015). Analyse de l'activité et approche systémique de situations de délégation de conduite : apport pour la compréhension de l'activité de conduite automobile autonome. In *Congrès de la SELF* (pp. 1–8).
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies: approche cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin. <http://doi.org/10.1038/srep03857>
- Schieben, A., Wilbrink, M., Kettwich, C., Madigan, R., Louw, T., & Merat, N. (2018). Designing the interaction of automated vehicles with other traffic participants: design considerations based on human needs and expectations. *Cognition, Technology and Work*, 0(0), 0. <http://doi.org/10.1007/s10111-018-0521-z>
- Singh, S., Payne, S. R., Mackrill, J. B., & Jennings, P. A. (2015). Do experiments in the virtual world effectively predict how pedestrians evaluate electric vehicle sounds in the real world? *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 35, 119–131. <http://doi.org/10.1016/j.trf.2015.10.012>
- Song, Y. E., Lehsing, C., Fuest, T., & Bengler, K. (2018). External HMIs and their effect on the interaction between pedestrians and automated vehicles. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 722, 13–18. http://doi.org/10.1007/978-3-319-73888-8_3
- Special Report. Autonomous Vehicles. Reinventing wheels. (2018). *The Economist*.
- The Economist. (2019). Humans struggle to cope when automation fails. Retrieved from <https://www.economist.com/business/2019/03/14/humans-struggle-to-cope-when-automation-fails>
- Villame, T. (2004). Conception de systèmes d'assistance au conducteur : comment prendre en compte le caractère complexe, dynamique et situé de la conduite automobile ? Cognition située et conception de systèmes d'assistance au conducteur. *@Ctivités*, 1(2), 146–169.
- Waldmeir, P., & Campbell, P. (2019). Google keeps self-driving cars offline to hinder hackers.
- Wolk, S., & Bloom, D. (1978). The interactive effects of locus of control and situational stress upon performance accuracy and time. *Journal of Personality*, 46(2), 279–298.