



HAL
open science

Comment guider les genèses instrumentales pour la prise en main du véhicule autonome ?

Hugo Cusanno, Christine Vidal-Gomel, Sophie Le Bellu

► To cite this version:

Hugo Cusanno, Christine Vidal-Gomel, Sophie Le Bellu. Comment guider les genèses instrumentales pour la prise en main du véhicule autonome ?. 5ème Colloque International de Didactique Professionnelle, Oct 2019, Montréal, Canada. hal-02315726

HAL Id: hal-02315726

<https://hal.science/hal-02315726v1>

Submitted on 14 Oct 2019

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.

Colloque International de Didactique Professionnelle 2019

Organisé par l'Association RPDP en partenariat avec l'Université de Sherbrooke
les 23 au 25 octobre 2019, à Longueuil, Québec

Comment guider les genèses instrumentales pour la prise en main du véhicule autonome ?

Hugo CUSANNO

Doctorant en Sc. de l'Éducation

Université de Nantes, CREN / Renault SAS, 1 Avenue du Golf 78084 Guyancourt, France

Hugo.Cusanno@Renault.com

Christine VIDAL-GOMEL

Université de Nantes, Centre de recherche en éducation de Nantes / Chemin de la Censive du
Tertre, BP 81227, 44312 Nantes cedex 3, France

Christine.Vidal-Gomel@univ-nantes.fr

Sophie LE BELLU

Renault SAS, 1 avenue du Golf, 78084 Guyancourt, France

Université de Bordeaux, Bordeaux INP - ENSC, IMS Cognitive UMR 5218

Sophie.Le-Bellu@Renault.com

Type de communication

Compte-rendu de recherche

Thématique principale

Thème 1. Le développement de l'intelligence au travail et en formation professionnelle

Résumé

Le véhicule autonome (VA) amène un nouveau paradigme dans lequel l'activité instrumentée de conduite passe de manuelle à automatisée, et vice-versa. Nous avons entamé une démarche d'analyse de l'activité de neuf conducteurs considérés comme experts du VA, dont la finalité est la conception d'un dispositif didactique d'accompagnement embarqué à la prise en main de ces véhicules. Cet article rend compte de la démarche de recherche en cours et permet d'engager une réflexion sur la façon de guider la genèse instrumentale de ces dispositifs et du VA. Le recueil de données a permis d'identifier une série de situations de conduite « remarquables » — qui devraient être prises en compte en formation ou supprimées — et de recueillir des recommandations issues de leur expertise pour la prise en main du VA. Cet ensemble de données permet de rendre compte des dimensions de la genèse instrumentale et ainsi de fournir des orientations à la fois pour la conception d'un outil d'apprentissage qui pourrait la favoriser et pour la conception des véhicules autonomes.

Mots-Clés

Activité, Pilotes-Experts, Véhicule Autonome, Genèse Instrumentale, Formation

Introduction

Les avancées technologiques du monde de l'automobile ont conduit à chercher à automatiser la conduite. Cinq niveaux d'automatisation sont différenciés¹. A partir du niveau 3, il s'agit d'une délégation quasi-complète de la conduite dès lors que le système peut être activé, avec possibilité de reprise en main par le conducteur (à la demande du système ou de sa propre initiative). L'activité de conduite est radicalement transformée. On parle d'un « nouveau paradigme » dans lequel les changements de mode constituent de nouvelles tâches. Les reprises en main à partir du mode autonome, nécessitant une attention particulière du conducteur (Haué, Le Bellu, & Barbier, accepté), représentent des moments critiques.

L'étude que nous présentons s'appuie sur l'approche instrumentale de Rabardel (1995) qui appréhende l'activité du point de vue des situations et de leurs caractéristiques, et des relations entre sujet (S), instrument (I), objet (O) et les autres (les usagers du système routier). Le concept de « genèse instrumentale » est mobilisé pour analyser l'appropriation du véhicule autonome (VA) par le conducteur. Il rend compte d'un processus développemental, l'appropriation d'un artefact, qui concerne aussi bien le sujet et ses schèmes (instrumentation), que les transformations de l'artefact (instrumentalisation).

Par ailleurs, les schèmes peuvent relever de plusieurs niveaux de régulation et de contrôle. Le niveau des automatismes — *Skills Based Level* — correspond aux schèmes fortement intégrés, mis en œuvre sans attention consciente et avec une faible charge cognitive ; le niveau des règles — *Rules Based Level* — consiste en des règles et procédures stockées de type « si-alors », acquises par expérience et/ou suite à une formation (Rasmussen, 1983). Ce niveau est plus coûteux en ressources cognitives du fait du diagnostic de la situation qui est nécessaire pour récupérer en mémoire la « bonne » règle. Enfin, le troisième niveau — *Knowledge Based Level* — correspond à un fonctionnement basé sur des connaissances utilisées comme ressources pour la gestion de situations nouvelles. Ce niveau est très coûteux en ressources cognitives et attentionnelles, d'autant plus qu'il est couplé à la gestion d'une situation présentant des contraintes temporelles fortes (Amalberti, 1996). Ce niveau est peu compatible avec les situations de conduite qui constituent une activité à risque dans un environnement dynamique à tempo rapide, bien qu'il puisse être mobilisé en mode découverte du véhicule et/ou pour la gestion de situations nouvelles.

Les automatismes, nécessaires à une conduite efficace, seront donc d'autant plus présents que le conducteur est expérimenté, et que les situations de conduite lui sont familières.

Aussi, l'un des enjeux de l'appropriation du VA concerne non seulement l'assimilation et l'accommodation des schèmes, comme l'indique Rabardel (op. cit.), mais aussi les processus d'inhibition (Houdé, 1995, 2000 ; Pascual-Leone, 1987) de schèmes antérieurs qui pourraient s'avérer ne plus être pertinents avec le nouvel artefact, et la constitution de nouveaux schèmes

¹ La SAE (*Society of Automotive Engineers*) a défini ces 5 niveaux de la façon suivante : le niveau 0 correspond à la conduite traditionnelle sans système d'aide à la conduite, les niveaux 1 et 2 correspondent à la conduite traditionnelle avec systèmes d'aides à la conduite (limiteur et régulateur de vitesse par exemple), les niveaux 3 et 4 correspondent à la conduite partiellement automatisée (avec conducteur) et le niveau 5 à la conduite entièrement automatisée (sans conducteur). Le dernier document de référence date de juin 2018 (<https://www.sae.org/news/2019/01/sae-updates-j3016-automated-driving-graphic>).

qui doivent devenir suffisamment automatisés pour être compatibles avec les exigences de la conduite automobile automatisée.

La conception d'artefacts susceptibles de guider la prise en main de ces nouvelles technologies devient une nécessité afin de favoriser la compréhension, l'usage, l'acceptation et *in fine* une appropriation réussie de ces nouveaux systèmes autonomes (Kyriakidis et al., 2019; Le Bellu & Forzy, 2019; Le Bellu & Haué, in prep.). Cela nécessite donc de comprendre la genèse instrumentale que nous considérons comme relevant conjointement de l'instrumentation — assimilation, accommodation, et inhibition de schèmes plus ou moins automatisés —, et de l'instrumentalisation, en prenant en compte deux niveaux de genèse : d'une part, celui de l'appropriation du VA qui est l'objectif final visé ; et d'autre part, l'appropriation d'un artefact que nous devons concevoir pour favoriser cette genèse.

Pour concevoir cet artefact dont l'objectif est le guidage embarqué dans le véhicule, il est nécessaire de mieux comprendre ce que sont les compétences requises pour conduire un VA. Nous présentons ici la première phase de cette étude qui s'inspire des travaux menés dans le champ de la formation en didactique professionnelle : la première phase de la recherche passe par la caractérisation des « savoirs de références » — dimensions communes aux pratiques efficaces (Rogalski, 2004) —, qui orientent la conception d'une formation (ici d'un artefact à visée de formation). Cette démarche a notamment été menée auprès d'acteurs expérimentés et experts du VA (au sens de Lefebvre, 2001).

Nous travaillons notamment avec une population de pilotes certifiés, ayant roulé plusieurs milliers de kilomètres avec des prototypes de VA. Ils ont ainsi pu développer des compétences qui sont plus ou moins tacites, voire incorporées (Leplat, 1990, 1995). Nous avons donc entrepris une démarche d'extraction de leurs savoir-faire (Bisseret, Sebilotte, & Falzon, 1999 ; Le Bellu, 2016) afin d'identifier et caractériser des compétences, qu'elles soient de nature explicite ou tacite (Nonaka & Takeuchi, 1995), et qui seraient susceptibles d'être partagées avec de futurs utilisateurs du VA au moment de la prise en main de ces systèmes.

Matériel & Méthode

La population étudiée

Un panel de 9 experts volontaires, employés d'un groupe automobile international, ont participé à cette étude.

Les 9 participants à l'étude sont des hommes, avec une moyenne d'âge de 42 ans (écart-type = 10,6), 22,3 ans de permis B en moyenne (écart-type = 9,4), et conduisant tous les jours. Trois d'entre eux utilisent des aides à la conduite de type régulateur de vitesse tous les jours, deux les utilisent plusieurs fois par semaine et les quatre autres les utilisent plusieurs fois par mois.

Ces pilotes sont certifiés pour la conduite autonome sur route ouverte avec prototype selon des critères spécifiques établis par le groupe automobile. Ils ont également tous suivi une formation pour la double commande², mais n'ont jamais reçu de formation spécifique au VA.

² Commandes ressemblant à celles des moniteurs d'auto-école, soit au format traditionnelle (volants, pédales, clignotants, rétroviseurs côté passager) soit au format « console » avec des joysticks et des boutons permettant de contrôler le véhicule.

Ils ont été sélectionnés pour intervenir sur des projets de développement et de tests de prototypes de VA en tant que conducteurs ou en tant que superviseurs³.

Le recueil de données

Dans l'objectif d'externaliser les savoirs de référence des participants, nous avons mis en place une démarche de recherche empirique basées sur une série d'entretiens et observations *in situ*.

Etape 1 : Entretiens préalables semi-directifs portant sur les thèmes suivants :

- Informations générales et expérience en conduite « traditionnelle » : année de permis, fréquence de conduite, utilisation d'aides à la conduite, etc.
- Formation préalable au VA et premiers usages.
- Expérience « en VA » : poste occupé, nombre d'heures / de kilomètres parcourus, situations rencontrées, difficultés rencontrées, etc.
- Expérience en tant que superviseurs de débutants (testeurs) en VA.
- Préconisations pour un dispositif embarqué visant à accompagner la prise en main du VA.

Chacun de ces entretiens a fait l'objet d'un enregistrement audio.

Etape 2 : Observations instrumentées in-situ avec verbalisations simultanées

Les observations en roulage⁴ se sont déroulées en décembre 2018, en demandant au conducteur de penser à voix haute pendant la conduite et en présence de l'expérimentateur côté passager (chargé de la prise de notes et des relances).

Le conducteur était équipé d'une caméra subjective fixée sur une monture de lunettes afin de recueillir son point de vue attentionnel.

Les caractéristiques du prototype roulant de VA utilisé étaient les suivantes :

- Prototype de VA de niveau 3-4 SAE⁵ ;
- Possibilité d'activer le mode autonome en appuyant sur deux boutons sur le volant, lorsque le système indique qu'il est activable via le tableau de bord. En mode autonome, le système gère tous les aspects de la conduite et les changements de voie sont partiellement automatisés ;
- Face à des situations non prévues par la navigation, que le système ne sait pas gérer (travaux, météo défavorable, etc.), il peut demander au conducteur de reprendre la main sur la conduite en 10 secondes, ou en 60 secondes si la situation est connues/prévues. Si le conducteur n'a pas repris la main à la fin du décompte, le système enclenche une manœuvre de refuge automatique ;

³ On parle de superviseur lorsqu'il s'agit de co-pilotes positionnés à la place avant passager, capable de gérer les doubles commandes du véhicule, chargés d'encadrer le fonctionnement du véhicule, des conducteurs testeurs (débutants) du VA, et formés à reprendre le contrôle du véhicule à tout moment avec les doubles commandes en cas de situation problématique.

⁴ Un des 9 participants a été observé à deux reprises afin de tester et caler le dispositif de recueil de données.

⁵ La SAE (*Society of Automotive Engineers*) a défini 5 niveaux de véhicule autonome, les niveaux 3 et 4 correspondant à une délégation complète de la conduite lorsque le système peut être activé (dans les bonnes conditions), avec possibilité que le système demande au conducteur de reprendre la main sur la conduite. Le dernier document de référence date de juin 2018.

- Un écran central de supervision du système est présent dans ce prototype pour permettre aux experts de surveiller son bon fonctionnement (photo 1).

Photo 1 : Capture d'écran d'un enregistrement vidéo en vue subjective de l'observation in situ (étape 2)



Etape 3 : Entretiens d'auto-confrontation

Les entretiens d'auto-confrontation, qui ont eu lieu en juin 2019, sont inspirés de la méthode « Subjective-Evidence Based Ethnography » (Lahlou, Le Bellu, & Boesen-Mariani, 2015), qui consiste à remettre le participant en situation sur la base de ses enregistrements vidéo subjectifs afin de mieux le projeter dans son activité et stimuler le rappel (photo 2), tout en le faisant verbaliser *a posteriori* selon une consigne visant à formuler les buts qu'il poursuivait au fil de son activité et la façon dont il s'y est pris pour les atteindre.

Seulement 5 des participants ont pu participer à l'ensemble de notre recueil de données [4 participants qui ne possédaient plus leur habilitation au moment des roulages (étape 2) ont dû abandonner].

Photo 2 : Capture d'écran d'un enregistrement vidéo de l'entretien d'auto-confrontation (étape 3).



Le traitement des données

Dans un premier temps, le traitement des données a eu pour objectif d'identifier les caractéristiques de situations de conduite spécifiques à la conduite autonome, potentiellement difficiles, à risque, ou nécessitant une attention accrue pour des conducteurs, notamment débutants en VA. Nous les appellerons « situations remarquables ». Dans un second temps, nous avons identifié des conseils et recommandations des experts pour faciliter un usage efficient du VA. Enfin, notre objectif a été d'identifier au moins en partie les transformations des compétences (genèses instrumentales) requises pour une gestion plus efficace de ces situations. L'ensemble des enregistrements recueillis a été entièrement retranscrit et nous avons triangulé toutes les données pour élaborer nos résultats (Apostolidis, 2003 ; Olsen, 2004). Les différents types de situations remarquables ont été utilisés pour identifier les situations à analyser plus finement d'un point de vue clinique (Clot & Leplat, 2005) en mobilisant le modèle de Rabardel (1995) qui permet de différencier les relations entre le sujet, l'instrument, l'objet et les autres usagers de la route. Nous avons cherché à caractériser ce qu'a pu être la genèse instrumentale pour les experts, et ce qu'elle pourrait être pour des débutants avec ces véhicules.

Résultats

Une série de situations remarquables liée au véhicule autonome

Au total nous avons recueilli 27 cas d'usages que nous avons analysés de façon clinique (cf. exemple détaillé en fin de section) en mettant en évidence leurs caractéristiques communes. Cela nous a conduit à construire 5 grandes catégories de situations remarquables que les experts du VA ont appris à gérer avec le temps, mais qu'ils considèrent comme nécessitant une vigilance et une maîtrise accrue :

- (1) des situations courantes liées à un fonctionnement nominal du système de conduite autonome, mais nécessitant une certaine attention pour comprendre et gérer ces situations (catégorie 1, N=6 cas d'usage ont été cités et/ou observés) ;
- (2) des situations connues que les limites techniques actuelles du système ne permettent pas de gérer (ou par une manœuvre de refuge automatique), mais que le VA sait

détecter, impliquant une demande de reprise en main courte (de l'ordre de 10 secondes) pouvant être compliquée pour un conducteur débutant (catégorie 2, N=4 cas d'usage) ;

- (3) des situations au sein desquelles le véhicule en mode autonome se comporte différemment du comportement « normé/normalisé » qui serait attendu et réalisé par un humain (catégorie 3, N=5 cas d'usage ont pu être observés et/ou mentionnés) ;
- (4) des situations non reconnues et non détectées par le système, impliquant que le conducteur soit suffisamment attentif pour les détecter et reprendre la main de sa propre initiative (catégorie 4, N=3 cas d'usage) ;
- (5) des situations que le système ne gère pas pour différentes raisons (dysfonctionnements, limites technologiques, etc.), difficiles, voire dangereuses pour le conducteur, qui devront être traitées avant la mise sur le marché (catégorie 5, N=9 cas d'usage).

Le tableau 1 présente l'exemple de la catégorie 3 : des situations critiques pour le conducteur.

Tableau 1 : Les situations critiques pour le conducteur, un exemple de « situations remarquables » d'usage du véhicule autonome

Catégorie de situation remarquables	Définition (caractéristiques) de la catégorie de situations remarquables	Cas d'usage observés et/ou cités
Catégorie 3 : situations critiques pour le conducteur (N=5)	Situations dans lesquelles le fonctionnement normal du système (selon les règles établies) dévie des usages/pratiques humain(e)s, entraînant des difficultés potentielles de compréhension, de gestion et/ou d'acceptation du système, pour un conducteur débutant en conduite autonome.	<ul style="list-style-type: none"> - Dépassement d'un poids lourd - Gestion d'un véhicule faisant une queue de poisson - Fort ralentissement soudain - Brouillard léger et moyen - Véhicule précédent hésitant

Nous donnons ci-après un exemple détaillé d'analyse clinique de l'un des cas d'usage observés, celui du dépassement automatisé d'un poids lourd (catégorie 3, tableau 1). Il s'agit d'une situation dans laquelle le véhicule, alors en mode autonome, dépasse un poids-lourd par la gauche. Le système de conduite autonome étant programmé pour rester centré dans sa voie, lorsque le VA dépasse le poids-lourd, l'écart latéral entre les deux véhicules est très réduit comparé à la même situation en conduite traditionnelle. En effet, un conducteur lambda se place dans sa voie en fonction de la position du poids-lourd dépassé pour éviter une situation à risque et anxiogène. La difficulté identifiée ici pour le conducteur concerne l'inhibition du réflexe de saisie du volant pour s'écarter du poids lourd. En effet, cette action pourrait provoquer une reprise en main inattendue de la conduite, ainsi qu'un écart dans la voie potentiellement dangereux, alors que le système sait gérer cette situation en freinant en cas d'écart du poids lourd. En parallèle de l'acquisition de ces mécanismes d'inhibition, il s'agit aussi d'apprendre à faire confiance au système et de la compréhension de ses capacités.

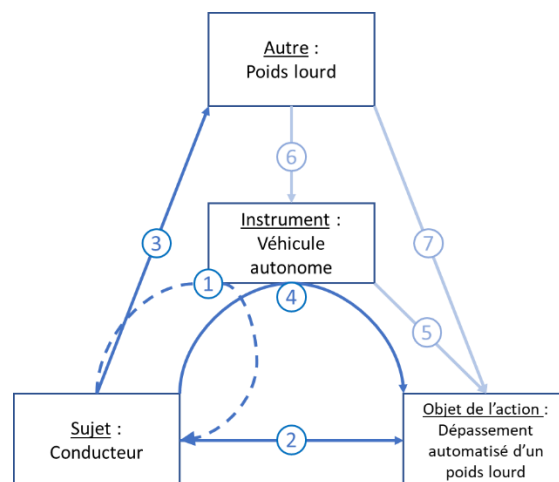
Deux verbatim recueillies illustrent cette analyse : « Quand on double un camion en fait, on ne va pas rester centre voie (en conduite manuelle, ndla). On va se décaler peut-être à 60-40% ou 70-30, je n'en sais rien. Si on ne le fait pas (en conduite autonome, ndla), ça va être inquiétant pour les gens. Le camion là, à 50 centimètres, tout proche, si le camion fait un écart, elle [la voiture autonome] freine ». « Si le camion roule sur la ligne, on (le système autonome, ndla) va le détecter comme une target, et la voiture, elle va freiner ».

Photo 2 : Capture d'écran d'un enregistrement vidéo en vue subjective de l'observation in situ (étape 2), un exemple de dépassement automatisé d'un poids-lourd



Cette même situation est analysée avec le modèle SACI (Rabardel, 1995) pour caractériser les relations en jeu (cf. Figure 1 et Tableau 2).

Figure 1: Modélisation à partir de SACI d'une situation de dépassement automatisé d'un poids lourd par un véhicule autonome



Légende : d'après le modèle SACI de Rabardel (1995). Les flèches foncées représentent les relations qui concernent directement le sujet, la flèche pointillée, une médiation réflexive, et les flèches claires, les relations qui ne concernent pas directement le sujet.

Tableau 2 : Descriptions des relations en jeu dans la situation de dépassement d'un poids lourd en mode autonome

N°	Relation	Description
1	S-I-S	Inhibition des actions sur le contrôle latéral du véhicule avec le volant
2	S – O	Surveillance de la bonne gestion du dépassement automatisé
3	S – A	Surveillance du poids lourd (comportement, actions)
4	S-I-O	Surveillance de la situation et de l'action du VA via le tableau de bord
5	I – O	Gestion automatisée du dépassement
6	I – A	Interactions entre le VA et le poids lourd
7	A – O	Surveillance du VA (comportement, actions)

Les relations se lisent de la façon suivante : S-I-S décrit la relation Sujet-Instrument-Sujet, S-O : Sujet-Objet, S-A : Sujet-Autres, S-I-O : Sujet-Instrument-Objet, I-O : Instrument-Objet, I-A : Instrument-Autres, et A-O : Autres-Objet.

Dans cette situation remarquable de conduite autonome, les participants experts rendent compte de l'inhibition d'un schème d'action habituellement lié au contrôle latéral du véhicule lors du dépassement d'un poids lourd afin de préserver une distance latérale de sécurité (médiation réflexive : 1, Tableau 2). En effet, ils laissent le VA gérer la situation tout en ayant conscience du risque, et redoublent de vigilance pour surveiller l'évolution de la situation (accommodation du schème de surveillance de la situation de conduite). Dans une situation de conduite « traditionnelle », la médiation S-I-O (4, Tableau 2) correspond habituellement à la gestion du dépassement par le conducteur via les commandes de son véhicule (médiation pragmatique), alors que dans le cas de la conduite autonome, elle se transforme en médiation épistémique pour surveiller la situation et les actions du VA à l'aide du tableau de bord. Ces éléments rendent compte du processus d'instrumentation nécessaire à la prise en main du VA dans une classe de situation spécifique : le dépassement automatisé d'un poids lourd.

Des aspects du processus d'instrumentalisation sont également identifiés à partir des verbatims des experts. Un premier aspect concerne la transformation du véhicule : d'instrument permettant au conducteur de gérer et maîtriser son déplacement, à un instrument permettant un déplacement instrumenté automatisé sans aucune action à réaliser manuellement, en inhibant un schème construit antérieurement. Un deuxième aspect concerne le tableau de bord (et ses interfaces) : d'instrument permettant de contrôler le résultat des actions réalisées par le conducteur via les commandes du véhicule, à un instrument permettant de surveiller le résultat des actions réalisées automatiquement par le système et l'évolution de la situation. L'instrumentalisation est alors caractérisée par le changement de fonctions de l'artefact dans l'activité du sujet.

La même démarche d'analyse a été appliquée à toutes les situations remarquables (hors catégorie 5).

Une série de conseils et recommandations proposée par les experts

La deuxième orientation privilégiée pour l'analyse des résultats est l'identification et la catégorisation des conseils et recommandations fournis par les pilotes experts pour favoriser un usage réussi du véhicule, mais également pour la conception des futurs systèmes. Au total, nous avons mis au jour 5 grandes catégories thématiques de recommandations : catégorie 1 :

se préparer à la conduite autonome (N=4), catégorie 2 : créer les bonnes conditions pour l'activation du mode autonome (N=4), catégorie 3 : contrôler l'état du système et l'environnement (N=2), catégorie 4 : bien gérer les reprises en main (N=2), catégorie 5 : construire de la confiance envers le système (N=3).

Nous détaillons ci-après l'un des conseils recueillis : préférer reprendre la main via l'accélérateur si le véhicule suivant est trop proche (catégorie 4 : bien gérer les reprises en main).

Lors de la désactivation du mode autonome, un changement de vitesse du véhicule peut intervenir. En effet, lorsque la reprise en main se fait via le volant ou les boutons, sans action sur l'accélérateur ou sur le frein, le véhicule décélère légèrement. Lorsque la reprise en main se fait par la pédale de frein alors un freinage est opéré, ralentissant fortement le véhicule. Enfin, en cas de reprise en main via la pédale d'accélérateur, le véhicule augmente sa vitesse au moment de la désactivation du mode autonome. Ce changement de vitesse peut être anxiogène pour un conducteur non averti, et va nécessiter une action pour retrouver une vitesse appropriée. Le temps de réaction du conducteur est donc très important pour éviter de créer une situation potentiellement à risque avec les véhicules qui suivent. C'est notamment pour cette raison que les experts recommandent de reprendre la main via l'accélérateur si à ce moment-là le véhicule qui suit est proche, afin de creuser l'écart entre celui-ci et le VA. Plus généralement, il s'agit d'adapter la sélection de l'organe de reprise en main en fonction du contexte de la situation.

Ces données ont été analysées comme précédemment à partir du modèle SACI (op. cit.), nous permettant de compléter la caractérisation des genèses instrumentales requises.

Discussion et conclusion

L'étude présentée confirme les résultats de Le Bellu & Haué (in prep.) : la prise en main de ces nouvelles technologies ne va pas de soi et doit être guidée pour éviter des situations potentiellement anxiogènes dans une activité qui est en soi connue pour être risquée, et afin d'en favoriser *in fine* l'acceptation et un usage sans risque. D'autres études portant sur l'usage des aides à la conduite de type régulateur de vitesse avaient déjà mis en évidence ce besoin d'accompagnement (Cahour & Forzy, 2009 ; Simon, 2005 ; Stave & Strand, 2015 ; Viktorová & Šucha, 2018). Le recueil de l'expérience et des connaissances des participants experts montre en effet que des situations de conduite nouvelles spécifiques à la conduite autonome apparaissent et nécessitent des transformations des compétences des conducteurs, que nous analysons comme des genèses instrumentales (Rabardel, 1995). Nous les identifions à partir des changements dans les relations directes et médiatisées sujet-objet-instrument-autres sujets. C'est plus particulièrement la relation instrument (ou automatismes du véhicule) X objet qui entraîne une série de modifications dans les autres relations. Ces changements nécessitent l'inhibition de certains schèmes, la transformation d'autres schèmes existants (par assimilation ou accommodation) ou encore le développement de nouveaux schèmes spécifiques à cette activité instrumentée, qui devront s'automatiser pour être efficaces en situation dynamique sous forte pression temporelle.

Les différents types de situations identifiées rendent compte de difficultés potentielles auxquelles devra faire face un conducteur débutant en conduite autonome. Ainsi, les situations courantes (1), comme les situations où le comportement du VA sort des normes (3), sont

susceptibles d'engendrer des difficultés liées à la compréhension de ces situations, à la compréhension du comportement du VA ou encore à l'inhibition de certains schèmes plus ou moins incorporés de la conduite « traditionnelle ».

Les difficultés liées aux situations limites (re)connues par le système (2) concernent notamment la compréhension de la situation, et la compréhension et l'intégration des procédures de reprise en main. La difficulté est double car le conducteur doit savoir quelle modalité est préférable en fonction des caractéristiques de la situation, puis il doit prendre la décision d'agir au moment le plus opportun pour éviter une situation à risque suite à la manœuvre de refuge. La catégorie des situations non reconnues et non détectées par le système (4) est particulière car elle est le fruit de paradoxes mettant en évidence les différences entre le prescrit et le réel dues à un manque de prise en compte de la conduite automobile « réelle » en conception (le système est obligatoirement paramétré pour respecter scrupuleusement les réglementations du Code de la route). Ici, la difficulté réside dans la reconnaissance et la compréhension de la situation, et dans la prise de décision de reprendre la main sans être guidé par le système, afin de minimiser le risque d'incident ou d'accident. Néanmoins, il est prévu que ces situations soient étudiées plus spécifiquement pour être traitées avant une mise sur le marché, tout comme les situations de la catégorie 5.

Les conseils et recommandations proposés par les experts concernent principalement les transitions entre les deux modes de conduite : activation et reprise en main. D'autres propositions sont liées à des dimensions de l'activité qui sont finalement requises lorsque le mode autonome est activé (contrôler le système et l'environnement, construire de la confiance dans le système, sans excès, etc.). Ces premiers résultats permettent de dresser un premier tableau de la genèse instrumentale pour conduire un véhicule autonome de façon suffisamment fiable et efficiente.

Par ailleurs, concernant la validité écologique de l'étude, il est important de noter que les listes de situations remarquables et de conseils que nous présentons ici ne sont pas exhaustives. Trois facteurs peuvent l'expliquer : les caractéristiques de nos participants, les caractéristiques du prototype utilisé, et les conditions de roulage (période de l'année, conditions météorologiques, trajet effectué, état du trafic, etc.). Nous pensons qu'il serait intéressant de reproduire la démarche lorsque les prototypes de VA seront plus aboutis, avec un panel de participants experts plus important et plus varié, et en effectuant des roulages dans des conditions plus variées également.

Pour conclure, cette première phase de notre étude nous fournit des indications sur les transformations des compétences qui sont requises pour prendre en main un VA et sur les systèmes de guidage qu'il faudrait mettre en place pour aider ces transformations. Il s'agirait alors d'élaborer une orchestration instrumentale (Trouche, 2003) favorisant l'apprentissage de la conduite autonome, en jouant sur un système d'instruments, leur complémentarité et leur redondance.

Bibliographie

- Amalberti, R. (1996). *La conduite des systèmes à risque*. Paris: PUF.
- Apostolidis, T. (2003). Représentations sociales et triangulation: enjeux théorico-méthodologiques. In J.-C. Abric (Ed.), *Méthodes d'étude des représentations sociales* (pp. 13–35). Saint-Agne: Erès.

- Bisseret, A., Sebillotte, S., & Falzon, P. (1999). *Techniques pratiques pour l'étude des activités expertes*. Toulouse: Octarès.
- Cahour, B., & Forzy, J.-F. (2009). Does projection into use improve trust and exploration? An example with a cruise control system. *Safety Science*, 47(9), 1260–1270. <https://doi.org/10.1016/J.SSCI.2009.03.015>
- Clot, Y., Leplat, J. (2005). La méthode clinique en ergonomie et en psychologie du travail. *Le Travail Humain*, 68, 289–316.
- Haué, J.-B., Le Bellu, S., & Barbier, C. (accepté). Le véhicule autonome: désengagement et réengagement. *Activités*.
- Houdé, O. (1995). Rationalité, développement et inhibition: un nouveau cadre d'analyse. FeniXX.
- Houdé, O. (2000). Inhibition and cognitive development: Object, number, categorization, and reasoning. *Cognitive development*, 15(1), 63-73.
- Kyriakidis, M., de Winter, J. C. F., Stanton, N., Bellet, T., van Arem, B., Brookhuis, K., ... Happee, R. (2019). A human factors perspective on automated driving. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 20(3), 223–249. <https://doi.org/10.1080/1463922X.2017.1293187>
- Lahlou, S., Le Bellu, S., & Boesen-Mariani, S. (2015). Subjective evidence based ethnography: method and applications. *Integrative Psychological & Behavioral Science*, 49(2), 216–238. <https://doi.org/10.1007/s12124-014-9288-9>
- Le Bellu, S. (2016). Learning the secrets of the craft through the real-time experience of experts: capturing and transferring professional expert tacit knowledge to novices. *Perspectives Interdisciplinaires Sur Le Travail et La Santé (PISTES)*, 18(1). <https://doi.org/10.4000/pistes.4685>
- Le Bellu, Sophie, & Forzy, J.-F. (2019). Synthèse GT Recherche « Pédagogie pour les systèmes de conduite automatisés ». Internal Report, Renault SA. p.41.
- Le Bellu, Sophie, & Haué, J.-B. (in prep.). Sommes-nous prêts à conduire un véhicule autonome?
- Lefebvre, C. (2001). Vers une formation à la conduite automobile intégrant des connaissances conceptuelles et des métaconnaissances. *Recherche-transport-sécurité*, 70, 16-40.
- Leplat, J. (1990). Skills and tacit skills: a psychological perspective . *Applied Psychology: An International Review*, 39(2).
- Leplat, J. (1995). A propos des compétences incorporées. *Education Permanente*, 123, 101–114.
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). *The knowledge-creating company: how japanese companies create the dynamics of innovation*. Oxford: Oxford University Press.
- Olsen, W. (2004). Triangulation in social research: qualitative and quantitative methods can really be mixed. In M. Holborn (Ed.), *Developments in sociology* (pp. 103–118). Ormskirk: Causeway Press.
- Pascual-Leone, J. (1987). Organismic processes for neo-Piagetian theories: A dialectical causal account of cognitive development. *International Journal of Psychology*, 22(5-6), 531-570.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies; approche cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin.
- Rasmussen, J. (1983). Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, SMC-13*(3), 257–266. <https://doi.org/10.1109/TSMC.1983.6313160>
- Rogalski, J. (2004). La didactique professionnelle: une alternative aux approches de « cognition située » et « cognitiviste » en psychologie des acquisitions. *Activités*, 1(1-2).

- Simon, J. (2005). Learning to drive with Advanced Driver Assistance Systems. Empirical studies of an online tutor and a personalised warning display on the effects of learnability and the acquisition of skill.
- Stave, C., & Strand, N. (2015). Drivers' knowledge and learning of advanced driver assistance systems. *22nd ITS World Congress, Bordeaux, France, 5–9 October 2015*. Bordeaux, France.
- Trouche, L. (2003). Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques: nécessité des orchestrations.
- Varela, F., Thompson, E., & Rosch, E. (1991). *The Embodied Mind*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Viktorová, L., & Šucha, M. (2018). Learning about advanced driver assistance systems – The case of ACC and FCW in a sample of Czech drivers. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. <https://doi.org/10.1016/J.TRF.2018.05.032>