



Comment guider les genèses instrumentales pour la prise en main d'un véhicule automatisé ?

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 d'un véhicule automatisé ?. 55ème Congrès de la SELF, L'activité et ses frontières. Penser et agir sur les transformations de nos sociétés., Jan 2021, Paris, France. pp.336-341. halshs-03287034

HAL Id: halshs-03287034

<https://shs.hal.science/halshs-03287034>

Submitted on 11 Aug 2021

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.

Comment guider les genèses instrumentales pour la prise en main d'un véhicule automatisé ?

Cusanno H., Vidal-Gomel C., Le Bellu S.
hugo.cusanno@univ-nantes.fr

Résumé. Le véhicule automatisé (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 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 « sensibles » — 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 possible de la genèse instrumentale et ainsi de fournir des pistes à la fois pour la conception d'un potentiel outil d'apprentissage qui pourrait la favoriser et pour la conception des véhicules automatisés.

Mots-clés : Véhicule Automatisé, Pilotes-Experts, Genèse Instrumentale, Apprentissage

How to guide the instrumental genesis for the handling of an automated vehicle?

Abstract. The automated vehicle (AV) brings a new paradigm in which the instrumented driving activity changes from manual to automated, and vice versa. We have started an approach to analyze the activity of nine drivers considered to be AV experts, the aim of which is the design of a didactic on-board support device for the handling of these vehicles. This article reports on the research process and allows us to initiate a reflection on how to guide the instrumental genesis of these devices and the AV. The data collection made it possible to identify a series of "sensitive" driving situations - which should be considered in training or eliminated - and to collect recommendations from their expertise for the handling of AV. This data set makes it possible to account for the possible dimensions of the instrumental genesis and thus to provide clues both for the design of a potential learning tool that could foster it and for the design of automated vehicles.

Keywords: Automated Vehicle, Expert pilots, Instrumental Genesis, Learning

INTRODUCTION

Les avancées technologiques du monde de l'automobile ont conduit à chercher à automatiser la conduite. Cinq niveaux d'automatisation sont

*Ce texte original a été produit dans le cadre du congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française qui s'est tenu à Paris, les 16, 17 et 18 septembre 2020. 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 :

Cusanno H., Vidal-Gomel C., Le Bellu S.. (2020). Comment guider les genèses instrumentales pour la prise en main d'un véhicule automatisé ? Actes du 55ème Congrès de la SELF, L'activité et ses frontières. Penser et agir sur les transformations de nos sociétés. Paris, 16, 17 et 18 septembre 2020

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.

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 « conduite automatisée » (CA), nécessitent une attention particulière du conducteur et représentent des moments critiques (Haué, Le Bellu, & Barbier, accepté).

L'étude que nous présentons s'appuie sur le modèle SACI [situations d'activité collectives instrumentées, Rabardel (1995)] qui appréhende l'activité du point de vue des situations, 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 »² est mobilisé pour analyser l'appropriation du véhicule automatisé (VA) par le conducteur. Il rend compte d'un processus développemental, l'appropriation d'un artefact, qui concerne aussi bien l'évolution des schèmes du sujet (instrumentation), que les transformations de l'artefact (instrumentalisation).

Par ailleurs, les schèmes peuvent relever de plusieurs niveaux de régulation et de contrôle (Rasmussen, 1983). 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 — concerne des schèmes qui peuvent être exprimés par le sujet sous la forme de règles ou procédures. 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 des situations dans lesquelles le sujet se trouve en situation de résolution de problème et ne dispose pas de schème suffisant pour répondre à la situation. Ce niveau, très coûteux en ressources cognitives et attentionnelles, est peu compatible avec les situations de conduite qui constituent une activité à risque dans un environnement dynamique à tempo rapide (Amalberti, 1996). Il peut être mobilisé en mode découverte du véhicule en étant à l'arrêt.

Les automatismes, nécessaires à une conduite efficiente, 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. Enfin, les nouveaux schèmes constitués doivent devenir suffisamment automatisés pour être compatibles avec les exigences de la conduite avec un VA.

Actuellement, sur le marché de l'automobile, aucun constructeur ne propose un réel outil embarqué dédié à la prise en main des aides à la conduite les plus évoluées (niveau 2, SAE¹), si ce n'est quelques courtes vidéos présentes dans les systèmes multimédias de

certaines véhicules. Or, la conception d'artefacts embarqués susceptibles de guider la prise en main des VA devient une nécessité afin de favoriser la compréhension, l'usage, l'acceptation et in fine une appropriation réussie de ces nouveaux systèmes automatisés (Kyriakidis et al., 2019 ; Le Bellu & Forzy, 2019 ; Le Bellu & Haué, accepté). Cela nécessite alors de caractériser l'activité future possible (Daniellou, 2004) des conducteurs-trices de VA et plus spécifiquement de caractériser ce que pourrait être 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 : 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.

Nous envisageons la conception de cet artefact dont l'objectif est l'accompagnement embarqué dans le véhicule, à partir des apports de la didactique professionnelle qui orientent la conception d'une formation (ici d'un artefact à visée de formation). La recherche passe par la caractérisation des « savoirs de références » — dimensions communes aux pratiques efficaces (Rogalski, 2004). Cette démarche a notamment été menée auprès d'acteurs expérimentés et experts du VA³.

Le VA étant un prototype en cours de validation, 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, Sebillotte, & Falzon, 1999 ; Le Bellu, 2016) afin d'identifier et caractériser des compétences, qu'elles soient de nature explicite ou tacite (Polanyi, 1967 ; Nonaka & Takeuchi, 1995), et qui seraient susceptibles d'être utiles aux futurs utilisateurs du VA au moment de la prise en main de ces systèmes. C'est ce que nous nommons des savoirs de référence.

MATÉRIEL & MÉTHODE

Population étudiée

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

Les 9 participants 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 automatisée sur route ouverte avec prototype selon des critères spécifiques établis par le groupe automobile. 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 superviseurs (co-

1 La SAE (Society of Automotive Engineers) définit 5 niveaux : 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 (ex : régulateur de vitesse), 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>).

2 Dimension de l'activité rendant compte de l'élaboration d'un instrument par le sujet à partir d'un artefact, matériel ou symbolique, et des schèmes d'utilisation du sujet (Rabardel, 1995).

3 Lefebvre (2001) définit un expert comme une personne ayant une expérience vécue de l'activité, avec une démarche réflexive, et maîtrisant des connaissances techniques et scientifiques.

pilote avec double commande type auto-école ou console avec joystick et boutons).

Ils ont également tous suivi une formation pour la double commande, mais n'ont jamais reçu de formation spécifique à la conduite de VA. Les premières prises en main ont eu lieu « sur le tas » sur un circuit car aucune formation n'existait lors de leur prise de poste sur les projets de VA.

Recueil de données

Dans l'objectif de caractériser les savoirs de référence des participants, nous avons mis en place une démarche de recherche empirique basée 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 ».
- 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.
- Questions de types : « que diriez-vous à un débutant pour bien utiliser le VA la première fois ? »
- 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 roulage » 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 à hauteur d'œil afin de recueillir son point de vue.

Voici les caractéristiques du prototype de VA utilisé :

- Prototype de VA de niveau 3-4 SAE ;
- Possibilité d'activer le mode CA en appuyant sur un bouton sur le volant lorsque l'interface indique qu'il est activable. Le système gère alors 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.), le système peut demander au conducteur de reprendre la main sur la conduite en 10 secondes, ou en 60 secondes si la situation est connue/prévue. Si le conducteur n'a pas repris la main à la fin du décompte, le système enclenche une manœuvre de refuge automatique ;
- Un écran central de supervision du système est présent dans ce prototype pour permettre aux experts de surveiller son bon fonctionnement.

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, tout en le faisant verbaliser 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.

Etape 4 : Entretien d'allo-confrontation collectif (Mollo & Falzon, 2004) :

L'entretien d'allo-confrontation collectif, qui s'est déroulé en octobre 2019, nous a permis de faire discuter nos participants de leurs expériences et de débattre de leurs pratiques, en verbalisant sur la base de séquences vidéo sélectionnées suite à l'étape 3 (en fonction de leurs caractéristiques communes et de la redondance inter et intra-individuelle). Ceci dans le but d'identifier les pratiques efficaces communes et de les confirmer en tant que savoirs de références.

Seulement 5 participants ont pu effectuer l'ensemble des étapes [4 participants ne possédaient plus leur habilitation au moment des roulages (étape 2)].

Traitement des données

Dans un premier temps, le traitement des données a eu pour objectif d'identifier les caractéristiques de situations de conduite potentiellement difficiles, à risque, ou nécessitant une attention accrue pour des conducteurs débutants en VA. Nous les appellerons « situations sensibles ». Dans un second temps, nous avons identifié des conseils et recommandations des experts pour faciliter un usage efficace du VA. Enfin, notre objectif a été d'identifier au moins en partie les transformations potentiellement requises (genèses instrumentales) pour une gestion plus efficace de ces situations. L'ensemble des enregistrements audio recueillis a été entièrement retranscrit, et les enregistrements vidéo (étape 2) ont été codés chronologiquement en associant les tâches identifiées aux schèmes et aux verbalisations simultanées. Nous avons ensuite triangulé toutes les données pour élaborer nos résultats (Apostolidis, 2003 ; Olsen, 2004). Les situations sensibles les plus récurrentes ont été analysées plus finement d'un point de vue clinique (Clot & Leplat, 2005) en mobilisant le modèle SACI (Op. Cit.) qui permet de différencier les relations entre le sujet, l'instrument, l'objet de l'activité et les autres usagers de la route. Nous avons cherché à caractériser, à partir des données disponibles, ce qu'a pu être la genèse instrumentale pour les experts, et ce qu'elle pourrait être pour des débutants en VA. Nous considérons ces premiers résultats comme relevant d'une phase intermédiaire. Ils seront ensuite complétés et réexaminés.

RÉSULTATS

Une série de situations sensibles liée au véhicule automatisé

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 sensibles que les experts du VA ont appris à gérer avec le temps, mais qu'ils considéraient comme nécessitant une vigilance et une maîtrise importante : (1) des situations courantes liées à un fonctionnement nominal du système de conduite automatisée, 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 (entraînant 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 compliquées pour un

conducteur débutant (catégorie 2, N=4 cas d'usage cités et/ou observés) ;

(3) des situations au sein desquelles le véhicule en mode CA 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 soit 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 observés et/ou mentionnés) ;

(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).

Nous détaillons ci-dessous les cas d'usages observés ou rapportés par nos participants pour la catégorie 3 :

- Le dépassement automatisé d'un poids lourd
- Les queues de poisson
- Un fort ralentissement soudain
- Le brouillard de densité légère ou moyenne
- Le véhicule précédant hésitant entre deux voies

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, photo 1). Il s'agit d'une situation dans laquelle le véhicule, en conduite automatisée activée, dépasse un poids-lourd par la gauche. Le système de conduite automatisée étant programmé pour rester au centre de 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 d'être trop près. La difficulté identifiée ici pour le conducteur concerne le fait que cette situation peut être anxiogène et générer un réflexe de saisie du volant pour s'écarter du poids lourd. Cette action pourrait provoquer une reprise en main de la conduite, qui ne serait pas réellement anticipé, ainsi qu'un écart dans la voie, potentiellement dangereux, alors que le système ne passe pas trop près, sait gérer cette situation, et éventuellement freinerait en cas d'écart du poids lourd. Il s'agirait alors d'apprendre à inhiber ce type d'automatisme dans cette catégorie de situation. En parallèle de l'acquisition de ces mécanismes d'inhibition, il s'agit aussi d'apprendre à faire confiance au système et de comprendre ses capacités dans ce type de situations.

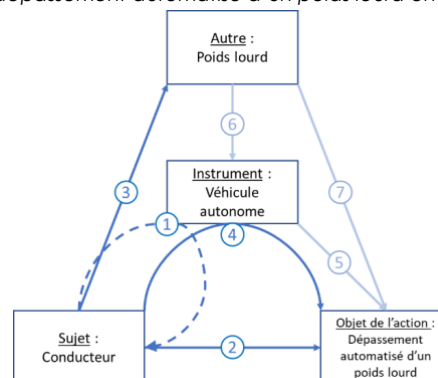
Deux verbatims illustrent cette analyse : « Quand on double un camion en fait, on ne va pas rester centre voie (en conduite manuelle, ndla). On va se décaler peut-être à 60-40% ou 70-30, je n'en sais rien. Si on ne le fait pas (en conduite automatisée, ndla), ça va être inquiétant pour les gens. Le camion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

Photo 1 : Screenshot d'un enregistrement vidéo de l'étape 2 : dépassement automatisé d'un poids-lourd



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

Figure 1 : Modèle SACI (Rabardel, 1995) : situation de dépassement automatisé d'un poids lourd en CA



Légende : les flèches foncées représentent les relations qui concernent directement le sujet, la flèche pointillée est une médiation réflexive, et les flèches claires sont les relations qui ne concernent pas directement le sujet.

Tableau 1 : Descriptions des relations en jeu dans la situation de dépassement d'un poids lourd en CA

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 comportement du VA

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 sensible de CA, 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 réflexive⁴ : 1, Tableau 1). 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 1) correspond habituellement à la gestion du dépassement par le conducteur via les commandes du véhicule (médiation pragmatique⁵), alors que dans le cas de la conduite automatisée, elle se transforme en médiation épistémique⁶ pour

4 Médiation dirigée vers le sujet lui-même (Rabardel, 1995).

5 Médiation du sujet vers l'objet, « l'instrument est moyen d'une action transformatrice dirigée vers l'objet » (Rabardel, 1995).

6 Médiation de l'objet vers le sujet, « l'instrument est un moyen qui permet la connaissance de l'objet » (Rabardel, 1995).

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 des fonctions du véhicule : d'artefact permettant au conducteur de gérer et maîtriser son déplacement, à un artefact permettant par moments un déplacement instrumenté automatisé sans intervention humaine, en inhibant des schèmes potentiellement construits antérieurement. Un deuxième aspect concerne l'interface du tableau de bord : d'artefact permettant de contrôler le résultat des actions du conducteur via les commandes du véhicule, à un artefact permettant de surveiller la réalisation des opérations réalisées automatiquement par le système et leur résultat, 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 sensibles (hors catégorie 5 dont les situations devront être supprimées).

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 identifié 5 grandes thématiques de recommandations : catégorie A : se préparer à la conduite automatisée (N=4), catégorie B : créer les bonnes conditions pour activer le mode CA (N=4), catégorie C : contrôler l'état du système et l'environnement (N=2), catégorie D : gérer les reprises en main selon le contexte (N=2), catégorie E : construire sa confiance envers le système (N=3).

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

L'étude présentée confirme les résultats de Le Bellu & Haué (accepté) : 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 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 automatisée apparaissent et nécessitent des transformations des schèmes 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 de l'activité – instrument – autres sujets. C'est plus particulièrement la relation « instrument – objet de l'activité » qui entraîne une série de modifications dans les autres relations. Ces changements nécessitent l'inhibition de certains schèmes, et la transformation d'autres schèmes existants (par

assimilation ou accommodation) qui devront s'automatiser pour être efficaces en situation dynamique sous forte pression temporelle.

Les différents types de situations identifiés rendent compte de difficultés potentielles auxquelles devra faire face un conducteur débutant en CA. 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 (relation S-O), à la compréhension du comportement du VA (relation I-O) ou encore à l'inhibition de certains schèmes plus ou moins incorporés de la conduite « traditionnelle » (relation S-I-S). L'enjeu pour la conception d'un système d'accompagnement embarqué sera donc de préparer le conducteur à reconnaître ces situations et à être capable de comprendre et anticiper le comportement du VA. Certains de nos résultats peuvent aussi conduire à des transformations du prototype ou des consignes des concepteurs. Par exemple, l'inhibition du schème de contrôle latéral présenté en exemple est fortement influencée par les caractéristiques du prototype et par les consignes des concepteurs (« Ne pas agir sur le volant lorsque le mode CA est activé, car cela désactive le système »). Or, nous pouvons observer que des experts rapprochent leurs mains du volant dans certaines situations sensibles malgré la consigne. Cela traduit un comportement que nous risquons de retrouver chez des débutants. Nous pensons donc qu'il serait nécessaire de prendre en compte cette information lors des conceptions futures, afin qu'un conducteur débutant en CA puisse mettre les mains sur le volant sans que le système ne se désactive.

Les difficultés liées aux situations limites (re)connues par le système (2) concernent notamment la compréhension de la situation (relation S-O), et la compréhension et l'intégration des procédures de reprise en main (médiation S-I-O). La difficulté est double car le conducteur doit savoir quelle modalité choisir 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 automatique. Dans ce cas, l'enjeu pour la conception de notre outil sera de préparer le conducteur à reconnaître ces situations et être capable d'agir de la bonne façon et dans le temps imparti pour reprendre le contrôle de son véhicule avant la manœuvre de refuge automatique. 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 paramétré pour respecter scrupuleusement les réglementations du Code de la route). Ici, la difficulté réside dans la reconnaissance et la compréhension de la situation (relation S-O), et dans la prise de décision de reprendre la main sans être guidé par le système (médiation S-I-O), 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 des experts concernent principalement les transitions de mode de conduite : activation et reprise en main. D'autres propositions sont liées à des dimensions de l'activité requises lorsque le système est activé (contrôle du système, de l'environnement, construire sa confiance, etc.). Ces résultats pourraient être intégrés dans l'outil

d'accompagnement comme connaissances générales, ou associés à des situations sensibles. Ces résultats permettent de dresser un premier tableau de ce que pourrait être la genèse instrumentale pour conduire un VA de façon suffisamment fiable et efficiente. Ils doivent être confortés et complétés par des études ultérieures. Concernant la validité écologique de l'étude, il est important de noter que les listes de situations sensibles et de conseils que nous présentons ici présentent certaines limites. Trois facteurs peuvent l'expliquer : les caractéristiques de nos participants, les caractéristiques du prototype utilisé, et les conditions de roulage (saison, conditions météorologiques, trajet effectué, etc.). En effet, la population de notre étude est une population d'experts participant au processus de conception, et ayant pour tâches de garantir une sécurité maximale lors des roulages en surveillant drastiquement le fonctionnement du système et en relevant les anomalies. Leur point de vue sur l'activité de CA n'est donc pas représentatif de l'activité de CA d'une personne lambda.

Quant au déroulement chronologique de notre démarche (avec des délais de deux à six mois entre chaque étape), il reflète la réalité d'une étude de terrain industrielle, avec la nécessité de prendre en compte les contraintes de disponibilité des participants (collaborateurs de l'entreprise) et du matériel (prototype de VA dont il n'existe que quelques modèles dans l'entreprise). Mollo & Falzon (2004) expliquent qu'effectuer une confrontation longtemps après l'activité entraîne un risque de rationalisation du sujet. Lors d'une auto-confrontation (étape 3 de notre démarche), ce dernier va alors utiliser la vidéo comme une « aide pour reconstruire l'activité ». Cela doit donc être considéré lors de l'analyse des résultats, bien que l'objectif de cette étude ne soit pas d'analyser l'activité pour elle-même mais plutôt d'explicitier le savoir mobilisé. En revanche, Mollo & Falzon expliquent également qu'un long délai n'affecte pas la qualité d'une allo-confrontation (étape 4), d'une part car les sujets verbalisent sur l'activité d'autres sujets, et d'autres parts car l'objectif pour ces derniers n'est plus d'attribuer un sens à l'activité, mais de débattre et discuter cette activité. Cela permet alors une analyse plus poussée.

Enfin, dans un souci d'accroître la validité écologique d'une telle étude, il serait intéressant de reproduire la démarche lorsque les prototypes de VA seront plus aboutis, avec un panel de conducteurs plus important et plus varié, et en effectuant des roulages dans des conditions plus diversifiées également.

CONCLUSION ET MISE EN PERSPECTIVE

Cette première phase de notre étude nous fournit des indications sur les nouvelles situations de conduite sensibles impliquées dans la CA, et les transformations des compétences qui sont requises pour prendre en main un VA. Afin de confirmer ces résultats, nous souhaitons faire vivre ces situations à des débutants en CA, dans le but d'identifier leurs difficultés propres et ainsi être dans la capacité d'élaborer un système d'accompagnement embarqué qui leur sera destiné.

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: Érès.
 Bisseret, A., Sebilotte, 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.
 Daniellou, F. (2004). L'ergonomie dans la conduite de projets de conception de systèmes de travail. In P. Falzon (Ed.), *Ergonomie* (pp. 359-374). Paris : PUF PP.
 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. *Fenix*.
 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.
 Mollo, V., & Falzon, P. (2004). Auto-and allo-confrontation as tools for reflective activities. *Applied ergonomics*, 35(6), 531-540.
 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). Omskir: 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.
 Polanyi, M. (1967). *The tacit dimension*. Garden City, New York: Anchor Books.
 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>