

SITUATIONS SENSIBLES DE LA CONDUITE AUTOMATISÉE : QUEL POTENTIEL D'APPRENTISSAGE ?

Hugo Cusanno

*Nantes Université, UR 2661 - Centre de recherche en éducation de Nantes, France
Renault SAS, France*

Christine Vidal-Gomel

Nantes Université, UR 2661 - Centre de recherche en éducation de Nantes, France

Sophie Le Bellu

*Université de Bordeaux, École Nationale Supérieure de Cognitique, UMR5218 - IMS Cognitique, France
Renault SAS, France*

RÉSUMÉ

Le véhicule automatisé (VA) amène des transformations importantes de l'activité de conduite qui ont été qualifiées de « nouveau paradigme » (Haué, Le Bellu et Barbier, 2020). Nous avons entamé une démarche d'analyse de l'activité de neuf conducteurs considérés comme experts du VA pour comprendre les difficultés auxquelles ils font face, avec l'objectif de concevoir un dispositif didactique d'accompagnement embarqué visant 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 pour la prise en main du VA. Cet ensemble de données permet de rendre compte des dimensions possibles de la genèse instrumentale et ainsi de fournir des pistes pour la conception d'un outil d'apprentissage dédié à l'appropriation et la conception des véhicules automatisés.

MOTS-CLÉS

Apprentissage, genèse instrumentale, pilotes experts, situations sensibles, véhicule automatisé.

INTRODUCTION

Les avancées technologiques du monde de l'automobile ont conduit à chercher à automatiser la conduite. Cinq niveaux d'automatisation sont différenciés par la SAE¹. À partir du niveau 3, il s'agit d'un haut niveau de délégation de la conduite au système automatisé, avec la possibilité de reprise en main par le conducteur à son initiative ou suite à une demande du système. L'activité de conduite en est radicalement transformée. Haué, Le Bellu et Barbier (2020) considèrent ces transformations comme un « nouveau paradigme » dans lequel les changements de mode de conduite, du manuel à l'automatique et inversement, constituent de nouvelles tâches qui nécessitent une attention particulière du conducteur et représentent des moments critiques.

Ces transformations ne sont pas sans rappeler « les ironies de l'automatisation » identifiées par Lisanne Bainbridge dès 1983 dans un article célèbre (Bainbridge, 1983) : les plus hauts niveaux d'automatisation ne remplacent pas la contribution des humains mais au contraire montrent à quel point leur rôle est crucial. De plus Bainbridge a souligné que l'automatisation peut être cognitivement coûteuse en créant des tâches délicates et complexes. Depuis cette publication, en 40 ans, ce qui a sans doute changé est la croyance selon laquelle l'automatisation serait un moyen de remplacer le « maillon faible » de la fiabilité des systèmes que sont les humains. En effet, l'Observatoire National Interministériel de la Sécurité Routière (ONISR) précise qu'il est nécessaire d'identifier les risques pour chacun des niveaux d'automatisation, y compris les plus élevés. Il identifie aussi un certain nombre d'écueils qui le conduisent à considérer que « sensibiliser et former les conducteurs et l'ensemble des usagers de la route aux limites de fonctionnement des systèmes d'aide à la conduite pour éviter un phénomène de “sur-confiance” et la perte de compétence » est un enjeu prioritaire². Les décideurs cherchent donc à anticiper les effets du développement du VA, parmi lesquels les transformations de l'activité de conduite qui peuvent avoir un impact considérable en matière de sécurité routière. La conception d'outils d'aide à la prise en main d'un VA fait partie des solutions explorées pour accompagner ces transformations qui concernent des conducteurs qui ont déjà leur permis de conduire (permis B).

Actuellement, aucun constructeur ne propose un réel outil embarqué dédié à la prise en main des aides à la conduite les plus évoluées (niveau 2, SAE dans ce cas), si ce n'est quelques courtes vidéos présentes dans les systèmes multimédias de certains 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, et une appropriation réussie de ces nouveaux systèmes automatisés (Kyriakidis et al., 2019 ; Le Bellu et Forzy, 2019 ; Haué, Le Bellu et Barbier, 2020).

Cet article présente la première phase d'une recherche doctorale³ dont l'objectif est de concevoir un tel outil. Il détaille la démarche mise en œuvre et les résultats obtenus pour identifier des « situations sensibles » de

¹ Society of Automotive Engineers (2018) : le niveau 0 correspond à la conduite traditionnelle, les niveaux 1 et 2 correspondent à la conduite traditionnelle avec systèmes d'aides comme le limiteur ou le régulateur de vitesse, les niveaux 3 et 4 correspondent à la conduite partiellement automatisée mais qui demande le contrôle conducteur et des reprises en mode manuel, et le niveau 5, à la conduite entièrement automatisée.

² Cf. <https://www.onisr.securite-routiere.gouv.fr/etudes-et-recherches/vehicules/automatisation-et-equipements/automatisation-de-la-conduite-et-enjeux-de-securite-routiere>, consulté en août 2022.

³ Contrat ANRT Renault-CREN (Nantes-université) : Cusanno, H. (2022). Concevoir un outil didactique embarqué pour accompagner l'apprentissage de la conduite automatisée [thèse de doctorat]. Nantes Université.

conduite, c'est-à-dire qui peuvent mettre en difficulté un conducteur. Elles seront analysées sous deux angles conjoints : celui du potentiel d'apprentissage qu'elles peuvent receler (Mayen et Gagneur, 2017) et celui des risques qu'elles comportent. L'analyse des caractéristiques de ces situations peut nous conduire à les prendre en compte dans la conception de l'outil didactique embarqué qui doit être conçu. Inversement, certaines situations à risques doivent être éliminées par la transformation du VA en cours de conception. S'agissant de la conduite automobile qui est une activité complexe comportant des risques pour l'ensemble des usagers du système routier, il est en effet nécessaire d'explorer les limites du potentiel d'apprentissage des situations en s'interrogeant sur les apprentissages possibles, leur coût et leurs conséquences dans l'activité des apprenants afin que ces apprentissages puissent être amorcés via des outils d'aide et qu'ils puissent se poursuivre « en sécurité » avec l'acquisition de l'expérience de conduite de ces nouveaux véhicules.

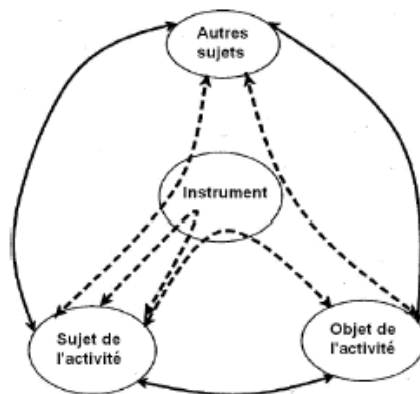
Nous exposons d'abord le cadre théorique que nous avons mobilisé pour analyser l'activité de conduite automatisée, et plus particulièrement les situations sensibles. Nous présenterons ensuite le terrain d'étude et la méthodologie déployée, puis les résultats issus du recueil de données. Enfin, nous discuterons ces résultats au regard de la méthodologie utilisée et de la littérature.

L'APPROCHE INSTRUMENTALE COMME CADRE D'ANALYSE DES SITUATIONS

L'apprentissage est appréhendé à partir du modèle des situations d'activités collectives instrumentées (SACI) de Rabardel (1995). Ce modèle présente plusieurs intérêts pour notre propos : il appréhende l'activité du point de vue des situations, de leurs caractéristiques, et des relations entre le sujet (S), l'instrument (I), l'objet (O) et les autres (les usagers du système routier, figure 1). Il est compatible avec une réflexion sur le potentiel d'apprentissage des situations et permet de prendre en compte les dimensions collectives de la conduite automobile : en effet l'environnement routier est un espace partagé entre plusieurs types d'acteurs qui ont leurs propres objectifs de déplacement et dont il est nécessaire d'anticiper le comportement (Mundutéguy et Darses, 2007).

Ce modèle rend compte de l'apprentissage : les artefacts (comme le véhicule automatisé) deviennent des instruments au cours d'un processus d'appropriation que Rabardel (1995) nomme « genèse instrumentale ». Il concerne aussi bien l'évolution des schèmes du sujet (instrumentation), que les transformations de l'artefact (instrumentalisation), par exemple quand le conducteur lui attribue de nouvelles fonctions.

Figure 1. *Modèle quadripolaire des situations d'activité collective instrumentée (SACI) (d'après Rabardel, 1995)*



Les schèmes sont des organisations invariantes de l'activité pour une classe de situations qui sont ici associées à un artefact ou à une partie de l'artefact. Ils 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 contrôle de la trajectoire ou la réalisation d'un trajet quotidien se faisant avec un faible niveau de contrôle relèvent de ce niveau.
- 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, dans la mesure où il repose sur une compréhension plus approfondie de la situation. Il est mobilisé quand un conducteur doit choisir entre plusieurs routes familières, ou quand il dépasse un véhicule par exemple.
- 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 pertinent pour y répondre. Ce niveau, très coûteux en ressources cognitives et attentionnelles, est peu compatible avec les situations de conduite. La conduite automobile est une activité à risque qui se déroule dans un environnement dynamique à tempo rapide (Amalberti, 1996). Ce niveau peut être mobilisé en mode découverte du véhicule en étant à l'arrêt.

Dans le domaine de la conduite automobile, l'automatisation de l'activité est une nécessité, notamment parce qu'elle permet de libérer des ressources pour analyser la scène routière et faire face à l'imprévu (Amalberti, 1996). De ce fait, elle fait partie intégrante des objectifs de la formation initiale à la conduite. Les automatismes ont aussi pour caractéristiques la disponibilité, la résistance aux facteurs perturbateurs et ils permettent l'acquisition de compétences de niveaux supérieurs (Leplat, 2005). En même temps, ils sont une source d'erreurs et constituent un facteur d'accident. Les automatismes seront d'autant plus présents que le conducteur est expérimenté, et que les situations de conduite lui sont familières. Ainsi questionner les conditions de la transformation de l'activité de conduite nécessite de prendre en compte le fait qu'elle peut être pour partie fortement automatisée.

Les schèmes se transforment par assimilation et accommodation (Rabardel, 1995). Houdé (2000, 2007) a montré qu'il était aussi pertinent de se préoccuper des processus d'inhibition. « Se développer c'est non seulement construire et activer des stratégies [...], mais c'est aussi apprendre à inhiber des stratégies qui entrent en compétition dans le cerveau [...]. L'adulte, comme l'enfant, peut apprendre à inhiber les stratégies inadéquates de trois façons : soit par l'expérience propre à partir de ses échecs (démenti des prévisions, constat d'erreur), soit par imitation ou encore par des instructions venant d'autrui » (Houdé, 2007, p. 40-41).

L'un des enjeux de l'appropriation du VA (genèse instrumentale) concerne donc non seulement l'assimilation et l'accommodation des schèmes, comme l'indique Rabardel, mais aussi les processus d'inhibition de schèmes antérieurs qui pourraient 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.

Un dernier aspect du modèle de Rabardel (1995) nous intéresse plus particulièrement : il permet d'analyser les relations directes et médiatisées entre les quatre pôles – sujet, objet, instrument et autres – et ainsi de caractériser celles qui sont en jeu et/ou qui peuvent constituer des obstacles dans le cours de l'activité, pour une catégorie de situations donnée. Ce sont ces caractéristiques du modèle que Duvenci-Langa (1997) avait utilisées pour rendre compte des transformations en jeu dans le passage de la conduite d'un outil à commandes manuelles à un outil à commandes numériques.

TERRAIN ET MÉTHODES

Les démarches classiques de conception à partir de l'analyse de l'activité nécessitent de se confronter à un paradoxe (Theureau et Pinsky, 1984) : il est impossible de mener l'analyse préalable d'une activité projetée. De ce fait l'analyse porte sur des situations les plus proches possibles de l'activité visée. Dans le cas précis de notre étude, le VA est un prototype en cours de conception qui ne peut être piloté que par des « experts » de l'entreprise : ce sont des pilotes certifiés, qui ont pu développer des compétences qui sont plus ou moins tacites (Polanyi, 1967 ; Leplat, 1990), voire incorporées (Leplat, 1995) quant à l'utilisation du VA.

Daniellou (1992) a approfondi la réflexion sur la conception en proposant d'identifier des « situations d'action caractéristiques », celles qui regroupent un « ensemble de déterminants dont la présence simultanée va conditionner la structuration de l'activité ». Les situations d'action caractéristiques que nous retenons ici sont celles qui vont constituer des situations sensibles ; c'est-à-dire qui pourraient mettre en difficulté un conducteur disposant du permis B mais débutant dans la conduite d'un VA. Nous les caractérisons à partir des relations entre les quatre pôles du modèle de Rabardel (1995). Par ailleurs, dans l'objectif de concevoir un outil didactique embarqué, nous retenons la proposition de caractériser des « savoirs de référence » : « des savoirs communs aux pratiques efficaces » pour une catégorie de situations (Rogalski et Samurçay, 1994). De ce point de vue, nous prêterons une attention particulière à des caractéristiques de la genèse instrumentale requise par le passage de la conduite traditionnelle à la conduite du VA, en fonction des caractéristiques des situations.

POPULATION ÉTUDIÉE

Un panel de 9 experts⁴ volontaires, employés d'un groupe automobile international, 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 (à la circulation publique) 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-pilote avec double commande de type auto-école ou console avec manette et boutons). Ils ont également tous suivi une formation pour la double commande, mais n'ont jamais

⁴ Ce terme est employé au sens de Lefèbvre (2001), qui considère une personne comme « experte » lorsqu'elle a accumulé suffisamment d'expérience dans son activité, et qu'elle possède des connaissances théoriques, scientifiques et techniques relatives à l'activité examinée.

reçu de formation spécifique à la conduite du VA. Les premières prises en main ont eu lieu « sur le tas » sur un circuit, car aucune formation à la conduite de VA n’existait lors de leur prise de poste.

Seulement 5 des 9 participants ont pu participer à l’ensemble de notre recueil de données en 4 étapes. Les 4 autres ont dû abandonner car ils ne possédaient plus leur certification au moment de l’étape de roulage (cf. section « recueil de données »).

RECUEIL DE DONNÉES

Le recueil des données est basé sur une série d’entretiens et observations in situ, qui composent quatre étapes pour chacun des participants : (1) entretien préalable semi-directif ; (2) observation instrumentée (caméra subjective en première personne) en situation de roulage sur route ouverte⁵, avec protocole de verbalisation simultanée ; (3) entretien d’auto-confrontation inspiré de la méthode « Subjective-Evidence Based Ethnography » (Lahlou, Le Bellu, et Boesen-Mariani, 2015) ; (4) entretien d’allo-confrontation collectif (Mollo et Falzon, 2004) confrontant le groupe de participants à des séquences vidéo sélectionnées suite à l’étape 3, sur la base de trois critères : les caractéristiques communes des situations ainsi que leur redondance inter- et intra-individuelle. Le but est de les faire discuter et débattre de leurs pratiques pour déterminer des modes opératoires pertinents.

La réalisation de l’étape 2 (observation instrumentée in situ avec verbalisations simultanées) a demandé un dispositif spécifique. Il s’agissait de mener des observations sur routes ouvertes, qui se sont déroulées en décembre 2018. Dans le cadre de ce protocole de passation individuel, il était demandé à chaque conducteur expert de penser à voix haute pendant la conduite et en présence de l’expérimentateur (premier auteur), placé côté passager. Il était chargé de la prise de notes et des relances.

Le conducteur était équipé d’une caméra miniature à hauteur d’œil afin de recueillir son point de vue subjectif en tant que professionnel (Lahlou, 1998 ; Goodwin, 2015).

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

- le prototype correspond aux niveaux 3-4 de la catégorisation SAE ;
- il est possible d’activer le mode conduite automatisée (CA) en appuyant sur le bouton « R » du volant (branche gauche), lorsque le système indique qu’il est activable via le tableau de bord. En mode CA, le système gère tous les aspects de la conduite et les changements de voie sont partiellement automatisés⁶ ;
- face à des situations non prévues par la navigation, que le système ne sait pas gérer (travaux, météo défavorable, etc.), le système de CA peut demander au conducteur de reprendre la main sur la conduite en 10 secondes (événement inattendu), ou en 60 secondes (si la situation est connue/prévue par le système de navigation). Si le conducteur n’a pas repris la main à la fin du

⁵ Les personnes volontaires qui participent à ce recueil de données conduisent sur un parcours choisi parce qu’il présente des tronçons qui permettent l’activation/désactivation de la conduite autonome, dans des conditions de circulation « tout venant ».

⁶ Le conducteur doit par exemple activer le clignotant gauche pour indiquer au VA qu’il doit se déporter sur la voie de gauche lorsque ce sera possible.

décompte, le système enclenche une «manœuvre de refuge automatique» : il ralentit progressivement jusqu'à l'arrêt tout en activant les feux de détresse ;

- un écran central de supervision du système est présent dans le prototype pour permettre aux experts de surveiller son bon fonctionnement en cours de roulage (photo 1).

Photo 1. *Capture d'écran d'un enregistrement vidéo en vue subjective de l'observation in situ*



Les observations ont été réalisées sur des trajets aller-retour de 40 kilomètres (entre 1h et 1h30 de conduite) passant par des routes nationales et des autoroutes. Le mode « conduite automatisée » était disponible sur chacun des tronçons, des demandes de reprise en main apparaissaient entre deux tronçons de conduite automatisée. Ainsi, un trajet réalisé dans les meilleures conditions permettait d'observer six activations et six demandes de reprise en main.

TRAITEMENT DES DONNÉES

Dans un premier temps, notre objectif était d'identifier les « situations sensibles » : des situations de conduite potentiellement difficiles, à risque, ou nécessitant une attention accrue et de potentielles transformations des schèmes des conducteurs débutants en VA, que nous cherchons à identifier. Dans un second temps, nous avons identifié des conseils et recommandations des experts pour faciliter un usage efficace du VA.

Le traitement des données a consisté dans un premier temps à retranscrire intégralement l'ensemble des enregistrements audio. Les enregistrements vidéo (étape 2) ont été codés chronologiquement sur une grille d'observation en associant les tâches identifiées aux gestes, postures, actions et verbalisations simultanées. Nous avons ensuite triangulé les données (voir Annexe 1) en associant les situations sensibles aux séquences vidéo et aux verbatims des entretiens correspondants pour élaborer nos résultats (Apostolidis, 2003 ; Olsen, 2004).

Enfin, les différents types de situations sensibles ont été analysés plus finement d'un point de vue clinique (Clot et Leplat, 2005) en mobilisant le modèle SACI (Rabardel, 1995) qui permet de différencier les relations entre le sujet, l'instrument, l'objet et les autres usagers de la route. La première partie des résultats (ci-après) détaille une analyse clinique réalisée avec ce modèle.

RÉSULTATS

DES ANALYSES CLINIQUES DE CHAQUE CAS RECUEILLI À LA CATÉGORISATION D'UN ENSEMBLE DE SITUATIONS SENSIBLES

Pour rendre compte des résultats et de leur élaboration au fil de nos analyses, nous proposons de détailler une analyse clinique de l'un des cas observés, celui du dépassement automatisé d'un poids lourd (catégorie 2 dans la présentation faite plus loin).

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 aura généralement tendance à positionner le véhicule dans sa voie en fonction de la position du poids-lourd dépassé afin d'éviter d'être trop près de lui. La difficulté identifiée concerne le fait que dans cette situation le VA se met au centre de la voie (ne se décale pas), le conducteur peut avoir le sentiment qu'il est trop près, ce qui peut être anxiogène et générer un réflexe de saisie du volant pour s'écarter du poids-lourd. Cette action pourrait alors provoquer une reprise en main de la conduite, qui ne serait pas réellement anticipée, ainsi qu'un écart dans la voie, potentiellement dangereux, alors même que le système ne passe pas trop près et qu'il sait gérer cette situation, voire même freiner en cas d'écart du poids lourd. Dans ce cas précis, afin d'éviter ce type de réaction, il s'agirait alors d'apprendre au conducteur à inhiber l'automatisme conduisant à faire un écart. En parallèle de l'acquisition de ces mécanismes d'inhibition, il s'agit aussi pour le conducteur d'apprendre à comprendre les limites du système de CA dans ce type de situations (ce qu'il sait faire et ce qu'il ne sait pas faire), afin de construire une « bonne » représentation du système de CA et ainsi prendre confiance⁷ dans son usage.

Deux verbatims recueillis 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], ça va être inquiétant pour les gens. Le camion là, à 50 centimètres, tout proche, si le camion fait un écart, elle [la voiture automatisée] freine ».

« Si le camion roule sur la ligne, on [le système automatisé] va le détecter comme une target [cible sur laquelle le système cale sa vitesse tout en respectant les distances de sécurité⁸], et la voiture, elle va freiner ».

Cette situation est analysée avec le modèle SACI (Rabardel, 1995) pour caractériser les relations en jeu (Figure 2). Elles peuvent être détaillées sous forme de tableau pour en faciliter la lecture (Tableau 1).

⁷ La confiance doit en effet reposer sur la connaissance des capacités/limites du système pour une classe de situations déterminée.

⁸ Note des auteurs.

Figure 2. *Modèle SACI (Rabardel, 1995) d'une situation de dépassement automatisé d'un poids lourd par un véhicule automatisé*

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.

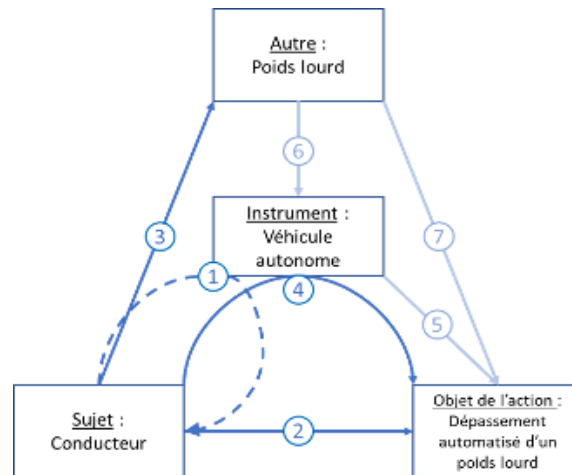


Tableau 1. *Descriptions des relations en jeu dans la situation de dépassement d'un poids lourd en mode « conduite automatisée »*

Légende : 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.

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 (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...)

Dans cette situation sensible de conduite automatisée, les participants experts rendent compte de la nécessité d'inhiber 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 (Tableau 1). En effet, ils ne s'écartent pas du véhicule doublé, ils laissent le VA gérer la situation tout en ayant conscience du risque, et redoublent de vigilance pour surveiller l'évolution de la situation. On peut interpréter cette seconde partie de la transformation comme une accommodation du schème initial de surveillance de la situation de conduite. Dans une situation de conduite « traditionnelle », la relation S-I-O (Tableau 1) correspond habituellement à la réalisation du dépassement par le conducteur via les commandes de son véhicule, alors que dans le cas de

la conduite automatisée, elle se transforme en surveillance de la situation et des actions du VA à l'aide de la vue tableau de bord. Dans les termes de Rabardel (1995), on passe alors d'une médiation pragmatique à une médiation épistémique⁹ qui implique d'interpréter, de comprendre les affichages du tableau de bord, ainsi que leurs conséquences pour la maîtrise de la situation.

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 passant d'instrument permettant au conducteur de réaliser et maîtriser son déplacement, à un instrument permettant par moments un déplacement en mode automatisé sans aucune action à réaliser manuellement, tout en inhibant un schème potentiellement construit antérieurement et en contrôlant les actions du véhicule.

Un deuxième aspect concerne le tableau de bord et son interface : d'instrument permettant de contrôler le résultat des actions réalisées par le conducteur via les commandes du véhicule, le tableau de bord devient un instrument permettant de surveiller la réalisation des opérations réalisées automatiquement par le système, leur résultat, et l'évolution de la situation.

L'instrumentalisation est alors caractérisée par le changement de fonction des artefacts véhicule et tableau de bord dans l'activité du sujet.

Au total nous avons recueilli 27 cas que nous avons analysés de cette façon, mettant en évidence leurs caractéristiques communes. Cela nous a conduit à construire cinq grandes catégories de situations sensibles que les experts du VA ont appris à gérer avec le temps, mais qu'ils considèrent comme nécessitant une vigilance et une maîtrise importante :

- catégorie 1 : des situations courantes liées à un fonctionnement nominal du système de conduite automatisée (prévu par les concepteurs), mais nécessitant une certaine attention pour les comprendre et les gérer (catégorie 1, N=6 cas ont été cités et/ou observés) ;
- catégorie 2 : 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 2, N=5 cas ont pu être observés et/ou mentionnés) ;
- catégorie 3 : 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 difficile pour un conducteur débutant (catégorie 3, N=4 cas cités et/ou observés) ;
- catégorie 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 observés et/ou mentionnés).

⁹ Les médiations pragmatiques ont une visée productive (produire un/des résultats) alors que les médiations épistémiques ont une visée constructive (acquisition de connaissances, prise d'information).

- catégorie 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 éliminées avant la mise sur le marché (catégorie 5, N=9 cas) ; cette dernière catégorie de situations relève donc de la conception du véhicule lui-même.

APPORTS DES ENTRETIENS AVEC LES EXPERTS

Lors des entretiens menés avec les experts nous avons recueilli un ensemble de conseils et recommandations utiles pour un usage réussi du VA. Nous ne disposons dans ce cas que des verbatims des experts. Par ailleurs, contrairement aux différentes situations sensibles identifiées, ici le conducteur se trouve dans des situations « nominales » (prévues par les concepteurs). Comme précédemment, nous proposons l'analyse clinique d'un cas avant de présenter une catégorisation.

Les experts proposent de reprendre la main via l'accélérateur si le véhicule situé derrière est trop proche (catégorie D, plus loin). En effet, lors de la désactivation du mode CA, un changement de vitesse du véhicule peut intervenir. 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 cette fois 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 CA. Ce changement de vitesse peut être anxiogène pour un conducteur non averti, et va nécessiter une intervention pour retrouver une vitesse appropriée. L'anticipation de la situation et le temps de réaction du conducteur sont donc très importants 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 aux caractéristiques de la situation, en supposant que le conducteur ait une conscience de la situation pertinente à l'instant t.

Ces données ont été analysées comme précédemment à partir du modèle SACI. Elles ont également été regroupées en différentes catégories en fonction de leurs caractéristiques communes. Au total, nous avons mis au jour cinq grandes catégories pour lesquelles nous avons pu identifier 15 items qui relèvent des savoirs de référence (pratiques efficaces reconnues et communes aux 5 pilotes-experts ayant suivi l'ensemble de la démarche de recherche) :

- catégorie A : se préparer à la conduite automatisée (N=4) ;
- catégorie B : créer les bonnes conditions pour l'activation du 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 de la confiance envers le système selon le contexte (N=3).

DISCUSSION

L'étude présentée confirme les résultats de Haué, Le Bellu et Barbier (2020) : la prise en main d'un véhicule autonome ne va pas de soi et doit être guidée pour éviter des situations potentiellement difficiles dans une activité connue de fait pour être risquée, et afin d'en favoriser *in fine* un usage sûr et réussi. 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 et Forzy, 2009 ; Simon, 2005 ; Stave et Strand, 2015 ; Viktorová et Šucha, 2018). Les apports des pilotes-experts de la présente étude montrent que des situations de conduite nouvelles, spécifiques à la conduite automatisée, apparaissent et nécessitent des transformations des schèmes des conducteurs, que nous analysons sous l'angle de la genèse instrumentale (Rabardel, 1995). Nous les avons identifiées 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) - objet » 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 aussi 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 conduite automatisée. Ainsi, les situations courantes (catégorie 1, cf. analyses cliniques des situations sensibles plus haut), comme les situations dans lesquelles le comportement du VA sort des normes (catégorie 3), sont susceptibles d'engendrer des difficultés liées à leur compréhension (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).

Les difficultés liées aux situations limites (re)connues par le système (catégorie 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 est préférable en fonction des caractéristiques de la situation, et 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 l'outil didactique sera de préparer le conducteur à reconnaître ces situations et à être capable d'agir de façon pertinente dans le temps imparti pour reprendre le contrôle de son véhicule avant la manœuvre de refuge automatique.

Ce sont là des situations qui comprennent un potentiel d'apprentissage. 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 en revanche plutôt conduire à des transformations du prototype ou des consignes pour les 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 mettre les mains sur le volant lorsque le mode CA est activé, car cela peut induire un angle volant et redonner la main au conducteur* »). Or, nous pouvons observer que des experts rapprochent leurs mains du volant dans certaines situations sensibles malgré la consigne. C'est un comportement que l'on pourrait 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 lui redonne la main sur la conduite immédiatement.

La catégorie des situations non reconnues et non détectées par le système (catégorie 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 (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. Nos résultats mettent en effet en évidence des situations d'usage déjà difficiles à gérer pour des experts, et qui le seront d'autant plus pour des conducteurs « tout venant ».

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 CA est activé (contrôler le système et l'environnement, construire de la confiance dans le système, sans excès, etc.). Ces résultats pourraient être intégrés dans l'outil d'accompagnement embarqué comme connaissances générales, ou associés à des situations sensibles.

Ces résultats permettent de mieux comprendre le processus de genèse instrumentale potentiellement requis pour la prise en main de ces systèmes par les conducteurs. En effet, dans cette étude, nous avons pu identifier des traces de transformations et/ou d'inhibition de schèmes des pilotes-experts, ainsi que des indices de l'attribution de fonctions au VA, qui rendent compte du double processus permettant l'émergence d'un instrument au sens de Rabardel (1995). Ces traces et indices sont le fruit de l'expérience passée des participants, et nous permettent d'alimenter le processus de conception d'un outil d'aide à l'appropriation d'un futur véhicule autonome.

CONCLUSION ET MISE EN PERSPECTIVE

Cette première phase de notre étude fournit des indications sur les nouvelles situations de conduite sensibles impliquées dans la prise en main d'un véhicule automatisé, et les transformations des compétences qui sont requises. Ces situations sensibles sont différenciées en prenant en compte que certaines ont un potentiel d'apprentissage et peuvent être ingérées à un futur outil d'aide à la prise en main du véhicule. Nous faisons l'hypothèse que les schèmes correspondants des sujets peuvent être transformés par inhibition, accommodation ou assimilation. Cela reste à confirmer dans de futures études. D'autres situations doivent être éliminées par le constructeur en faisant évoluer le prototype de véhicule automatisé.

Dans cette étude, le potentiel d'apprentissage est pris en compte au regard des risques que recèlent les situations de conduite, en mettant en débat apprentissages possibles des conducteurs *versus* transformations du prototype de véhicule.

Par ailleurs, la méthodologie de cette étude renoue avec des travaux anciens menés avec le modèle de Rabardel (1995) en analysant finement les relations entre les différentes entités du modèle. En effet Duvenci-Langa (1997) avait proposé une telle analyse pour identifier les transformations des compétences d'un conducteur de machine qui passait d'une machine-outil traditionnelle à une machine-outil à commandes numériques. Nous reprenons ici cette méthodologie en l'utilisant non plus dans une situation statique mais dynamique et en y intégrant les dimensions collectives de la conduite automobile. Pour poursuivre avec un questionnement sur les risques associés à la dimension collective de l'activité de conduite, il s'agirait d'éviter de surprendre les autres usagers de la route pour ne pas créer de situations accidentogènes.

Pour conclure, il est nécessaire de questionner la validité écologique de cette étude (Hoc, 2001). Il est en effet important de noter que les listes de situations sensibles et de conseils que nous présentons ici sont tributaires de trois facteurs : les caractéristiques de nos participants (des experts dont les compétences sont assez éloignées de celles d'un conducteur « lambda »), les conditions de roulage (période de l'année, conditions météorologiques, trajet effectué, état du trafic, etc.), et les caractéristiques du prototype (artefact non abouti, qui présente encore des défauts et version non stabilisée du futur véhicule).

Ces caractéristiques, qui peuvent être interprétées comme des limites de la validité écologique de l'étude, représentent néanmoins la réalité d'une étude de terrain dans un milieu industriel, avec la nécessité de prendre en compte les risques et les autorisations d'utilisations d'un prototype sur route ouverte, les contraintes inhérentes à la disponibilité des participants (salariés ou prestataires de l'entreprise) et du matériel (prototype de VA dont il n'existe que quelques modèles dans l'entreprise). Dans un souci d'accroître la validité écologique de notre recherche, des recueils de données complémentaires sont nécessaires. ■

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Amalberti, R. (1996). *La conduite des systèmes à risque*. Paris : PUF.
- Apostolidis, T. (2003). Représentations sociales et triangulation : enjeux théorico-méthodologiques. Dans J.-C. Abric (Ed.), *Méthodes d'étude des représentations sociales* (p. 13–35). Saint-Agne : Éres.
- Bainbridge, L. (1983). Ironies of automation. *Automatica*, 19(6), 775-779.
- Cahour, B. et 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. et Leplat, J. (2005). La méthode clinique en ergonomie et en psychologie du travail. *Le Travail Humain*, 68, 289–316.
- Cusanno, H. (2022). *Concevoir un outil didactique embarqué pour accompagner l'apprentissage de la conduite automatisée* [Thèse de doctorat, Nantes Université].
- Daniellou, F. (1992). *Le statut de la pratique et des connaissances dans l'intervention ergonomique de conception*. Thèse d'habilitation à diriger des recherches. Bordeaux : Éditions du LESC.
- Duvenci-Langa, S. (1997). *Évolution de l'activité et des compétences en situation d'automatisation : le cas des machines-outils* [Thèse de doctorat d'ergonomie, CNAM].
- Goodwin, C. (2015). Professional vision. Dans *Aufmerksamkeit* (pp. 387-425). Wiesbaden : Springer VS.

- Haué, J. -B., Le Bellu, S. et Barbier, C. (2020). Le véhicule autonome : désengagement et réengagement. *Activités*, 17(1).
- Hoc, J. M. (2001). Towards ecological validity of research in cognitive ergonomics. *Theoretical issues in ergonomics science*, 2(3), 278-288.
- Houdé, O. (2000). Inhibition and cognitive development: Object, number, categorization, and reasoning. *Cognitive development*, 15(1), 63-73.
- Houdé, O. (2007). Le rôle positif de l'inhibition dans le développement cognitif de l'enfant. *Le Journal des psychologues*, 244, 40-42. <https://doi.org/10.3917/jdp.244.0040>
- Kyriakidis, M., de Winter, J. C. F., Stanton, N., Bellet, T., Van Arem, B., Brookhuis, K., Martens, M. H., Bengler, K., Andersson, J., Merat, N., Reed, N., Flament, N., Hagenzieker, M. et Happee, R. (2019). A human factors perspective on automated driving. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 20(3), 223–249.
- Lahlou, S. (1998). The subjective camera (« subcam »): a new technique for studying representations in context. *Fourth International Conference on Social representations*. Mexico, août 1998.
- Lahlou, S., Le Bellu, S. et Boesen-Mariani, S. (2015). Subjective evidence-based ethnography: method and applications. *Integrative Psychological et Behavioral Science*, 49(2), 216– 238.
- Le Bellu, S. et Forzy, J.-F. (2019). *Synthèse GT Recherche « Pédagogie pour les systèmes de conduite automatisés »*. Internal Report, Renault SA..
- 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). À propos des compétences incorporées. *Éducation Permanente*, 123, 101–114.
- Leplat, J. (2005). Les automatismes dans l'activité : pour une réhabilitation et un bon usage. *Activités*, 2(2).
- Mayen, P., et Gagneur, C.-A. (2017). Le potentiel d'apprentissage des situations : une perspective pour la conception de formations en situations de travail. *Recherches en éducation*, 28, 70-83.
- Mollo, V., et Falzon, P. (2004). Auto-and allo-confrontation as tools for reflective activities. *Applied ergonomics*, 35(6), 531- 540.
- Mundutéguy, C. et Darses, F. (2007). Perception et anticipation du comportement d'autrui en situation simulée de conduite automobile. *Le travail humain*, 70 (1), 1-32.
- Olsen, W. (2004). Triangulation in social research: qualitative and quantitative methods can really be mixed. Dans M. Holborn (Dir.), *Developments in sociology* (p. 103-118). Causeway Press.
- Polanyi, M. (1967). *The tacit dimension*. 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.
- Rogalski, J. et Samurçay, R. (1994). Modélisation d'un savoir de référence et transposition didactique dans la formation de professionnels de haut niveau. Dans J. Arzac, Y. Chevallard, J.-L. Martinand, et A. Tiberghien (Dir.), *La transposition didactique à l'épreuve* (p. 35-71). La Pensée Sauvage.

- SAE. (2018). *Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems*. Society of Automotive Engineers International.
- Simon, J. H. (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* [Doctoral dissertation, Technischen Universität Chemnitz, Germany].
- Stave, C. et Strand, N. (2015). Drivers' knowledge and learning of advanced driver assistance systems. *22nd ITS World Congress*. Bordeaux, 5-9 October 2015.
- Theureau, J. et Pinsky, P. (1984). Paradoxe de l'ergonomie de conception et logiciel informatique. *Revue des Conditions de Travail*, 9, 25-31.
- Viktorová, L. et 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*, 65, 576-583. <https://doi.org/10.1016/J.TRF.2018.05.032>

ANNEXES

Annexe 1 : Exemple de traitement des données pour une situation sensible de la Catégorie 2¹⁰ : situation de « cut-in » ou « queue de poisson ».

Les situations sensibles ont été identifiées à partir des entretiens préalables semi-directifs (étape 1), des observations instrumentées sur routes ouvertes (étape 2), et des entretiens d'auto-confrontation (étape 3). La triangulation des données a donc consisté à rassembler les différentes données (séquences vidéo, grilles d'observation et verbalisations) autour des situations sensibles auxquelles elles correspondaient. Ci-dessous, nous présentons un exemple du traitement de données liées à une situation de « cut-in », ou queue de poisson serrée (Catégorie 2).

Photo 2. Capture d'écran d'une séquence vidéo de l'étape 2 montrant une situation de « cut-in » (Catégorie 2)



La Photo 2 est une capture d'écran montrant la séquence vidéo de la situation de « cut-in » qui a été analysée chronologiquement grâce à une grille d'observation (Tableau 2).

¹⁰ Catégorie 2 : 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.

Tableau 2. Extrait de la grille d'observation du codage chronologique d'une situation de « cut-in » (Catégorie 2)

Temps	Tâche du conducteur	Verbalisations	Action	Gestes / Postures	Interaction avec le véhicule
53'26	Gère le « short cut-in »	« La voiture a freiné »	Place ses mains à proximité du volant, se prépare à reprendre le contrôle	Positionne ses mains de part et d'autre du volant sans le toucher et place son pied au-dessus du frein	Aucune
54'45	Explique le freinage du véhicule automatisé	« Problème dû au delta V négatif avec la voiture de devant »	Mime les à-coups du volant	Tend ses mains devant lui et balance ses bras de gauche à droite	Aucune
56'00	Explique l'importance du centrage dans la voie	« Si le véhicule se décale dans la voie cela peut effrayer les autres »	Montre la voie de droite	Pointe à droite avec sa main droite et tourne la tête à gauche puis à droite	Aucune

Nous avons ensuite cherché parmi les verbalisations recueillies (entretiens préalables, entretiens d'auto-confrontation et d'allo-confrontation) celles qui correspondaient à cette situation et qui pouvaient nous en apprendre plus. Pour illustrer cela, nous présentons un extrait d'un entretien préalable évoquant la situation de « cut-in » (Photo 3).

Photo 3. Capture d'écran d'un extrait d'entretien préalable évoquant les situations de « cut-in » (Catégorie 2)

Interviewer : D'accord. OK. Est-ce qu'il y a des situations qui ont été particulièrement marquantes pour toi pendant ces trois années de roulage hebdomadaire ? Là, comme ça, si tu y réfléchis, est-ce qu'il y a certains trucs qui te reviennent.

Interviewé : Non, je ne suis pas de nature très émotive, il en faut beaucoup, beaucoup pour me faire peur.

Interviewer : Dans les deux sens du terme, cela peut être aussi quelque chose qui effectivement, tu as eu un stress particulier et où tu as eu peur, mais ça peut être aussi quelque chose de super, qui te revient en mémoire. Je ne sais pas. Des situations, des use cases, des trucs...

Interviewé : Les trucs un peu marquants c'était les cut-in où on n'avait pas de target selection, par exemple.

Interviewer : Alors, explique-moi ce que cela signifie.

Interviewé : Par exemple, tu pêtes sur le périph. Tu as un camion ou une voiture qui fait une insertion devant toi.

Interviewer : Oui, où il n'y avait pas de target selection, tu dis ?

Interviewé : En fait, oui, c'est du jargon. Tu as un radar devant ta voiture, et le radar il voit des dizaines et des dizaines d'objets devant lui, mais quand je dis des dizaines, c'est vraiment des dizaines. Tu as un panneau qui t'indique que tu dois rouler à 90. Pour lui, c'est un objet. Donc, après, il faut filtrer tout ce qui ne nous concerne pas, le panneau 90, typiquement, on n'en a un peu rien à foutre. Par contre, s'il y a une voiture qui est en train de s'insérer devant nous, là, ce n'est pas la même chose. Donc, c'est ça qu'on appelle la sélection, il sélectionne parmi toutes les targets qui vont être à lui, il sélectionne celles qui l'intéressent. Donc, le cas qui était amusant à apprendre, en fait, c'est que les voitures sur le périph à basse vitesse, autour de 20 ou 30 km/heure, elles roulent proche les unes des autres, tu vois tu as environ 5 à 10 m maxi entre deux voitures, sauf qu'un semi-remorque, ça fait 18 m de long. Donc, s'il veut changer de file, un jour, il est bien obligé à un moment de forcer le passage quelque part. Et comme nous, notre voiture, elle est assez précautionneuse sur la distance de suivi, plus que le font les humains, les camionneurs, ils choisissent souvent notre voiture pour s'insérer devant. Et donc, un camion de 18 m de long pour un espace de 10 m, forcément, ta voiture, elle ne voit pas la face arrière du camion. Elle voit son flanc, son flanc, avec un angle d'une quinzaine de degrés, tu vois. Donc, là typiquement, notre voiture, elle ne savait pas réagir, elle ne savait pas quel arrêt cibler. Donc, la première fois qu'on l'a eu, « ah tiens, elle ne prend pas », on a été un peu surpris quand même.

L'analyse qui a suivi ce traitement de données est la reconstruction schématique des relations et médiations en jeu dans cette situation (modèle SACI) et une analyse clinique telle que présentées dans l'article.