



UNIVERSITÉ  
LUMIÈRE  
LYON 2

N° d'ordre NNT : 2017LYSE2122

THESE de DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

Opérée au sein de

L'UNIVERSITÉ LUMIÈRE LYON 2

**École Doctorale : ED 476 Neurosciences et Cognition**

Discipline : Sciences cognitives et neurosciences

Soutenue publiquement le 5 décembre 2017, par :

**Mathilde FRANÇOIS**

---

**Level of driver involvement in trucks human-machine interfaces design : effects on usability, distraction and acceptance**

---

Devant le jury composé de :

Marie IZAUTE, Professeure des universités, Université Clermont-Ferrand Lyon 2, Présidente

Catherine BERTHELON, Directrice de Recherche, IFSTTAR, Rapporteur

Isabelle MILLEVILLE-PENNEL, Chargée de recherche HDR, Ecole Centrale de Nantes, Rapporteur

Alexandra FORT, Chargée de recherche, IFSTTAR, Examinatrice

Jordan NAVARRO, Maître de conférences HDR, Université Lumière Lyon 2, Examineur

Philippe CRAVE, Expert, Examineur

François OSIURAK, Professeur des universités, Université Lumière Lyon 2, Directeur de thèse

## Contrat de diffusion

Ce document est diffusé sous le contrat *Creative Commons* « [Paternité – pas d'utilisation commerciale – pas de modification](#) » : vous êtes libre de le reproduire, de le distribuer et de le communiquer au public à condition d'en mentionner le nom de l'auteur et de ne pas le modifier, le transformer, l'adapter ni l'utiliser à des fins commerciales.

# Niveau d'implication des conducteurs dans la conception d'interfaces homme-machine poids lourd : effets sur l'utilisabilité, la distraction et l'acceptation

## Présentation

Ce projet de recherche avait pour objectif d'étudier comment le niveau d'implication des conducteurs dans le processus de conception des interfaces homme-machine poids-lourd impacte l'utilisabilité, la distraction, et l'acceptation. Ce résumé présente dans un premier temps l'objet d'étude (i.e. les interfaces poids-lourd, la conception centrée sur l'humain, et l'implication des utilisateurs). Dans un second temps, l'état de la connaissance actuelle sur la conception participative est exposé, en insistant sur les points restants à explorer. Enfin, les objectifs et la structure de ce projet sont présentés.

## Objet d'étude

Les Interfaces Homme-Machine (IHM) définissent tous les dispositifs permettant la communication entre une technologie et son utilisateur. Dans un camion, le conducteur peut agir sur le véhicule (e.g. boutons permettant au conducteur d'engager une fonction du véhicule), et le véhicule fournit des informations au conducteur à travers les interfaces (e.g. afficheur du tableau de bord affichant des informations telles que la vitesse).

Les IHM poids-lourd présentent plusieurs spécificités :

- Elles sont principalement utilisées pendant la conduite. Afin d'éviter de potentiels risques de sécurité routière, les interfaces poids-lourd doivent être conçues pour minimiser la distraction des conducteurs. Cela consiste à réduire autant que possible le temps passé avec les yeux en-dehors de la route, la durée avec les mains en dehors du volant, et la charge mentale impliquée par l'interaction avec l'interface. Marcus (2004) illustre bien ce défi de conception en exprimant : « Imaginez avoir à penser à la sécurité, à l'utilisabilité et à l'esthétique de l'interface utilisateur d'un appareil mobile de deux tonnes qui traverse l'espace à 100 km/h. Maintenant, vous avez l'image en tête » (p. 91).
- Avec les avancées technologiques, les informations à afficher aux conducteurs sont de plus en plus nombreuses et complexes (Gkouskos, Normark, & Lundgren, 2014). Afin d'éviter les erreurs humaines lors de l'interaction avec un système, les interfaces doivent

être conçues de façon utilisable. Les concepteurs doivent sélectionner les informations pertinentes à présenter au conducteur, déterminer le mode d'affichage, et spécifier une logique d'interaction qui assure un accès à l'information facile, rapide et sans erreur.

- Dans les camions actuels, les mêmes interfaces sont utilisées dans différents contextes. En effet, la même IHM est conçue pour une gamme complète de véhicules. Dans ce projet, nous nous sommes concentrés sur une gamme spécifique de camions : les camions de distribution (*Multi-purpose vehicles* [MPV]). Ce sont des véhicules entre 10 et 26 tonnes destinés principalement à la distribution de biens ou à la construction légère (e.g. la livraison d'équipements sur des chantiers). Ils sont différents des véhicules « long-routiers », principalement destinés au transport longue distance ou à la construction lourde. Les camions de distribution sont utilisés dans de multiples contextes d'utilisation impliquant des besoins divers en termes d'IHM. Par exemple, le même tableau de bord peut être utilisé par un pompier conduisant à grande vitesse ; par un conducteur de distribution novice qui conduit en centre-ville entouré de piétons ; ou par un conducteur âgé réticent aux nouvelles technologies qui conduit un porte-voitures sur autoroute. Par conséquent, en plus d'être faciles à utiliser et non-distrayantes dans tous les contextes d'utilisation, les IHM MPV doivent couvrir tous les besoins des utilisateurs dans les différents contextes d'utilisation afin de garantir une bonne acceptation de la part des conducteurs.

Il y a vingt ans, la conception des interfaces homme-machine poids-lourd dépendait principalement des caractéristiques et des contraintes imposées par la technologie sous-jacente. Néanmoins, l'accroissement des dispositifs à bord du véhicule et les enjeux de sécurité routière ont provoqué un changement d'une conception techno-centrée vers une conception anthropocentrée. La conception centrée sur l'humain est une approche visant à concevoir des produits utiles et utilisables (ISO 9241-210, 2010). La conception est axée sur les caractéristiques de l'humain, les besoins, et les attentes des utilisateurs. L'objectif est d'améliorer le confort des utilisateurs et d'atténuer les potentiels effets négatifs liés à l'utilisation d'un système (e.g. les risques sécuritaires). Les processus de conception centrée sur l'humain se divisent en différentes phases. La première phase est une phase d'analyse. Elle consiste à identifier et spécifier le contexte d'utilisation et les contraintes liées aux utilisateurs. Dans une deuxième phase, plusieurs concepts sont conçus sur la base des données de la phase précédente. La troisième phase est une phase d'évaluation dans laquelle les concepts générés sont comparés aux critères requis. Sur la base des résultats de cette phase, plusieurs itérations peuvent être réalisées avec les phases précédentes.

L'un des principes de la conception centrée sur l'humain est une participation active des utilisateurs (Maguire, 2001). Il est désormais reconnu que la participation des utilisateurs au processus de conception est une source précieuse de connaissances sur le contexte d'utilisation, les tâches, les besoins, les attentes des utilisateurs, et sur leur réaction à un nouveau produit (Bekker & Long, 2000 ; Rogers, Sharp, & Preece, 2011). Cependant, la nature et la fréquence de cette participation des utilisateurs peuvent varier selon les approches de conception implémentées. On peut distinguer trois niveaux de participation des utilisateurs dans le processus de conception :

- L'utilisateur peut être considéré comme une source de données. Eason (1995) caractérise ce niveau comme une conception *pour* les utilisateurs. Le type de participation est *informatif* (Damodoran, 1996).
- L'utilisateur peut être impliqué afin d'évaluer des concepts. Ce niveau correspond à une participation *consultative* (Damodoran, 1996), dans un processus de conception *avec* les utilisateurs (Eason, 1995).
- L'utilisateur peut participer à la phase de conception. C'est le niveau d'implication *participatif* (Damodoran, 1996) qui correspond à une conception *par* les utilisateurs (Eason, 1995).

Un point-clé de l'implication des utilisateurs est souligné par Damodoran (1996) : les niveaux de participation n'ont pas de limites strictes, et peuvent être caractérisés comme étant sur un continuum partant d'une implication informative, puis consultative, et enfin participative.

Les approches centrées sur l'humain sont multiples. Cependant, les deux principales approches centrées sur l'humain sont : la conception centrée sur l'utilisateur (UCD) et la conception participative (PD) (Bekker & Long, 2000). Sur la base des différents niveaux de participation des utilisateurs, les deux approches peuvent se différencier ainsi (Bekker & Long, 2000 ; Bratteteig & Wagner, 2016 ; Carroll, 1996 ; Kujala, 2003 ; Sanders, 2002 ; Spinuzzi, 2005) :

- La conception centrée sur l'utilisateur (UCD) correspondrait à une conception *pour* et *avec* les utilisateurs, avec des formes d'implication *informatives* et *consultatives*. En effet, les utilisateurs participent d'abord à la phase d'analyse, avec des techniques telles que des enquêtes, des entretiens, ou des analyses d'activité. Ils sont également impliqués pendant la phase d'évaluation, où les experts en IHM observent comment ils réagissent aux concepts et recueillent leurs commentaires (tests d'utilisabilité). Les utilisateurs ne sont

cependant pas impliqués lors de la phase de définition des concepts, ces derniers étant conçus par les experts.

- La conception participative (PD) correspondrait à une conception *par* les utilisateurs, avec une implication *participative*. Les utilisateurs sont impliqués tout au long du processus de conception. Ils participent non seulement aux phases d'analyse et d'évaluation, mais également lors de la définition des concepts. Au cours de cette phase, des techniques telles que des activités narratives, des journaux d'activités, des cartes mentales, ou des activités de prototypage sont utilisées.

Aujourd'hui, la conception centrée sur l'utilisateur est largement utilisée pour la conception des IHM poids-lourd (e.g. Engström et al., 2006 ; Hesse et al., 2011 ; Marberger, Dangelmaier, Widroither, & Bekiaris, 2004). Cependant, certains auteurs recommandent une implication croissante des utilisateurs dans le processus de conception (Marcus, 2004 ; Sanders & Stappers, 2008). La conception participative ouvrirait ainsi des perspectives intéressantes.

### Etat de la connaissance

Maguire (2001) a résumé les avantages de la conception centrée sur l'utilisateur :

- Augmentation de la productivité : réalisation des tâches sans sollicitation de ressources temporelles ou cognitives inutiles ;
- Réduction des erreurs : une conception axée sur l'utilisabilité permet d'éviter les incohérences, les incompréhensions, ou d'autres défauts entraînant des erreurs ;
- Réduction de la formation et de l'assistance : en produisant des produits plus utilisables, la conception centrée sur l'utilisateur réduit le temps d'apprentissage et la nécessité d'assistance ;
- Amélioration de l'acceptation : la considération des besoins de l'utilisation, et les évaluations réalisées en amont permettent d'augmenter l'intention d'usage et la confiance des utilisateurs ;
- Réputation de l'entreprise : bénéfique d'un point de vue marketing sur l'image de la marque.

Lors de la définition des concepts, les experts prennent leurs décisions selon plusieurs facteurs : les facteurs humains, les coûts, le planning des projets, l'image de la marque, etc. Ils adoptent une vision holistique et complète, en tenant compte de tous les usages, des configurations de véhicules, mais également des différentes configurations d'IHM possibles. Par exemple, lors de la définition d'une interface promouvant l'écoconduite :

- Les indicateurs doivent être pertinents pour tous les environnements de conduite et les différentes charges de véhicules ;
- Les informations affichées doivent être suffisamment détaillées pour un éco-conducteur expérimenté mais également faciles à comprendre pour un conducteur novice ;
- La disposition des informations doit être aussi adaptée pour un camion possédant un régulateur de vitesse adaptatif que pour un camion dénué d'options.

Les considérations des experts sont donc globales et non individuelles.

Néanmoins, certaines limitations peuvent être adressées à la conception centrée sur l'utilisateur. Tout d'abord, le fort niveau de contrôle est critiqué (Lee, 2008). En effet, les concepts d'IHM sont créés par des experts et les utilisateurs ne sont uniquement consultés pour les évaluer. La conception UCD se concentre donc principalement sur la façon dont l'utilisateur réagit à un concept et omet ce qu'il pourrait apporter lors de la définition des concepts. Deuxièmement, la conception centrée sur l'utilisateur peut être facilement applicable et exhaustive sur des projets présentant peu de contraintes. Par exemple, lors de la définition d'une nouvelle commande d'essuie-glace, le nombre de configurations d'IHM différentes est limité. Toutes les configurations possibles pourraient être testées lors d'un test d'utilisabilité afin de s'assurer de la configuration la plus adaptée. Cependant, les progrès technologiques apportent une nouvelle flexibilité dans la conception d'IHM. Si les commandes d'essuie-glace devaient être présentées sur un écran tactile, le nombre de représentations, de tailles, de dispositions ou d'informations à afficher augmenterait, et toutes les configurations seraient moins susceptibles d'être traitées de manière exhaustive dans un test d'utilisabilité. Ce défi de conception est particulièrement d'actualité avec l'arrivée des tableaux de bord de type écran. Troisièmement, la qualité d'une interface est affectée en partie par ce que les concepteurs connaissent – ou ne connaissent pas – des utilisateurs (Weinschenk, 2011). Cependant, les recommandations facteurs-humains et les connaissances ergonomiques sont nombreuses mais non exhaustives. Collecter des informations sur le contexte d'utilisation, sur le ressenti des utilisateurs, et sur leur réaction à des prototypes est coûteux temporellement et ne pourrait objectiver toutes les décisions de conception à réaliser.

Il serait évident de répondre à ces limites si les utilisateurs savaient ce dont ils ont besoin, et ce qu'ils traiteraient facilement et efficacement. Si c'était le cas, les impliquer dans la conception permettrait de gagner du temps et d'optimiser la qualité des interfaces. En d'autres termes, si les utilisateurs savent ce dont ils ont besoin et ce qu'ils traiteraient facilement et efficacement, ils devraient participer directement lors de la conception, pour

éviter que les experts passent du temps à essayer de comprendre ce dont ils ont besoin et ce qu'ils traitent facilement.

Concernant la conception participative, ses principaux avantages sont résumés par Damodaran (2006) :

- Amélioration de la qualité du produit grâce à une meilleure définition des besoins des utilisateurs ;
- Non-implémentation de caractéristiques coûteuses dont les utilisateurs n'ont pas besoin ou n'utilisent pas ;
- Amélioration de l'acceptation des utilisateurs ;
- Amélioration de la compréhension des utilisateurs ;
- Participation accrue à la prise de décisions.

Deux raisons encouragent le changement vers une conception participative (Carroll & Rosson, 2007) : un aspect moral (i.e. les utilisateurs ont le droit d'être impliqués dans la prise de décision) et un aspect pragmatique (i.e. l'expérience et les connaissances des utilisateurs peuvent offrir des idées pour la conception). L'aspect moral réfère aux origines de la conception participative. En effet, la conception participative est apparue dans les pays scandinaves dans les années 70 et 80 (Ehn, 1993 ; Floyd, Mehl, Reisin, Schmidt, & Wolf, 1989). Elle a été mise en place lors de l'introduction des ordinateurs dans les espaces de travail. Des collaborations entre chercheurs, syndicats, et travailleurs ont été menées afin d'accompagner ce changement (Spinuzzi, 2005). L'aspect pragmatique de la conception participative présente des avantages potentiels sur la qualité ergonomique des interfaces. Ces avantages reposeraient sur deux facteurs. Les utilisateurs ont différents niveaux de besoins (i.e. explicites, observables, tacites, et latents) y compris des besoins implicites qui ne peuvent être exprimés par la parole ou lors de l'utilisation d'un prototype (Sanders, 2002). En concevant activement un concept, les utilisateurs fourniraient un accès direct à ces besoins, menant à des produits plus utiles et donc plus acceptés. Lors de l'interaction avec une interface, les utilisateurs impliqueraient également des connaissances tacites (i.e. des connaissances implicites). Par exemple, lorsqu'on présente un nouveau tableau de bord à un conducteur, la direction de son premier regard va dépendre de plusieurs facteurs généraux et individuels, tels que sa culture (e.g. sens de lecture de la langue), les processus cognitifs (e.g. une information qui clignote en vision périphérique va attirer son attention), et ce qu'il s'attend à voir en fonction de ses expériences passées et de ses connaissances tacites. Même si les aspects généraux peuvent être abordés à travers les directives de



conception facteurs-humains, les recommandations ergonomiques, et les activités explicites ; les aspects implicites et individuels sont plus difficilement accessibles. Lors d'une conception participative, comme l'utilisateur est également le concepteur, il utiliserait directement ses connaissances implicites en tant que ressources. Par exemple, au cours de sa carrière, un conducteur de camion a interagi avec plusieurs tableaux de bord de différentes marques. Sur cette base, il a construit un modèle mental de tableau de bord, avec ce qu'il s'attend à voir et où il s'attend à le voir. En interagissant avec un nouveau tableau de bord, il s'appuiera sur ce modèle mental. Par conséquent, si les interfaces ne correspondent pas aux représentations mentales des conducteurs, elles peuvent entraîner une mauvaise utilisation, de potentiels risques, ou un rejet du système (Carroll & Olson, 1987). Les connaissances tacites impliquent une grande variabilité interindividuelle pour l'interaction avec les IHM. Ces connaissances, acquises par les conducteurs grâce à l'expérience et l'automatisation des processus, sont donc essentielles pour répondre aux besoins des utilisateurs. Tenir compte des aspects implicites permettrait de produire des interfaces plus faciles à utiliser et plus efficaces (et, par conséquent, moins distrayantes).

Sur la base de la littérature existante, certains points restent à explorer. Tout d'abord, la tendance actuelle s'oriente vers une implication de plus en plus accrue des utilisateurs (Marcus, 2004 ; Sanders & Stappers, 2008). Cependant, il existe un manque de preuves empiriques et rigoureuses en faveur de cela. En effet, même si des avantages ont été rapportés suite à des projets participatifs, ceux-ci n'ont pas été comparés aux potentiels avantages collectés avec une conception centrée sur l'utilisateur sur le même cas d'étude. Deuxièmement, il existe de nombreuses évaluations des processus de développement participatifs (Bossen, Dindler, & Iversen, 2016), mais peu d'évaluations rigoureuses des résultats de ces processus. Bratteteig et Wagner (2006) ont insisté sur la nécessité de passer d'une évaluation des processus à une évaluation des résultats. Troisièmement, les avantages sont souvent attribués globalement à la conception participative. Néanmoins, il existe de nombreuses manières d'arriver à un résultat participatif (Bratteteig & Wagner, 2016). Les différentes méthodes de conception participative peuvent différer en termes de coût, de ressources utilisées, de temps passé, etc. Les différences en termes de résultats devraient recevoir l'attention appropriée afin de guider les praticiens vers les meilleures méthodes à utiliser. Enfin, contrairement à d'autres types d'interfaces où les critères subjectifs peuvent prévaloir sur les critères objectifs, l'efficacité et la distraction des tableaux de bord sont essentiels pour la sécurité routière. Il est nécessaire de mesurer rigoureusement les effets de la conception participative sur les aspects d'efficacité et de

distraction. Cet aspect est d'autant plus actuel dans une perspective de personnalisation des tableaux de bord (Marcus, 2004).

## Objectifs

Cette thèse vise à améliorer les connaissances sur la manière la plus efficace d'impliquer les conducteurs routiers afin de créer des interfaces faciles à utiliser et sécuritaires. La mise en œuvre de deux méthodes participatives sur un cas d'application concret permet d'expérimenter concrètement ces méthodologies et de répondre aux questions suivantes : les conducteurs savent-ils ce qu'ils veulent et ce qu'ils traiteront bien (d'un point de vue cognitif), c'est-à-dire ont-ils des méta-représentations correctes de ce qu'ils pourraient utiliser efficacement et de façon sécuritaire. Si c'était le cas, la conception participative pourrait avoir un impact positif sur l'utilisabilité, la distraction, et l'acceptation des interfaces. De plus, il existe une variété de méthodes participatives qui peuvent être mises en œuvre, nécessitant des ressources différentes (i.e. temps, coût, personnes impliquées). L'étude de l'impact de la méthode participative utilisée sur la qualité des concepts générés est fondamentale pour les praticiens. En outre, l'un des objectifs était d'enrichir les connaissances des praticiens pour la conception centrée sur l'utilisateur, en fournissant une analyse du contexte d'utilisation des IHM MPV, en synthétisant les recommandations ergonomiques existantes, et en les enrichissant avec de nouvelles études.

Plus précisément, cette thèse a pour objectif de répondre aux questions de recherche suivantes :

- Comment le niveau de participation du conducteur dans le processus de conception affecte-t-il l'utilisabilité, la distraction, et l'acceptation des IHM poids-lourd ?
- La qualité ergonomique des interfaces est-elle impactée de la même manière selon la méthode participative mise en œuvre ?

Avant tout, un état de l'art a été réalisé. L'objectif de cet article était de résumer les différents bénéfices obtenus pour la conception participative dans d'autres domaines, et de les mettre en regard avec les défis actuels de la conception d'IHM. Cette première étape a permis de définir les objectifs et la structure du projet.

Puis, cette recherche a été divisée en trois sous-projets, suivant les trois étapes de la conception centrée sur l'humain : l'analyse du contexte d'utilisation, la définition des concepts, et l'évaluation des concepts. Ils ont été menés de façon séquentielle, chaque sous-projet utilisant des données des activités précédentes.

Dans un premier sous-projet, l'objectif était d'identifier et de spécifier le contexte d'utilisation des IHM MPV. Cela comprend une analyse des véhicules et des utilisateurs sur lesquels cette thèse s'est concentrée. En effet, la conception centrée sur l'humain nécessite de prendre en compte certaines informations telles que les configurations IHM avec lesquelles les utilisateurs interagissent, leurs tâches, l'environnement d'utilisation, et les caractéristiques des utilisateurs. Ces données ont permis de déterminer le cadre de l'activité de conception et de déterminer les conducteurs à impliquer pour la conception participative.

Dans un second sous-projet, trois processus de développement parallèles ont été menés sur le même cas de conception et avec le même équipement :

- Un processus de conception centrée sur l'utilisateur (*user-centered design* [UCD]) a d'abord été mené (i.e. implication *consultative*). Afin de fournir des données d'entrées aux experts, un examen préliminaire des recommandations facteurs-humains a été réalisé, ainsi que trois études visant à compléter ces recommandations (portant sur la définition des compteurs de vitesse et des jauges). Des conducteurs ont évalué trois concepts conçus par les experts afin d'atteindre un concept finalisé : le concept UCD.
- Un atelier de conception participative collectif (*participatory design workshop* [PDWS]) a été réalisé avec quatre conducteurs poids-lourd professionnels (i.e. implication *participative*). Les différentes activités réalisées au cours de cet atelier d'une journée ont conduit à la réalisation d'un concept collectif : le concept PDWS.
- Des séances de conception participative individuelle (*individual participatory design* [PDInd]) ont été réalisées avec vingt-sept conducteurs. Chaque conducteur a pu définir son propre concept et l'a évalué itérativement dans une situation de conduite simulée. Vingt-sept concepts individuels ont donc été recueillis (concepts PDInd).

Le troisième sous-projet avait pour objectif d'évaluer et de comparer les concepts résultant des trois processus menés dans le deuxième sous-projet. Les vingt-sept conducteurs ont évalué le concept UCD, le concept PDWS, et leur propre concept. L'utilisabilité, la distraction et l'acceptation ont été mesurées sur un simulateur de camion avec des scénarios et des tâches prédéfinis impliquant l'utilisation des interfaces.

## **Principaux résultats et discussion**

### Etat de l'art

Au début de ce projet, un état de l'art a été mené afin d'examiner les avantages de la conception participative au regard des défis actuels de la conception des IHM. Cet article offre une vision globale de la conception des IHM dans un cadre holistique et pratique. L'approche conventionnelle de la conception des interfaces automobiles a été présentée et les limites de la conception centrée sur l'utilisateur ont été mises en lumière. La conception participative a été proposée comme une alternative potentielle, déjà utilisée dans d'autres domaines de la recherche facteurs humains. Un argument important pour l'emploi de la conception participative semble être que cette approche permettrait d'accéder aux connaissances tacites des conducteurs, avec un potentiel impact positif sur l'utilisabilité et la distraction des interfaces. L'accès aux besoins implicites des conducteurs pourrait également améliorer l'acceptation des interfaces. En outre, un manque d'évaluation formelle a été souligné, avec la nécessité de procéder à une comparaison entre les différents niveaux de participation de l'utilisateur afin de mesurer les écarts en termes de qualité ergonomique des résultats. Les limites potentielles de la conception participative ont également été mises en évidence afin d'assurer une vision globale (i.e. un manque de rigueur méthodologique, une faible validité de l'évaluation des processus, et une remise en cause de la capacité des utilisateurs à ajouter de la valeur dans la phase de conception). Le résumé de la littérature sur la conception participative et la mise en lumière d'une alternative potentielle pour faire face aux défis de conception actuels pourraient être utiles aux chercheurs et aux praticiens.

### Sous-projet 1 : Analyse du contexte d'utilisation

Dans les processus de conception centrée sur l'humain, la connaissance du contexte d'utilisation est une contribution essentielle (i.e. les caractéristiques des utilisateurs, les tâches et l'environnement dans lequel les systèmes sont utilisés). Dans ce projet, l'objectif était de concevoir et d'évaluer des concepts à partir de différentes approches centrées sur l'humain. Par conséquent, une analyse préalable du contexte d'utilisation a été menée à travers deux études.

La première étude était une analyse des camions MPV en termes d'usages, d'activités, et d'environnement d'utilisation. Les données quantitatives, provenant d'une base de données de plus de 5 000 camions, ont été collectées et analysées. Les résultats ont montré que les usages et les applications MPV sont divers. Différentes analyses de données ont permis de regrouper les véhicules en quatre groupes. Le premier groupe, représentant 60% des véhicules, a été choisi comme cible pour les activités de conception. Dans ce groupe, les véhicules étaient principalement équipés de carrossages de type fourgons et frigorifique, et utilisés pour des livraisons locales et régionales. Dans ce sens, l'évaluation du troisième

sous-projet a été menée dans un contexte urbain et péri-urbain. En outre, les conducteurs impliqués dans les séances de conception participative étaient des professionnels de la distribution locale et régionale. Les données de cette étude ont également montré que les configurations de boutons sur le tableau de bord différaient significativement d'un véhicule à l'autre. Le tableau de bord, commun à tous les véhicules, a donc été choisi comme cas de conception. La configuration d'interfaces de ces camions était basique et comportait principalement des fonctions de conduite. Lors des activités de conception, les fonctions principales de conduite ont donc été investiguées. La principale limitation de cette étude était que les données disponibles indiquaient la présence ou non d'une fonction dans les véhicules. Cependant, la présence ou l'absence de fonctions ne renseigne pas sur leur fréquence d'utilisation, bien que cette mesure soit déterminante pour la conception des IHM. Une analyse d'activité pourrait ainsi compléter cette étude par des mesures de fréquence d'utilisation pour chaque partie des IHM.

La deuxième étude présentait les résultats d'un questionnaire ayant pour objectif d'améliorer la connaissance des conducteurs MPV. Soixante-huit conducteurs ont répondu à un questionnaire sur leur profil, leur travail, leur IHM actuelle, et leurs attentes pour les interfaces futures. Les résultats ont montré que les conducteurs MPV étaient plutôt expérimentés (ce qui suggère qu'ils connaissent bien les fonctions des interfaces) et qu'ils étaient globalement à l'aise avec la technologie (et les smartphones). Sur cette base, le choix d'un outil de prototypage tactile a été conforté. Les questions visant à prioriser leurs besoins et leurs attentes en matière d'IHM ont mis en évidence cinq fonctions importantes : le régulateur de vitesse, les informations sur les temps de conduite, les informations de consommation de carburant, le GPS, et la caméra de recul. Ces données ont été utilisées par les experts dans le processus de conception centrée sur l'utilisateur. En effet, les informations liées aux temps de conduite et au régulateur de vitesse ont été priorisées. Les résultats de l'enquête ont également montré que les conducteurs MPV étaient majoritairement des hommes de 18 à 66 ans. Cette information a été utilisée pour la sélection des conducteurs participant aux activités participatives, afin d'assurer une bonne représentativité des utilisateurs finaux. Ce sondage était innovant dans sa manière d'accéder aux conducteurs (i.e. par Facebook et dans un centre de formation). Cependant, la limite principale de cette étude était la taille de l'échantillon (68 répondants). Cela n'a pas permis d'effectuer des analyses de données plus poussées (e.g. pour l'élaboration de *personas* quantitatifs ; Maguire, 2001).

Ces résultats ont apporté une représentation synthétique des utilisateurs et des usages. De plus, les techniques quantitatives utilisées pour l'analyse du contexte d'utilisation peuvent être transférées à d'autres domaines.

## Sous-projet 2 : Définition des concepts

### *Conception centrée sur l'utilisateur*

La conception centrée sur l'utilisateur était l'un des trois processus de conception menés en parallèle dans cette étude et dont le concept a été évalué dans le troisième sous-projet. Ce concept correspondait à un niveau de participation consultatif (i.e. les conducteurs évaluent les concepts conçus par des experts). Pour cela, les experts ont besoin de données d'entrée afin de définir les concepts. Les données du premier sous-projet ont été utilisées et un travail a été mené sur les recommandations ergonomiques.

En effet, un examen des recommandations facteurs humains existantes a d'abord été mené. Ce document a rassemblé la documentation existante dans laquelle des directives ou des recommandations étaient présentées pour promouvoir l'utilisabilité lors de la conception des interfaces. La vision synthétique offerte par ce document pourrait être utilisée dans l'industrie automobile.

De plus, des expériences ont été conduites dans cette thèse dans le but de compléter les recommandations existantes. Tout d'abord, deux expériences ont permis d'étudier le moyen le plus efficace et satisfaisant d'afficher le compteur de vitesse sur des tableaux de bord de type écrans. Une première étude comparant un compteur de vitesse numérique et un compteur de vitesse analogique a répliqué les résultats existants de la littérature (i.e. le meilleur compteur de vitesse dépend de la tâche effectuée). Sur cette base, une deuxième étude a évalué et comparé les compteurs de vitesse conventionnels et un compteur de vitesse redondant sur des cas d'utilisation contemporains. Deuxièmement, une expérience sur la définition des jauges a comparé huit jauges mélangeant différents attributs (i.e. forme, orientation, et indicateur). Les résultats ont montré que le temps de regard en dehors de la route peut être diminué de 280 ms en changeant la représentation d'une jauge, et de plus de 600 ms lorsqu'un compteur de vitesse redondant est présenté au lieu d'un compteur de vitesse analogique. Ces résultats soulignent la nécessité de mener des études sur les facteurs humains afin de concevoir des interfaces plus efficaces et plus sûres.

Ces données ont été utilisées par les experts lors de la conception centrée sur l'utilisateur. Par exemple, le compteur de vitesse choisi dans le concept UCD était un compteur de vitesse redondant. Cependant, il était intéressant de noter que les experts ont dû choisir entre des principes ergonomiques qui entraient en compétition. En effet, d'une part, les jauges de type linéaire-verticale-remplissage ont été mesurées comme moins efficaces, plus distrayantes et moins satisfaisantes pour la lecture qualitative qu'une jauge linéaire-horizontale-pointeur. D'autre part, les documents existants recommandent que la

représentation choisie supporte les modèles mentaux de la réalité des conducteurs (Ross et al., 1996). Par conséquent, des jauges de type linéaire-vertical-remplissage ont été choisies par les experts pour les niveaux de carburant et d'additifs, comme des réservoirs qui se rempliraient. Les experts ont d'abord généré trois concepts et ont invité neuf conducteurs internes à les évaluer. Ensuite, les experts ont redessiné un concept final. Cependant, certaines faiblesses peuvent être soulignées concernant la démarche adoptée dans cette thèse (i.e. peu de conducteurs lors de l'évaluation et pas d'itération).

### *Conception participative*

Deux processus de conception participative ont été menés, différant par le nombre de conducteurs impliqués lors de la session de conception. Premièrement, un atelier collectif a été réalisé avec quatre conducteurs poids-lourd professionnels. Deuxièmement, des séances de conception individuelle ont été menées. Les concepts résultants ont été comparés au concept de conception centrée sur l'utilisateur dans le troisième sous-projet.

En ce qui concerne la mise en œuvre de la conception participative pour la conception des interfaces poids-lourd, l'une des limitations adressées à la conception participative était la diversité des pratiques utilisées, sans méthodologie formalisée (Haines, Wilson, Vink et Koningsveld, 2002 ; Pilemalm & Timpka, 2008 ; Spinuzzi, 2005). Pour surmonter cette limitation, Spinuzzi (2005) a proposé une méthodologie composée de trois étapes : exploration initiale du travail, processus de découverte, et prototypage. Dans cette recherche, les trois étapes ont été appliquées : le premier sous-projet d'analyse correspondait à l'étape 1, les activités narratives correspondaient à la phase 2 et les séances de conception autour de l'outil de prototypage correspondaient au stade 3. De plus, un intérêt particulier a été apporté à l'outil de prototypage, indispensable pour permettre aux utilisateurs de s'exprimer (Sanders, 2002). L'écran tactile semble être un outil visuel et projectif approprié pour faciliter l'échange (déjà utilisé par Normark, 2015). De plus, l'utilisation combinée avec le simulateur de conduite a permis aux utilisateurs d'itérer entre la conception et l'évaluation. Bruno et Muzzupappa (2010) ont signalé que, dans de nombreuses études participatives, la maquette physique du concept apparaît souvent tardivement. Dans cette étude, les « activités de conception » et les « activités de contextualisation » (Sanders et al., 2010) ont été mélangées pour contextualiser les conceptions. Cela a apporté de la validité aux concepts définis par les conducteurs, en effet, ils ne consistaient pas uniquement en un enchaînement d'idées ou de dessins irréalisables comme cela peut être le cas dans des ateliers participatifs de type papier-crayon.

Une autre limitation potentielle souvent rapportée pour la conception participative est la différence entre participation et implication. En effet, Barki et Hartwick (1994) ont souligné que la participation des utilisateurs n'est pas toujours un facteur d'implication. Ils ont clarifié les deux notions ainsi : la participation se réfère à « un ensemble de comportements ou d'activités réalisés par les utilisateurs dans le processus de développement du système », alors que l'implication serait définie comme « un état psychologique subjectif reflétant l'importance et la pertinence personnelle d'un système pour l'utilisateur ». Dans cette étude, des mesures d'implication des utilisateurs ont été effectuées (échelle utilisée dans l'étude de Hunton et Beeler, 1997, sur la base du questionnaire original de Barki et Hartwick, 1994). Pour les deux méthodes participatives, les scores d'implication des utilisateurs - basés sur les dimensions d'importance et de pertinence personnelle - étaient élevés (valeurs proches de 6 sur une échelle de 7 pour les deux concepts). De même, l'attitude de l'utilisateur (> à 5,67), l'auto-efficacité perçue (> à 5,93) et la participation souhaitée (> à 6,56) ont recueilli des scores élevés. Avec les deux méthodes, les conducteurs ont donc rapporté un niveau d'implication élevé.

### Sous-projet 3 : Evaluation des concepts

Le but de ce sous-projet était d'évaluer et de comparer les trois concepts de tableaux de bord en termes d'utilisabilité, de distraction, et d'acceptation. Vingt-sept conducteurs ont évalué le concept UCD, le concept PDWS, et leur propre concept. L'utilisabilité, la distraction et l'acceptation ont été mesurées sur un simulateur de conduite à l'aide de scénarios et de onze tâches prédéfinies impliquant l'utilisation des interfaces. Des études antérieures avaient déjà comparé des approches centrées sur l'humain (Bekker & Long, 2000 ; Carmel et al., 1993 ; Carroll, 1996). Cependant, ces comparaisons étaient plus théoriques, visant à définir les limites et les spécificités des approches. Bratteteig et Wagner (2006) ont insisté sur la nécessité de passer d'une évaluation des processus à une évaluation des résultats. Ici, les deux approches centrées sur l'humain ont été comparées de manière systématique sur le même cas de conception et avec le même équipement. Ce qui différenciait les résultats des trois processus étaient les approches adoptées et les personnes impliquées pour les définir. De plus, l'évaluation a été effectuée de manière rigoureuse en suivant la méthode expérimentale.

*Comment le niveau de participation du conducteur dans le processus de conception affecte-t-il l'utilisabilité, la distraction, et l'acceptation des IHM poids-lourd ?*

Les résultats ont révélé que les interfaces étaient impactées de deux manières différentes.



Tout d'abord, sur les aspects subjectifs (acceptation et utilisabilité perçue), il semble que les effets n'étaient pas liés au niveau de participation du conducteur, mais à l'approche mise en œuvre. En effet, les différences avec le concept UCD n'étaient pas cohérentes entre les deux approches participatives : le concept UCD était plus utilisable et accepté que le concept PDWS, mais n'était pas significativement différent du concept PDInd (scores élevés d'utilisabilité et d'acceptation pour les deux concepts).

Deuxièmement, sur les mesures objectives (efficacité et distraction visuelle), le concept UCD était globalement meilleur que les deux concepts participatifs. Le concept UCD impliquait des temps de complétion de la tâche et des temps de regard en dehors de la route plus faibles que le concept conçu lors de l'atelier participatif collectif. Cet effet était global : toutes tâches confondues sur les deux variables combinées (efficacité et distraction visuelle). La différence entre les deux concepts s'est révélée significative lors de la réalisation de deux tâches, avec des différences allant jusqu'à 4 870ms / 48% pour les temps de complétion et 3 526ms / 81% pour la réduction de la distraction visuelle (tâche 7 : activer le limiteur de vitesse). De même, bien que la différence soit réduite, le concept UCD a recueilli de meilleurs résultats que les concepts individuels. Toutes tâches combinées, les tâches ont eu tendance à être réalisées plus rapidement et avec un temps de regard en dehors de la route plus faible. Sur trois des tâches, le concept UCD s'est révélé meilleur que les concepts PDInd (tâche 2 : lire la valeur de la vitesse, tâche 5 : comparer la vitesse à 30 km/h, et tâche 7 : activer le limiteur de vitesse). Cependant, l'amplitude des gains était plus faible (gain de 387ms / 18% dans la réalisation de la tâche et 438ms / 50% pour le temps de regard en dehors de la route pour la tâche 2 ; ainsi qu'une tendance statistique uniquement pour la tâche 7). D'autre part, aucune différence significative n'a été trouvée entre les interfaces des deux niveaux d'implication en termes de précision et de performance de conduite.

La littérature existante proposait l'hypothèse selon laquelle le bénéfice pragmatique de la conception participative (Carroll & Rosson, 2007) reposerait sur l'accès aux besoins et aux connaissances implicites des utilisateurs (Sanders, 2002). L'accès aux besoins implicites aurait dû mener à des interfaces plus utiles, et donc plus acceptables. Néanmoins, le concept UCD a recueilli de meilleurs scores d'acceptation que le concept PDWS, et les scores étaient aussi bons que ceux des concepts individuels. L'absence de différence significative pour la dimension de l'utilité du test d'acceptation est également intéressante. En effet, cela signifierait que le concept UCD a répondu aux besoins et aux attentes des utilisateurs. Une autre interprétation pourrait être que les conditions de cette étude n'ont pas permis d'accéder à ces besoins. En effet, les degrés de liberté de conception étaient limités

aux fonctions, à la taille, et aux représentations de l'information. En outre, les conducteurs ont préféré le tableau créé pour eux par les experts, plutôt que le tableau de bord créé pour eux par des conducteurs. Les experts, sur la base des activités d'analyse explicites, ont donc une bonne connaissance des besoins des utilisateurs et de leurs attentes. De même, il y a eu peu de différence entre les fonctionnalités incluses dans les tableaux de bord entre le concept UCD et les concepts participatifs (plus de 80% de fonctions communes).

L'accès aux connaissances tacites des utilisateurs aurait dû conduire à des interfaces plus utilisables et moins distrayantes. Cependant, le concept UCD a été perçu comme plus utilisable que le concept PDWS, et les mesures d'utilisabilité et de distraction visuelle étaient significativement meilleures qu'avec le concept PDWS. L'application des recommandations ergonomiques et une conception centrée sur l'utilisabilité seraient donc plus efficaces pour créer des interfaces utilisables, efficaces et non distrayantes qu'un atelier participatif collectif. En ce qui concerne les concepts individuels, ils ont été perçus comme aussi utilisables que le concept UCD. Néanmoins, l'utilisabilité objective mesurée était plus élevée, et la distraction visuelle inférieure, avec le concept UCD qu'avec les concepts PDInd. Il y a deux interprétations possibles à cette non-correspondance entre les aspects subjectifs et objectifs. L'utilisabilité perçue et l'utilisabilité réelle pourraient être totalement indépendantes. La conception participative individuelle résulterait en une augmentation de l'utilisabilité perçue, sans améliorer l'utilisabilité réelle. En ce sens, Tractinsky, Katz et Ikar (2000) ont proposé que l'utilisabilité réelle et perçue soient traitées séparément car elles évolueraient de façon indépendante. Deuxièmement, les conducteurs pourraient surestimer leur production. En effet, l'attrait pour le choix (Leotti, Iyengar, & Ochsner, 2010) et la prise de décision ont un impact sur l'expérience subjective, allant même jusqu'à une activation cérébrale des circuits associés à la motivation et à la récompense (Leotti & Delgado, 2011). Dans tous les cas, les ateliers de conception individuelle ont démontré des avantages subjectifs. Bien que les différences n'étaient pas significatives, après avoir testé les trois concepts, plus de la moitié des conducteurs ont classé leur concept en première position (52%), contre 33% pour le concept UCD, et 15% pour le concept PDWS. En ce qui concerne les mesures objectives et dans les conditions de cette étude, le fait que le concept UCD ait montré de meilleurs résultats indiquerait que les conducteurs auraient des méta-représentations incorrectes de ce qu'ils pourraient traiter de façon efficace et sécuritaire. Au contraire, les experts pourraient s'appuyer sur leurs connaissances et leur expertise pour concevoir des tableaux de bord efficaces et minimisant la distraction liée à leur usage. Ceci est conforme aux résultats de DeSmet et al. (2016) montrant que la conception participative peut être contre-productive en efficacité pour des applications médicales. En somme, les

experts ont su concevoir des tableaux de bord plus sécuritaires et efficaces que les conducteurs, et aussi (voire plus) utilisables et acceptables.

*La qualité ergonomique des interfaces est-elle impactée de la même manière selon la méthode participative mise en œuvre ?*

A nouveau, les mesures subjectives et objectives ont été impactées différemment entre les deux concepts participatifs.

Sur le plan subjectif, la différence entre les concepts résultant des deux méthodes participatives était très marquée. Les concepts individuels ont été perçus comme plus utilisables et acceptables que le concept PDWS. En outre, les conducteurs ont fortement préféré leur concept (plus de la moitié d'entre eux l'ont classé en premier), tandis que plus de la moitié des participants ont classé le concept PDWS en dernière position.

Sur le plan objectif, les écarts entre les deux concepts participatifs étaient réduits. Les différences semblaient isolées sur trois tâches, sans différence significative globale en termes d'efficacité et de distraction visuelle (variables combinées sur toutes les tâches).

La première considération au regard de ces résultats est que l'utilisabilité, la distraction et l'acceptation ne sont pas affectées de la même manière entre les deux méthodes participatives mises en œuvre. L'utilisabilité perçue et l'acceptation étaient nettement meilleures pour les concepts PDInd que pour le concept PDWS. Cela suggère que certaines méthodes PD seraient plus efficaces que d'autres. Cela correspond aux résultats rapportés par DeSmet et al. (2016) qui ont mis en évidence des différences d'efficacité selon les méthodes participatives appliquées. Il est donc essentiel d'étudier la conception participative en considérant la variété des méthodes possibles. En outre, ces résultats ont démontré une utilité et une intention d'utilisation accrues pour les conceptions personnelles par rapport au concept collectif. Trois interprétations sont possibles. Tout d'abord, comme mentionné ci-dessus, le choix et la prise de décision pourrait avoir une influence sur l'expérience subjective. Deuxièmement, les sessions de conception individuelle permettraient d'élucider les besoins individuels (Fan & Poole, 2006 ; Sleeswijk Visser et al., 2005), qui seraient spécifiques à chaque individu et non partagés collectivement. La troisième hypothèse serait que le groupe de quatre utilisateurs impliqués lors de l'atelier collectif n'aurait pas réussi à traduire les besoins des utilisateurs finaux (Mugge, Schoormans, & Schifferstein, 2009). Selon cette dernière hypothèse, les mécanismes de consensus et d'intelligence collective spécifiques aux ateliers en groupe (Sanoff, 2007) ne seraient pas aussi bénéfiques qu'attendu sur les résultats.

## Limites et ouvertures

Plusieurs limites sont à prendre en compte. Tout d'abord les limites liées à l'objet d'étude sont présentées, puis les limites liées aux méthodologies employées, pour finir sur des recommandations pour de futures recherches.

### *Limites liées à l'objet d'étude*

D'abord, plusieurs obstacles ont été rencontrés lors de la mise en place de la conception participative pour la conception d'IHM poids-lourd. En effet, la conception des IHM implique de nombreuses contraintes telles que des logiciels difficiles à utiliser, les interfaces ne sont pas de série et doivent couvrir toutes les configurations de véhicules, les aspects réglementaires doivent être pris en compte, des connaissances sont nécessaires sur les aspects techniques. Dans cette recherche, les conducteurs étaient représentatifs d'un sous-ensemble de conducteurs (identifié dans le cluster 1 du premier sous-projet), ils ont travaillé sur un sous-ensemble de fonctions (fonctions essentielles de conduite) et n'ont pas exploré tous les points abordés par les experts (e.g. profondeur des menus).

Deuxièmement, les trois concepts testés différaient en termes de niveau d'implication des utilisateurs pendant le processus de conception, mais également selon d'autres aspects. Les trois concepts ont été comparés afin d'évaluer indirectement la méthode de conception, mais il serait intéressant d'identifier et de spécifier les paramètres qui varient entre les différents concepts, tels que la densité de l'affichage qui peut affecter l'efficacité de la recherche visuelle (Moacdieh & Sarter, 2015), ou l'efficacité des représentations choisies pour chaque fonction. Il serait par exemple intéressant de sélectionner plusieurs critères permettant de caractériser une distance entre les concepts. Par exemple, cela permettrait d'estimer si le concept UCD avait un degré de différence plus élevé avec le concept PDWS qu'avec les concepts PDInd. En outre, cela permettrait de mettre en évidence les variables les plus impliquées dans les différences entre les concepts (e.g. densité visuelle, disposition, tailles, ou fonctions choisies). Pour cela, une analyse des correspondances multiples pourrait être réalisée.

### *Limites liées aux processus implémentés*

D'autres méthodes auraient pu être étudiées. Spinuzzi (2005) a proposé trois critères pour évaluer les processus de conception participative impliquant des travailleurs industriels: la qualité de vie des travailleurs (i.e. améliorer la qualité de vie des travailleurs, en termes d'autonomisation organisationnelle et de facilité d'exécution de leur tâche), le développement collaboratif (i.e. les utilisateurs sont pleinement impliqués, avec la détermination d'une langage et des objectifs communs), et enfin un processus itératif (i.e. participation continue des travailleurs pendant plusieurs étapes assurant une réflexion soutenue). Pour transférer cette idée à notre cas d'étude, les critères seraient : une meilleure qualité des IHM, une implication active des conducteurs, et un processus itératif à travers les différentes étapes du processus. Les trois critères ont été respectés dans cette recherche. Cependant, il existe de nombreuses autres façons de collecter un résultat correspondant à une conception centrée sur l'utilisateur (e.g. avec d'autres ou plus d'experts, plus d'itérations, plus de conducteurs évaluant les concepts), ou pour obtenir un résultat participatif sur le même cas de conception (e.g. différents rôles pour les utilisateurs et les experts, d'autres activités de conception, un nombre plus élevé de conducteurs impliqués). Il serait intéressant de collecter des données sur d'autres processus UCD et PD afin de valider ces résultats.

De même, d'autres rôles auraient pu être testés concernant la conception participative. Dans ce projet, des rôles spécifiques ont été expérimentés, avec un design *par* les utilisateurs au sens strict. En effet, les conducteurs jouaient pleinement leur rôle de concepteurs, et les experts avaient un rôle de facilitateurs. Nous avons expérimenté ces rôles pour plusieurs raisons : (1) les progrès technologiques ont permis l'émergence de tels rôles, (2) cela faisait partie de l'aspect moral de la conception participative (donner du pouvoir aux utilisateurs), (3) pour ne pas entraver la liberté d'expression des utilisateurs par des aspects sociaux ou des contraintes techniques avancées par les experts, et (4) pour les perspectives que cela pouvait ouvrir sur la personnalisation des tableaux de bord. Certains des tableaux de bord participatifs n'auraient jamais été produits par des experts et ont entraîné une grande satisfaction du côté des conducteurs. Ces données sont donc une contribution intéressante pour les experts. Cependant, l'ISO 9241-210 (2010) suggère que « l'efficacité de la participation des utilisateurs augmente à mesure que l'interaction entre les développeurs et les utilisateurs augmente ». De plus, Ehn (1993) a proposé que les avantages de la conception participative reposeraient sur la rencontre entre les connaissances tacites des utilisateurs et les connaissances analytiques plus abstraites des experts. Dans cette recherche, cette combinaison des deux types de connaissances a peut-être été manquante. Une collaboration avec des rôles équivalents entre les experts et les utilisateurs permettrait de combiner les connaissances et les compétences des concepteurs (e.g. point de vue holistique, connaissance des coûts, des contraintes techniques, de l'image de marque, des

facteurs humains et des recommandations ergonomiques) avec la connaissance des utilisateurs (i.e. expertise du contexte d'utilisation, expérience avec d'autres marques et dispositifs, certainement plus à l'aise avec les compromis, perspective individuelle).

### *Perspectives de recherche*

Les effets à long-terme devraient être évalués. Clement et Van den Besselaar (1993) ont rapporté le manque de données sur les effets à long terme de la conception participative. Faute de temps, cet aspect n'a pas pu être abordé dans ce projet. Néanmoins, ces données sont essentielles pour évaluer les effets de l'implication de l'utilisateur au fil du temps, avec de potentielles adaptations comportementales. En outre, dans cette étude, le délai entre la conception individuelle et la phase d'évaluation des concepts était réduit. Bien que cela correspondrait à un contexte réel de personnalisation, et bien que cet effet ait été réduit par les temps de familiarisation avec les deux autres concepts, d'autres études pourraient augmenter ce délai. De plus, des études antérieures ont rapporté des évolutions d'utilisabilité au fil du temps (e.g. Guerreiro, Nicolau, Jorge, & Gonçalves, 2009 ; Sonderegger, Zbinden, Uebelbacher, & Sauer, 2012 ; Von Wilamowitz-Moellendorf, Hassenzahl, & Platz, 2006). Karapanos, Zimmerman, Forlizzi et Martens (2009) ont proposé un modèle de l'utilisation d'un produit au fil du temps composé de trois phases : l'orientation (première expérience de l'utilisateur avec le produit), l'incorporation (intégration du produit dans la vie quotidienne de l'utilisateur), et l'identification (produit fait partie de l'identité de soi de l'utilisateur). Il a suggéré que la première phase serait affectée par l'esthétique et la facilité d'apprentissage du produit, la deuxième phase par l'utilisabilité à long terme et l'utilité, et la dernière phase par des aspects sociaux et personnels. Une étude à long terme portant sur ces trois phases serait également un indicateur intéressant sur la durabilité des approches de conception.

Enfin, la conception participative individuelle ouvre des perspectives pour la personnalisation des tableaux de bord. Fan et Poole (2006) ont indiqué que l'un des moyens de tirer le meilleur parti des besoins individuels de l'utilisateur est de permettre à l'utilisateur de personnaliser explicitement le produit. En outre, Normark (2015) a proposé un équipement expérimental proche de celui utilisé dans cette étude afin d'étudier la personnalisation des interfaces voitures à l'aide d'un écran tactile. Il a reporté un effet positif sur l'expérience subjective des conducteurs. Les résultats de ce projet ont montré un fort niveau d'utilisabilité et d'acceptation pour les concepts individuels, corroborant cette idée. Cependant, contrairement à l'hypothèse suggérée par Marcus (2004), les concepts individuels n'ont pas permis une réalisation des tâches plus rapide et plus sécuritaire que pour le concept issu de la conception centrée sur l'utilisateur. De futures recherches pourraient explorer les effets

des différents niveaux de personnalisation du tableau de bord sur les critères d'efficacité et de distraction.

## **Conclusion**

Les avantages de la conception participative rapportés dans d'autres domaines ont ouvert des perspectives d'optimisation de la qualité ergonomique des IHM poids-lourd. À l'aide d'un outil de prototypage tactile sur simulateur de conduite, trois concepts de tableaux de bord ont été générés. La conception centrée sur l'utilisateur correspondait à un niveau d'implication consultatif. Deux méthodes participatives ont été mises en œuvre : un atelier collectif et des sessions individuelles, correspondant à un niveau d'implication participatif. Les résultats ne permettent pas de démontrer qu'une conception participative a un impact significatif sur l'utilisabilité, la distraction et l'acceptation. Le concept issu de la conception centrée sur l'utilisateur s'est révélé plus efficace, plus sûr, et aussi – voire plus – utilisable et acceptable que les concepts participatifs. En outre, des différences ont été montrées entre les deux méthodes participatives mises en œuvre, appelant à une étude approfondie des méthodes participatives utilisées. Enfin, les résultats ont démontré l'importance de mesurer de façon conjointe les aspects subjectifs et objectifs, qui se sont révélés indépendants et complémentaires. À un niveau plus global, ces résultats questionnent la capacité des utilisateurs à décider pour eux-mêmes et invitent à étudier plus en détail les déterminants des avantages subjectifs de la conception participative. Par exemple, si les avantages reposaient principalement sur la possibilité de choisir et de prendre des décisions, proposer plusieurs concepts conçus par des experts suffirait à améliorer l'expérience des utilisateurs sans impacter les aspects objectifs.