



**HAL**  
open science

**Processus, méthodes et outils de développement centré  
utilisateur : contributions à la réduction des gaps  
recherche-pratique en conception et évaluation des IHM  
automobiles embarquées**

Fares Zaidi

► **To cite this version:**

Fares Zaidi. Processus, méthodes et outils de développement centré utilisateur : contributions à la réduction des gaps recherche-pratique en conception et évaluation des IHM automobiles embarquées. Psychologie. Université de Lorraine, 2020. Français. NNT : 2020LORR0303 . tel-03773746

**HAL Id: tel-03773746**

**<https://hal.univ-lorraine.fr/tel-03773746>**

Submitted on 23 Feb 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



## AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : [ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr](mailto:ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr)

## LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

[http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg\\_droi.php](http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php)

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>



UNIVERSITÉ  
DE LORRAINE



Ecole doctorale « Sociétés, Langages, Temps, Connaissances » (ED78 SLTC)

Laboratoire PErSEUs (EA 7312)

# Processus, méthodes et outils de développement centré utilisateur

*Contributions à la réduction des gaps recherche-pratique en  
conception et évaluation des IHM automobiles embarquées*

Thèse de l'Université de Lorraine

Soutenue par Fares ZAIDI

En vue de l'obtention du Doctorat en Ergonomie

Le mardi 8 décembre 2020

Sous la direction de Christian BASTIEN, Professeur des Universités

## Jury

M. BASTIEN, J. M. Christian, Pr, Université de Lorraine, Directeur de thèse  
Mme LOUP-ESCANDE, Emilie, MCF-HDR, Université de Picardie Jules Verne, Rapporteur  
M. NELSON, Julien, MCF-HDR, Université de Paris, Président  
M. TIJUS, Charles, Pr, Université Paris 8, Rapporteur  
M. MOISELET, Laurent, Expert IHM, Renault, Directeur scientifique

## Invités

Mme THIANCHE, Emmanuelle, Manager de l'équipe « Ergonomie IHM et cognitive UX », Renault  
M. CHALANDON, Xavier, *HMI Ergonomics Alliance Single Technical Leader (ASTL)*, Renault-Nissan



*« La théorie sans la pratique est inutile, la pratique sans la théorie est aveugle. »*

Emmanuel Kant–

*« Oh, East is East, and West is West, and never the twain shall meet. »*

Rudyard Kipling–



# Remerciements

Ce manuscrit est le fruit de trois années de recherches passionnantes, qui doit son aboutissement à l'appui et participation d'un certain nombre de personnes. Je tiens à les remercier ici.

Tout d'abord, je souhaite remercier mes encadrants de thèse. Je remercie M. Christian BASTIEN pour m'avoir fait l'honneur de m'accueillir au sein de son laboratoire, d'avoir accepté de diriger cette thèse et pour sa confiance tout au long du projet. Par ailleurs, je lui suis reconnaissant pour son encadrement de qualité depuis le master d'ergonomie et ingénierie des facteurs humains de l'année universitaire 2014/2015. Je remercie sincèrement mes encadrants Renault qui m'ont accueilli, formé et fait confiance durant les trois années de thèse. Merci à Mme Emmanuelle THIANCHE (Manager de l'équipe « *Ergonomie IHM et cognitive UX* »), à M. Laurent MOISELET (Expert IHM) et à M. Xavier CHALANDON (Expert Leader IHM). Merci pour tout le temps consacré à l'avancement des travaux, à nos réunions quinzomadaires, toujours dans la bonne humeur, très enrichissantes que ce soit sur le plan professionnel que personnel.

Mes remerciements vont également aux membres du jury, à savoir Mme Émilie LOUP-ESCANDE, M. Julien NELSON et M. Charles TIJUS. Merci de l'intérêt, de l'attention et l'honneur que vous me faites en évaluant ce travail.

Par ailleurs, les recherches présentées ici ayant été réalisées au sein l'équipe « *Ergonomie IHM et Cognitive UX* » de Renault, je tiens à remercier tous ses membres – ainsi que les prestataires IHM – auprès de qui, de manière directe ou indirecte, j'ai énormément appris sur le monde de l'automobile, sur la conception des IHM et, surtout, sur les relations humaines dans le monde de l'entreprise. Merci par ailleurs pour votre énergie positive et bonne humeur « légendaire » qui m'ont porté ces trois années.

À titre personnel, je tiens à exprimer ma gratitude et remercier ma famille, notamment mes parents, pour leur soutien indéfectible durant toutes ces années d'études. Bien entendu, j'adresse aussi mes remerciements, et non les moindres, à mon épouse, Syria. Merci pour ton soutien et tes encouragements constants durant les moments difficiles.

Enfin, pour ne risquer d'oublier personne, je tiens à remercier ici tous ceux que je ne citerai pas.



# Résumé

Les véhicules automobiles modernes sont dotés d'un nombre considérable et croissant de systèmes embarqués qui deviennent de plus en plus sophistiqués et complexes. Pour interagir avec ces systèmes, les utilisateurs s'appuient sur leurs Interfaces Homme-Machine qui ont connu, proportionnellement au développement de ces mêmes systèmes, une évolution notable, que ce soit en type ou en complexité. Dans ce contexte, la qualité ergonomique et l'utilisabilité de ces IHM est un enjeu majeur concernant à la fois, l'acceptabilité des systèmes embarqués, leur sécurité d'utilisation en conduite ainsi que la satisfaction des clients.

Afin de garantir une qualité ergonomique optimale, les constructeurs automobiles, dont le Groupe Renault, ont amélioré et augmenté la logique classique de développement grâce aux principes et moyens de la conception centrée utilisateur. Or, en dépit de cette approche de développement centrée utilisateur, ils subsistent encore des problèmes d'utilisabilité des IHM automobiles que les clients expriment sous forme de plaintes.

Dans le cadre de cette thèse, après reformulation de la demande de notre partenaire industriel, nous traitons la question des plaintes clients et défauts ergonomiques sous la problématique du *gap* recherche-pratique. On s'est intéressé, plus particulièrement, aux processus et méthodes d'ergonomie cognitive. Nous avons, tout d'abord, conduit un diagnostic sur les plaintes client composé de quatre étapes. La première étape a permis de mettre en exergue le périmètre multimédia comme porteur d'enjeux ergonomiques conséquents, notamment pour les années à venir. La deuxième étape a permis, après analyse des *feedbacks* sur les différents systèmes multimédias du Groupe Renault, de déterminer les dimensions ergonomiques problématiques qui pénalisent leur utilisabilité, puis d'en sélectionner le top six pour une analyse plus approfondie dans le cadre de la troisième étape. Cette dernière a permis d'identifier puis analyser les processus, méthodes et outils dont se servent les ergonomes internes, notamment pour garantir le respect du top six des dimensions ergonomiques problématiques. Ainsi, nous avons pu mettre en évidence la problématique du *gap* recherche-pratique dans le contexte spécifique de la conception et évaluation des IHM automobiles embarquées ; un *gap* qui concerne notamment l'architecture de l'information (AI) des systèmes d'info-divertissement. En conséquence, dans la dernière étape du diagnostic, nous avons proposé un plan de recherche-action en vue de réduire le *gap* constaté et remédier aux carences méthodologiques identifiées.

Le plan de recherche-action est composé de deux approches complémentaires et conformes aux deux modalités de production du savoir ergonomique. La première est la réponse directe au *gap* concernant l'architecture de l'information. Elle vise, au travers d'une série de trois études, à tester l'efficacité de la méthode du tri de cartes dans le contexte particulier des systèmes automobiles embarqués. La première étude a pour objectif d'identifier, précisément, les composantes problématiques de l'AI actuelle du R-Link 2. La deuxième étude, quant à elle, vise à reconcevoir l'AI du R-Link 2 en s'appuyant sur la méthode du tri de cartes. Enfin, la troisième étude vise à comparer les deux AI pour déterminer, si oui ou non, le tri de cartes a permis une amélioration significative de l'utilisabilité du R-Link 2. La deuxième approche du plan de recherche-action, quant à elle, vise à réduire les *gaps* concernant d'autres aspects ergonomiques des IHM embarquées et à questionner les productions de la communauté scientifique au travers des besoins des praticiens. Dans le cadre de cette approche, plusieurs études de cas ont été conduites. Elles concernent divers périmètres et problématiques de conception.

Enfin, nous concluons par des recommandations visant à réduire les *gaps* recherche-pratique.

# Abstract

Modern cars are equipped with a considerable and growing number of embedded systems which are becoming more and more sophisticated and complex. To interact with these systems, users rely on their Human-Machine Interfaces (HMI) which have undergone a notable evolution, whether in type or complexity. In this context, the ergonomic quality and usability of these HMIs are a major issue concerning the acceptability of embedded systems, their safety of use while driving as well as customers' satisfaction.

Consequently, in order to guarantee optimal ergonomic quality, car manufacturers, including Groupe Renault, have improved the classic development logic (V-cycle) thanks to the principles of user-centered design (e.g. iterative design, involvement of users...) and its resources (design and evaluation methods, tools...). However, despite this user-centric approach, there are still usability issues about automotive HMIs that customers express in the form of complaints.

As part of this thesis, after reformulating the request from our industrial partner Renault, we are tackling the customers' complaints issue and ergonomic defects under the research-practice gap problematic. We are particularly interested in the cognitive ergonomics processes and methods. First, we conducted a diagnosis on customers' complaints consisting of four steps. The first step, "Framing", made it possible to highlight the infotainment perimeter, as a carrier of significant ergonomic issues, especially for the upcoming years. The second step, "Analysis", made it possible, after analyzing feedback on the various Groupe Renault infotainment systems, to determine the problematic ergonomic dimensions that penalize their usability, then to select the top six for a more in-depth analysis in the third step: Investigation. The latter made it possible to identify, then analyze the processes, methods and tools used by internal ergonomists, in particular to ensure compliance with the top six of the problematic ergonomic dimensions. Thus, we were able to highlight the problem of the research-practice gap in the specific context of the automotive embedded HMI design and evaluation; a gap that concerns in particular the information architecture (AI) of infotainment systems. Consequently, in the last stage of the diagnosis, we proposed a research-action plan in order to reduce the observed gap and remedy the identified methodological deficiencies. The research-action plan is made up of two complementary approaches. The first, and main approach, is the direct response to the information architecture gap. It aims, through a series of three studies, to test the effectiveness of the "card sorting" method in the specific context of embedded automotive systems. The first study aims to identify, precisely, the problematic components of the current AI of R-Link 2. The second study aims to redesign the AI of R-Link 2 by relying on the card sorting method. Finally, the third study aims to compare the two AIs to determine, whether or not the card sorting method allowed a significant improvement in the usability of the R-Link 2. The second approach of the research-action plan aims to reduce the gaps concerning other ergonomic aspects of embedded HMIs and question the outputs of the scientific community, in particular their relevance, through the needs of ergonomists. Within the framework of this approach, several case studies were conducted. They concern various perimeters and design issues. Finally, we conclude with recommendations aimed at reducing the research-practice gaps.



## Table des matières

<b>Remerciements</b> .....	<b>5</b>
<b>Résumé</b> .....	<b>7</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>8</b>
<b>I. Introduction</b> .....	<b>18</b>
1.1. Cadre de la thèse .....	18
1.2. Demande et problématique opérationnelles .....	21
1.3. Organisation du manuscrit .....	22
<b>II. Systèmes et Interfaces Humain-Machine embarqués à bord des véhicules automobiles</b> .....	<b>25</b>
2.1. Systèmes embarqués .....	25
2.1.1. Bref historique .....	25
2.1.2. Classification des systèmes embarqués.....	26
2.1.3. Discussion.....	27
2.2. Interfaces Humain-Machine embarquées.....	28
2.2.1. <b>Bref historique</b> .....	28
2.2.2. Classification des IHM embarquées.....	30
2.2.2.1. Interfaces de commande .....	30
2.2.2.2. Interfaces d'affichage.....	31
2.2.3. Discussion.....	32
2.3. Considérations ergonomiques en conception des IHM embarquées .....	33
2.3.1. De l'ergonomie physique... ..	33
2.3.2. ... à l'ergonomie cognitive.....	34
2.4. Discussion .....	35
<b>III. Développement des Interfaces Humain-Machine embarquées</b> .....	<b>36</b>
3.1. Processus de conception .....	36
3.1.1. Ingénierie Système – Cycle en V.....	36
3.1.2. Processus de conception centrée sur l'utilisateur .....	38
3.1.2.1. Processus génériques.....	38
3.1.2.1.1. ISO 9241-210.....	38
3.1.2.1.2. EQUID Design Process.....	40
3.1.2.2. Processus spécifiques à l'automobile .....	42

3.1.2.2.1.	Code of Practice ADAS .....	42
3.1.2.2.2.	BMW iDrive Development Process .....	43
3.2.	Méthodes d'appui aux processus de CCU .....	44
3.2.1.	Méthodes génériques .....	45
3.2.1.1.	Conception .....	46
3.2.1.2.	Evaluation.....	47
3.2.2.	Méthodes spécifiques aux IHM automobiles .....	49
3.2.2.1.	Conception .....	49
3.2.2.2.	Evaluation.....	50
3.3.	Discussion .....	52
<b>IV.</b>	<b>Problématique.....</b>	<b>57</b>
4.1.	Introduction.....	57
4.2.	Ergonomie : la discipline scientifique .....	57
4.3.	Ergonomie : la profession.....	59
4.4.	Discipline et profession : schisme et <i>gap</i> à forts enjeux .....	62
4.4.1.	Bref historique du <i>gap</i> recherche-pratique en ergonomie/FH.....	62
4.4.2.	Causes du <i>gap</i> recherche-pratique .....	63
4.5.	Discussion .....	65
<b>V.</b>	<b>Gap(s) recherche-pratique en développement des IHM automobiles embarquées .....</b>	<b>70</b>
5.1.	Démarche de diagnostic .....	70
5.2.	Résultats et enseignements .....	72
5.2.1.	Cadrage – Multimédia, un périmètre à forts enjeux .....	72
5.2.2.	Analyse – Architecture de l'information des systèmes multimédia, une problématique ergonomique commune aux constructeurs automobiles .....	73
5.2.1.1.	Analyse macroscopique .....	74
5.2.1.2.	Analyse microscopique .....	75
5.2.1.3.	Discussion.....	79
5.2.2.	Investigation.....	81
5.2.2.1.	Processus.....	82
5.2.2.1.1.	Processus de haut niveau .....	82
5.2.2.1.2.	Processus intermédiaires .....	85
5.2.2.1.3.	Processus de bas niveau .....	89
5.2.2.2.	Méthodes et outils .....	90

5.2.2.2.1.	Méthodes de conception .....	90
5.2.2.2.2.	Méthodes d'évaluation .....	91
5.2.2.2.3.	Outils de développement .....	91
5.2.2.3.	Discussion.....	92
5.2.3.	Action – Plan de recherche-action en vue de réduire les gaps.....	94
5.3.	Discussion .....	95

## **VI. Architecture de l'information des systèmes automobiles d'info-divertissement**

### **97**

6.1.	Analyse de l'architecture de l'information du système R-Link 2.....	97
6.1.1.	Introduction et objectifs .....	97
6.1.2.	Méthodologie.....	98
6.1.2.1.	Participants .....	98
6.1.2.2.	Matériel.....	98
6.1.2.3.	Tâches .....	100
6.1.2.4.	Mesures.....	100
6.1.2.5.	Procédure.....	101
6.1.3.	Résultats.....	102
6.1.3.1.	Résultats globaux .....	103
6.1.3.2.	Résultats par tâches .....	106
6.1.4.	Discussion.....	127
6.2.	Reconception de l'architecture de l'information du système R-Link 2 .....	131
6.2.1.	Introduction et objectifs .....	131
6.2.2.	Méthodologie.....	131
6.2.2.1.	Sujets.....	131
6.2.2.2.	Matériel.....	132
6.2.2.3.	Procédure.....	133
6.2.2.4.	Données collectées .....	134
6.2.3.	Résultats.....	134
6.2.4.	Discussion.....	141
6.3.	Test de la nouvelle architecture de l'information du R-Link 2.....	142
6.3.1.	Introduction et objectif.....	142
6.3.2.	Hypothèses.....	142
6.3.3.	Méthodologie.....	142
6.3.3.1.	Sujets.....	142
6.3.3.2.	Matériel.....	143

6.3.3.3.	Tâches .....	143
6.3.3.4.	Plan expérimental et mesures .....	144
6.3.3.5.	Procédure.....	145
6.3.4.	Résultats.....	147
6.3.5.	Discussion.....	154
<b>VII.</b>	<b>Études de cas .....</b>	<b>155</b>
7.1.	Pictogrammes et symboles graphiques .....	155
7.1.1.	Contexte et objectifs.....	155
7.1.2.	Démarche d'intervention.....	156
7.1.3.	Résultats.....	156
7.1.4.	Discussion.....	162
7.2.	IHM des boîtes de vitesses automatiques.....	163
7.2.1.	Contexte et objectifs.....	163
7.2.2.	Démarche d'intervention.....	163
7.2.3.	Résultats.....	164
7.2.4.	Discussion.....	174
<b>VIII.</b>	<b>Discussion générale et perspectives.....</b>	<b>178</b>
8.1.	Synthèse .....	178
8.2.	Apports.....	179
8.2.1.	Apports théoriques et méthodologiques.....	179
8.2.2.	Apports industriels.....	181
8.3.	Recommandations en vue de réduire le <i>gap</i> recherche-pratique .....	182
8.4.	Limites et perspectives .....	186
	<b>Bibliographie.....</b>	<b>191</b>
	<b>Glossaire .....</b>	<b>197</b>
	<b>Liste des figures.....</b>	<b>198</b>
	<b>Liste des tableaux.....</b>	<b>201</b>





**PARTIE 1**

***DESIGN SPACE***



# I. Introduction

## 1.1. Cadre de la thèse

Depuis plus de 115 ans, Renault conçoit, fabrique et vend des véhicules dans plus de 118 pays. Le Groupe Renault est aujourd'hui présent sur les 5 continents au travers de 5 marques et divers partenariats stratégiques : AVTOVAZ (en Russie) et Daimler. Le Groupe Renault c'est aussi depuis 1999 une alliance unique dans le monde de l'automobile avec Nissan et, depuis 2016, avec Mitsubishi.



Figure 1. Les différentes marques du Groupe Renault. De gauche à droite : Renault, Dacia, Renault Samsung Motors, Alpine et Lada.

Le Groupe Renault a vendu en 2018 plus de 3,9 millions de véhicules. Afin de concevoir des véhicules automobiles de qualité, **centrés sur les besoins et les attentes de ses clients** et au meilleur niveau de compétitivité, le Groupe Renault s'appuie sur divers métiers (Design, Commerce...), dont l'Ingénierie produit. Cette dernière s'articule autour de 2 composantes : l'ingénierie centrale (Technocentre de Guyancourt, France) et des centres de développement situés au plus proche des grands marchés (Amérique, Corée, Roumanie, Espagne, Inde).

La présente thèse CIFRE<sup>1</sup> s'est déroulée au sein du Technocentre, principal centre de recherche du Groupe et premier centre R&D en Europe. Implanté sur 150 hectares de terrain dans les Yvelines, le Technocentre de Guyancourt a ouvert ses portes en 1998. Il a pour vocation de rassembler sur un site unique toutes les compétences et les technologies liées à la conception des véhicules du Groupe. Depuis 2010, le site regroupe à la fois l'amont (la R&D et l'ingénierie) et l'aval (le commerce et le marketing). Ses 11000 collaborateurs (à fin 2018) travaillent sur toutes les étapes des projets véhicules, depuis les études préliminaires jusqu'au dernier prototype prêt au montage en usine, avec pour objectifs de mettre l'innovation au cœur du développement, d'améliorer sans cesse la qualité, de réduire les coûts/délais et de promouvoir l'internationalisation des modèles du Groupe.

L'ensemble des compétences et collaborateurs impliqués dans le développement des véhicules du Groupe est structuré en Directions, Services et UET (Unité Élémentaire de Travail). La « Direction de l'Ingénierie des Prestations Clients » (DEA-TP), par exemple, a pour missions de :

- **Contribuer à la satisfaction du client** et à la pérennité de l'entreprise en caractérisant les exigences des prestations<sup>2</sup> attendues par le client (ex. aides à la conduite, info-divertissement...)

<sup>1</sup> Convention Industrielle de Formation par la Recherche.

<sup>2</sup> « Ensemble de ce qu'attend une personne d'une automobile, de ce qu'elle peut ressentir en regardant ou en utilisant un véhicule, de ce dont elle peut parler en bien ou en mal à son propos ». *Source* : Présentation interne de la « Direction de l'Ingénierie des Prestations Clients ».

- Contribuer à la rentabilité des projets dans le respect des attentes des clients sur les marchés cibles.

La DEA-TP accueille le service « *Life on Board* » (DEA-TPB), qui se compose de trois UET, dont l'équipe « **Ergonomie IHM et cognitive UX** » (DEA-TPB2). Cette dernière, qui sera désignée par « équipe » dans le reste du manuscrit, est l'unité hôte du présent projet CIFRE. C'est au sein de cette équipe que, pendant trois ans, les travaux de recherches ont été conduits.

L'équipe contribue à la satisfaction client par l'application de connaissances ergonomiques au cours des phases de développement des véhicules du Groupe Renault. Plus précisément, elle a pour responsabilité la facilité d'utilisation (i.e. utilisabilité) des Interfaces Humain-Machine (IHM) des différents systèmes embarqués dans ces véhicules. Aussi, elle vise à proposer des IHM innovantes, intuitives et compatibles avec l'activité de conduite.

Dans cette perspective, l'équipe mène, de manière générale, deux types d'activités : des activités corrélées au processus global de développement des véhicules du Groupe ; et des activités hors cycle. Les activités corrélées au cycle de conception consistent par exemple à :

- Définir et déployer des exigences en matière d'ergonomie IHM afin d'assurer la facilité d'utilisation des véhicules et systèmes embarqués,
- Veiller à l'atteinte des objectifs d'utilisabilité des IHM,
- Appliquer les meilleures pratiques en termes de processus, méthodes et outils en conception et évaluation des IHM embarquées,
- Conduire des études et expérimentations pour résoudre les problèmes ergonomiques,
- Soutenir les projets (innovation, systèmes transversaux...) dans le périmètre de l'ergonomie cognitive et fournir un appui aux décideurs (Programme, Équipes Projet...) tout au long du processus de développement,

Quant aux activités hors cycle, elles englobent les missions suivantes :

- Développement de connaissances relatives à l'ergonomie cognitive appliquées aux IHM automobiles (guidelines, méthodes, outils...),
- Contribution à l'innovation dans le périmètre IHM,
- Analyse de la concurrence (*Benchmarking*),
- Analyse des enquêtes clients (*New Car Buyer Survey* « NCBS », *New European Vehicle Quality Survey* « NEVQS », *First Buyer Satisfaction Survey* « FBSS » ...)
- Veille stratégique (presse et magazines spécialisés ; rapports de cabinets de conseil stratégique (ex. SBD, Strategy Analytics, Gartner, JDPower...)).

Du point de vue fonctionnel, l'équipe est organisée en trois grands périmètres : ADAS (*Advanced Driver Assistance Systems*) ; *Driver Information* ; et Multimédia (ou info-divertissement).

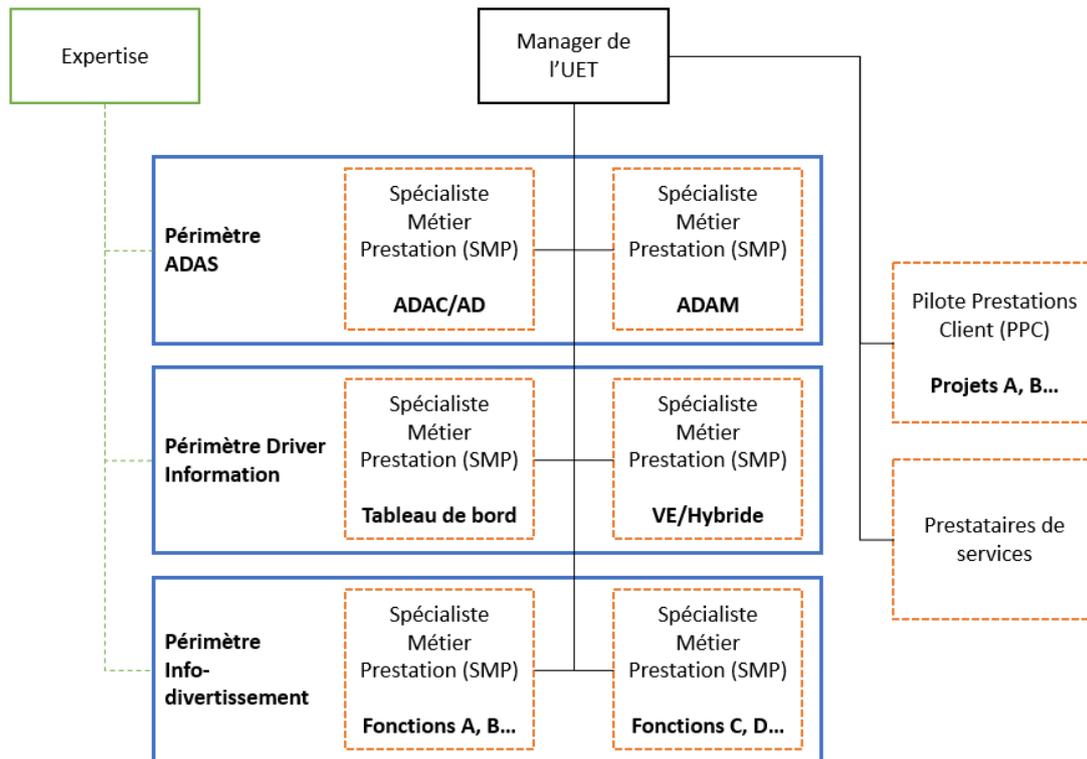


Figure 2. Organisation hiérarchique et fonctionnelle de l'équipe « Ergonomie IHM et Cognitive UX ».

Le périmètre ADAS concerne toutes les prestations/fonctions d'assistance au conducteur. Il englobe, comme l'illustre la figure ci-dessus, les aides à la conduite (ADAC) à l'instar de l'ACC (*Adaptive Cruise Control*<sup>3</sup>) et la conduite autonome (AD). Aussi, il englobe les fonctions d'aides à la manœuvre (ADAM) comme le HFP (*Hand-Free Parking*<sup>4</sup>) et le PSM (*Parking Slot Measurement*<sup>5</sup>). Le périmètre *Driver Information* concerne les prestations/fonctions<sup>6</sup> hébergées par le tableau de bord ainsi que les prestations spécifiques aux VE (véhicules électriques) et hybrides. Le dernier périmètre, info-divertissement/Multimédia<sup>7</sup>, concerne toutes les prestations/fonctions hébergées par l'écran tactile se situant au milieu du cockpit.

Par ailleurs, il existe au sein de l'équipe deux rôles : le **SMP** (Spécialiste Métier Prestation) et le **PPC** (Pilote Prestations Client). Le SMP, ayant en charge une ou plusieurs prestations/fonctions, est responsable de la définition de la politique métier en ergonomie cognitive. Le PPC, quant à lui, assure la définition et l'atteinte des cibles prestations pour un ou plusieurs projets donnés. Il défend, aussi, la politique métier dans les instances projets en s'appuyant sur les connaissances métiers des SMP. De plus amples explications sur l'activité des SMP et PPC seront apportées en section **5.2.3**.

3 Régulateur de vitesse adaptatif

4 Parking mains libres

5 Mesure de place de parking

6 Dans le cadre du présent manuscrit nous utiliserons les deux terminologies comme synonymes : Prestation = fonction.

7 Dans le cadre du présent manuscrit nous utiliserons les deux terminologies comme synonymes : Multimédia = Info-divertissement.

## 1.2. Demande et problématique opérationnelles

Comme on vient de l'exposer, l'une des activités majeures de l'équipe consiste à analyser les plaintes clients, récoltées au travers de plusieurs canaux. En effet, le Groupe Renault, ainsi que d'autres constructeurs automobiles, mènent plusieurs types d'enquêtes afin de mesurer le niveau de satisfaction/insatisfaction de leurs clients et, notamment, récolter leurs plaintes sous forme de verbatim. Les enquêtes (ex. NEVQS, NCBS, FBSS...) sont menées à différentes échelles temporelles (après 1, 3, 6 et/ou 12 mois d'usage) et sur différents marchés (Europe, Russie, Asie...).

Actuellement, au sein de l'équipe, l'enquête sur laquelle on s'appuie le plus est l'enquête NEVQS. C'est une enquête multi constructeurs (Renault, PSA, Ford, VW, Mercedes, Audi...) réalisée par IPSOS<sup>8</sup> dans six pays (France, UK, Allemagne, Espagne, Italie et Russie). Elle est basée sur l'évaluation de la satisfaction client après trois et douze mois d'usage en recensant l'ensemble des plaintes, dont elle mesure le nombre pour mille véhicules (N‰) sur divers périmètres, à l'instar de l'ergonomie des IHM. Grâce à ce KPI<sup>9</sup> il est possible, comme on peut le voir sur la figure ci-dessous, de se positionner par rapport à la concurrence, suivre et piloter la qualité ergonomique des IHM du Groupe du point de vue utilisateur, car c'est un KPI qui se base sur les retours directs des clients.

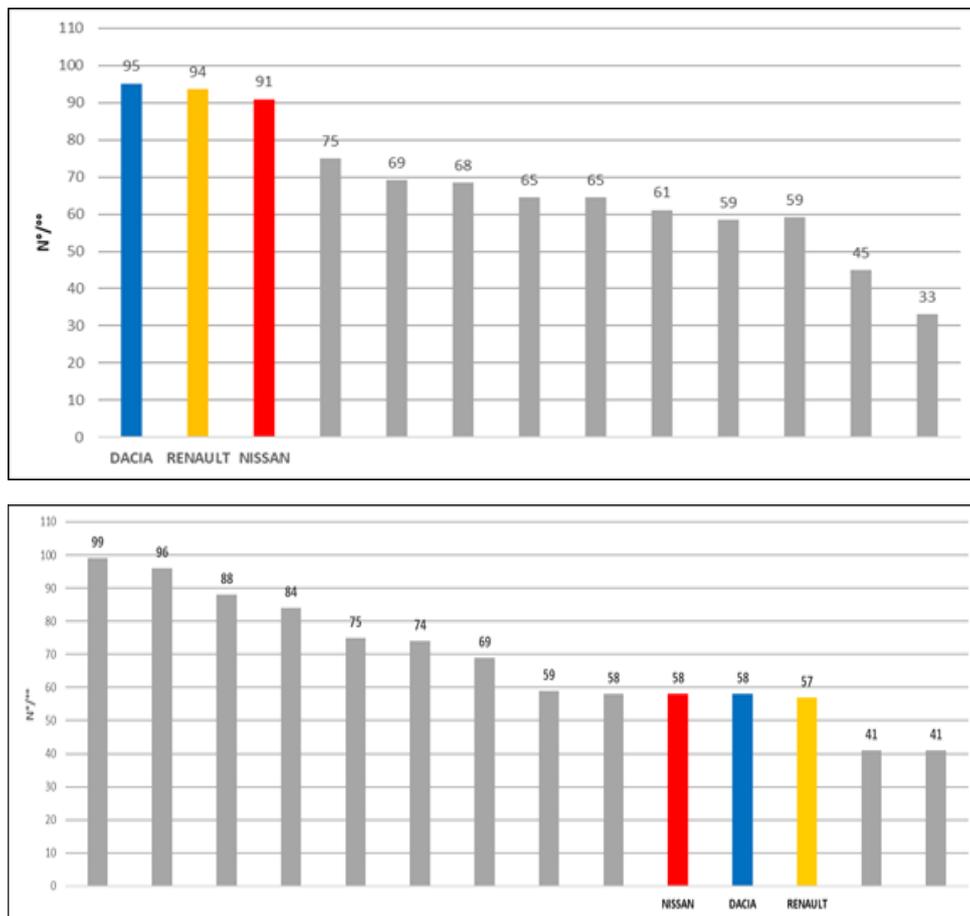


Figure 3. Résultats de l'enquête NEVQS G2 (France/Allemagne)<sup>10</sup>. En haut, résultats au 1er trimestre de 2014 ; en bas résultats au 4ème trimestre de 2018.

<sup>8</sup> Entreprise internationale de sondages et de marketing d'opinion.

<sup>9</sup> Key Performance Indicator ; indicateur clé de performance.

<sup>10</sup> Pour des raisons de confidentialité, nous ne pouvons divulguer le taux de plaintes des autres constructeurs automobiles.

Comme on peut le constater sur la figure ci-dessus, les deux marques du Groupe Renault (Dacia : en bleu ; Renault : en jaune) occupaient les 1<sup>ères</sup> positions en termes de plaintes clients sur le volet IHM au 1<sup>er</sup> trimestre de 2014, avec un taux de 94 N‰ pour la marque Renault.

Face à ce constat, le Groupe a mis en place un ensemble de contremesures et de plans d'actions, notamment au niveau métier (ex. renforcement des règles de conception, tests utilisateurs, analyses de la concurrence...) qui permet d'inverser la tendance au 4<sup>ème</sup> trimestre de 2018 avec une progression notable. En effet, le taux de plaintes pour les deux marques chute à 58 N‰ pour Dacia et 57 N‰ pour Renault, qui consolide sa position autour des 60 N‰ depuis 2 ans. Cependant, malgré ces résultats positifs et la progression notable de la qualité ergonomique des IHM du Groupe, Renault, dans une démarche d'amélioration continue, s'interroge sur les causes potentielles, **du point de vue des processus/méthodes/outils**, qui conduiraient à ces plaintes résiduelles.

Ainsi, la problématique de notre partenaire industriel a trait à l'approche de conception centrée utilisateur (CCU) dans le contexte automobile. Il s'agit, plus particulièrement, d'investiguer et comprendre pourquoi, malgré l'approche de CCU et les savoirs pratiques/méthodologiques mobilisés par les ergonomes internes afin de concevoir et évaluer des IHM embarquées ergonomiques, il subsiste encore des difficultés d'utilisation de ces mêmes IHM.

### 1.3. Organisation du manuscrit

Le présent manuscrit est structuré en quatre parties, comme illustré par la figure ci-dessous : *Design Space*, Problématique, Contributions et Conclusion.

La première partie, **Design Space**, est composée de trois chapitres, dont la finalité est **le positionnement disciplinaire et technologique de nos travaux**.

- Le premier chapitre, *Introduction*, a pour objectifs de présenter l'environnement où s'est déroulée la thèse ; la demande de notre partenaire industriel ; et la structure de ce manuscrit.
- Le deuxième chapitre, *Systèmes et Interfaces Humain-Machine embarqués à bord des véhicules automobiles*, a pour objectifs de présenter l'artefact/objet technologique dont il est question ici (c.-à-d. les IHM embarquées) ainsi que les considérations ergonomiques, physiques et cognitives, associées.
- Le troisième chapitre, *Développement des Interfaces Humain-Machine embarquées*, quant à lui, a pour objectifs de présenter les processus de conception des IHM embarquées (Cycle en V, Conception Centrée Utilisateur) ainsi que les méthodes et outils d'appui au développement de ce type d'IHM.

La deuxième partie, **Problématique**, est composée d'un seul chapitre, dont la finalité est de **présenter la problématique sous-jacente à nos travaux de recherche**.

- Le chapitre quatre, *Problématique*, décompose la problématique de cette thèse en trois principales parties : l'ergonomie en tant que discipline scientifique ; l'ergonomie en tant que pratique professionnelle ; et, enfin, la relation entre ces deux mondes.

# Structure du manuscrit

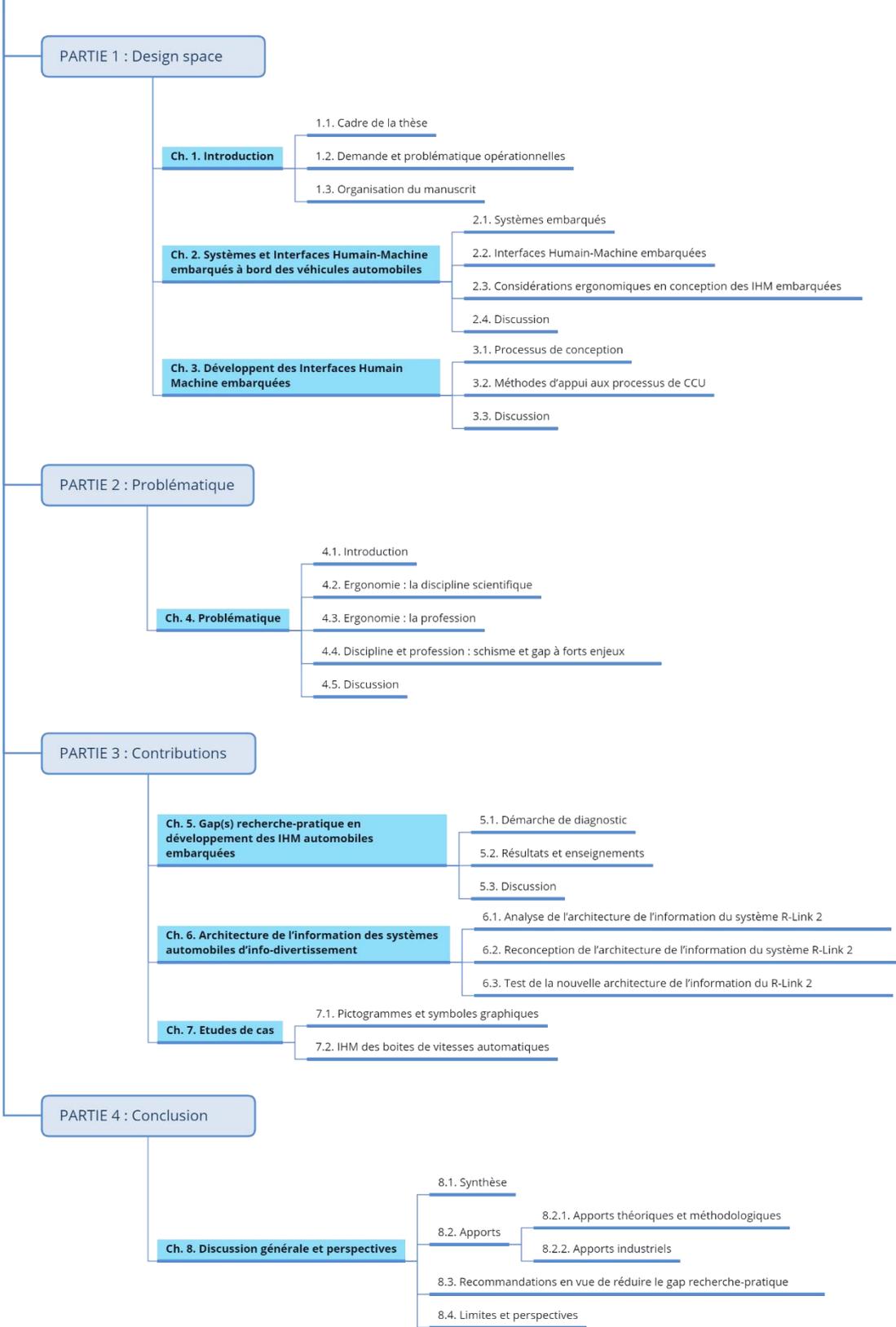


Figure 4. Structure et contenu du manuscrit.

La troisième partie, **Contributions**, est composée de trois chapitres, dont la finalité est de **rendre compte de nos apports et contributions**, que ce soit pour la discipline ergonomique ou pour notre partenaire industriel, le Groupe Renault.

- Le chapitre cinq, *Gap(s) recherche-pratique en développement des IHM automobiles embarquées*, a pour objectif de présenter les résultats du diagnostic des plaintes clients sur les IHM du Groupe Renault, du point de vue des processus/méthodes/outils, après avoir rappelé la démarche de diagnostic.
- Le chapitre six, *Architecture de l'information des systèmes automobiles d'info-divertissement*, a pour objectif de présenter les résultats d'une série de trois études portant sur l'architecture de l'information du système d'info-divertissement du Groupe Renault, le R-Link 2.
- Le chapitre sept, *Études de cas*, présente une sélection de deux études cas, complémentaires aux études présentées dans le chapitre précédent, et portant sur un protocole de test de la compréhensibilité des pictogrammes et symboles graphiques ainsi que sur un outil d'évaluation des IHM des boîtes de vitesses automatiques.

La quatrième et dernière partie, **Conclusion**, composée d'un seul chapitre, a pour finalité de présenter le bilan et perspectives de nos travaux de recherche.

- Le chapitre huit, *Discussion générale et perspectives*, a pour objectifs de présenter une synthèse de nos travaux ; rappeler les apports disciplinaires et industriels ; fournir un ensemble de recommandations pour les praticiens et chercheurs visant à optimiser la relation entre les deux mondes ainsi que le processus de conception centré utilisateur ; et, enfin, présenter les limites et perspectives de nos travaux.

## II. Systèmes et Interfaces Humain-Machine embarqués à bord des véhicules automobiles

### 2.1. Systèmes embarqués

#### 2.1.1. Bref historique

Depuis le fardier à vapeur de Nicolas Joseph Cugnot<sup>11</sup> fabriqué en 1771, considéré comme le premier véhicule automobile jamais construit, jusqu'au véhicule connecté et autonome, dont les premières tentatives fructueuses datent des années 1970, les véhicules automobiles n'ont cessé d'évoluer. Cela apporta une complexification inévitable, notamment en ce qui concerne les systèmes embarqués et leurs Interfaces Humain-Machine (IHM).

Cette complexification est notamment due à la *multiplication* et à la *sophistication* de l'équipement électronique et informatique embarqué dans les véhicules automobiles. En effet, influencé par l'électronique grand public et la viabilité croissante de la technologie embarquée (taille réduite, puissance de calcul accrue et coûts réduits), les constructeurs automobiles se saisissent de cette opportunité pour offrir à leurs clients un nombre croissant de fonctions, comme illustré par la figure ci-dessous.

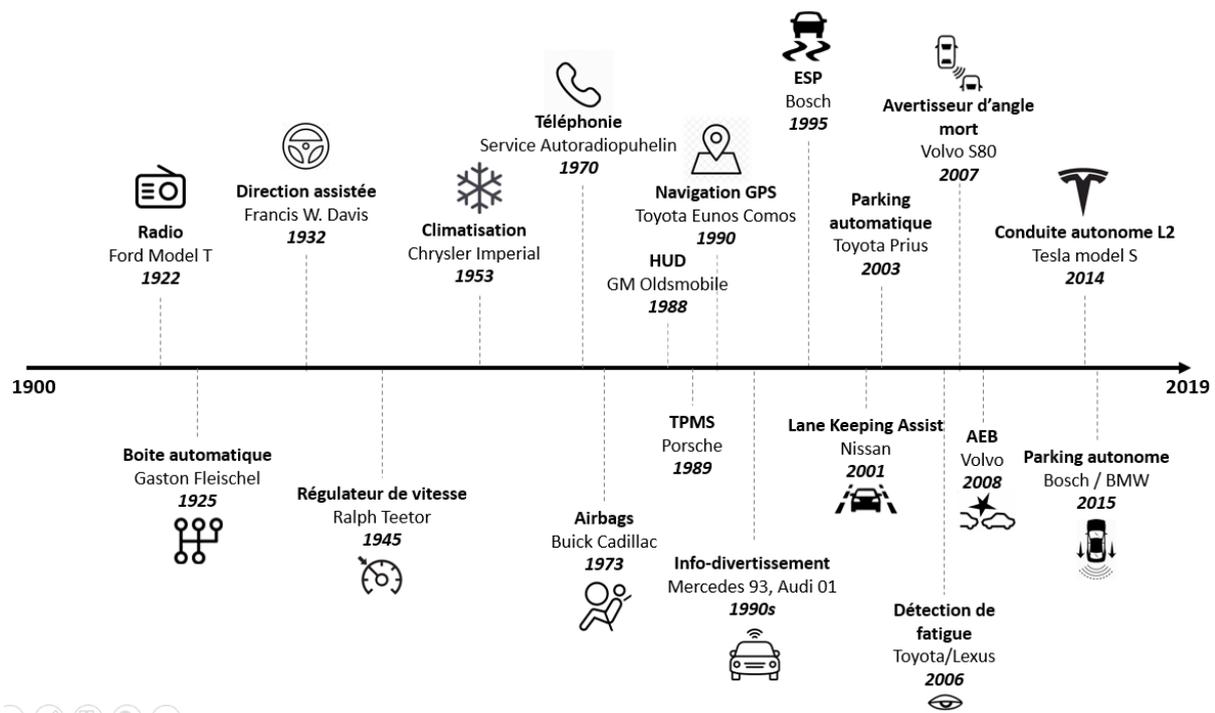


Figure 5. Exemples de systèmes embarqués dans les véhicules automobiles et leurs dates d'invention/commercialisation.

<sup>11</sup> Ingénieur militaire français né en 1725 et mort en 1804.

C'est ainsi que, par exemple, fut introduite la première radio à bord de la Ford « *Model T* » dans les années 1922, ce qui constitua déjà le premier pas vers les systèmes d'info-divertissement. En 1925, Gaston Fleischel, ingénieur français, inventa la boîte de vitesses automatique, qui équipa la Peugeot « 402 » lors du salon de l'automobile de 1935. Les fonctions de climatisation, quant à elles, furent introduites en 1953 à bord du modèle haut de gamme de Chrysler, l'« *Imperial* ». Dans les années 1970, c'est la téléphonie qui fait son apparition dans les véhicules automobiles suivie, en 1973, d'un équipement sécuritaire majeur, qui est l'airbag, grâce à Cadillac.

À partir notamment des années 1990, les constructeurs automobiles– et leurs fournisseurs– se sont lancés dans une course effrénée à l'équipement et aux fonctionnalités pour rester compétitif et se démarquer de la concurrence. Durant cette époque, les systèmes de navigation par satellite (GPS) commencent à apparaître. La marque *Oldsmobile* commercialisa des modèles qui en sont équipés en 1994. C'est alors dans ce contexte qu'un nouveau besoin en matière de systèmes embarqués apparaît.

En effet, le nombre croissant de fonctions et la nécessité d'avoir des supports informationnels plus larges, permettant d'afficher des contenus divers, ont conduit les constructeurs à agréger plusieurs fonctions en un seul système « hôte » pour tenter de maîtriser la complexité croissante des cockpits automobiles (Meixner & Müller, 2017). Ainsi, on assiste à la naissance des premiers systèmes d'info-divertissement, comme le *Communication and Navigation System (CNS)* de Mercedes en 1993, ou encore le *Multimedia Interface (MMI)* d'Audi en 2001. Cependant, bien que ce type de technologie permette de réduire la complexité perçue du cockpit, il engendre en même temps de nouvelles problématiques, **notamment liées à la nature hiérarchiquement structurée de leurs IHM (c.-à-d. architecture de l'information).**

Par ailleurs, depuis les années 2000, notamment grâce à l'essor des capteurs embarqués, les constructeurs automobiles proposent à leurs clients un autre type de fonctions qui prend en charge partiellement, voire complètement, certaines tâches de conduite. Par exemple, Nissan commercialise en 2001 un système qui permet de gérer de manière autonome le maintien dans la voie. En 2014, Tesla introduit sur le marché un véhicule doté de fonctions de conduite autonome de niveau 2 (gestion longitudinale et latérale), mais qui requiert la supervision du conducteur.

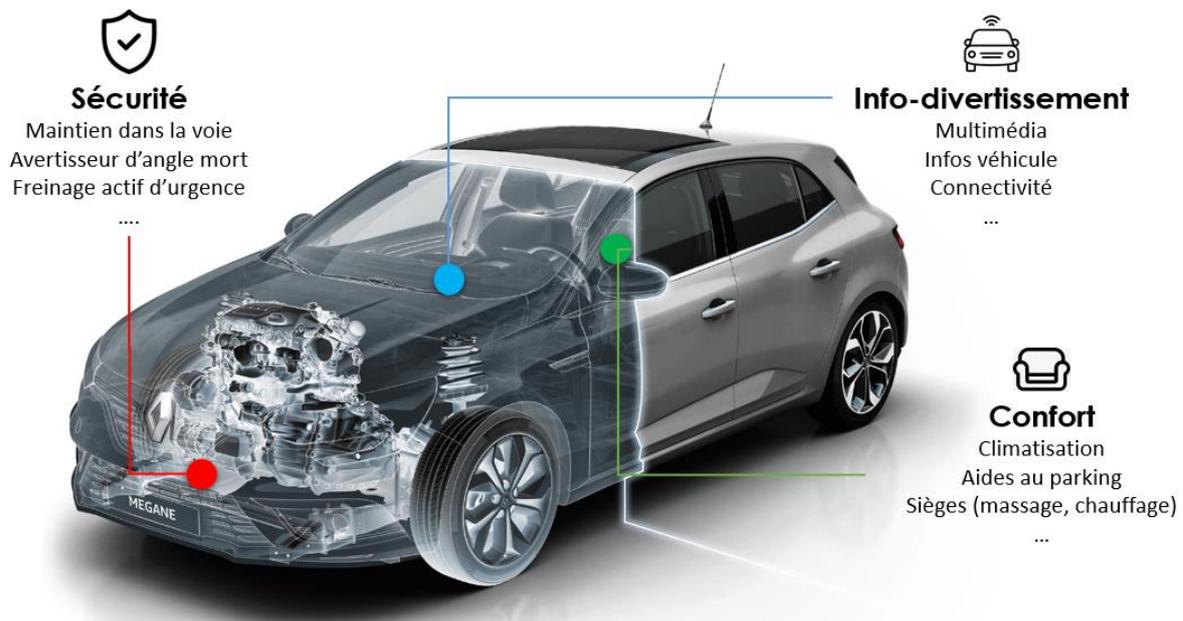
### 2.1.2. Classification des systèmes embarqués

Comme on vient de le voir dans le chapitre précédent, les véhicules automobiles sont dotés d'un nombre considérable de fonctions et de systèmes embarqués. À titre d'exemple, les voitures du Groupe Renault, après convergence avec le Groupe Nissan, sont passées de 31 à 43 systèmes<sup>12</sup> (ADAS, Multimédia, Châssis, Recharge véhicule électrique...). Cet ensemble de systèmes constitue une base *hardware* et *software* permettant de proposer un nombre considérable de fonctions. En effet, à l'heure actuelle, le véhicule Renault « Espace 5 » en finition initiale (le plus haut de gamme), propose une quarantaine de fonctions différentes. Cette tendance s'accroîtra avec l'arrivée de la deuxième génération du modèle « Talisman » en 2023, qui sera doté d'une centaine de fonctions<sup>13</sup>.

Ces systèmes, et les fonctions qui en découlent peuvent être classés en trois grandes catégories : les systèmes liés à la **sécurité**, les systèmes liés au **confort** et les systèmes **d'info-divertissement** (Becker et al., 2014).

<sup>12</sup> Source : SharePoint de la direction système DEA-SM

<sup>13</sup> Source : plateau cockpit IHM : présentation des activités du plateau



**Figure 6. Les trois grands types de systèmes/fonctions embarqués dans l'automobile.**

La première catégorie comprend les systèmes et fonctions qui contribuent à la sécurité, par exemple, en agissant sur la dynamique du véhicule dans certaines situations dangereuses (Système de freinage d'urgence avancé « AEBS », Assistance au maintien de la voie « LKA » ...). La deuxième catégorie englobe les systèmes et fonctions qui améliorent le confort, tel que la climatisation/chauffage, les sièges et la posture de conduite, l'éclairage interne et ambiant... La dernière catégorie, l'info-divertissement, englobe par exemple le multimédia et la connectivité. Dans le cadre de cette thèse, nous nous focaliserons notamment sur les systèmes d'info-divertissement.

### 2.1.3. Discussion

Dans cette section, nous avons rappelé brièvement l'histoire et évolution des systèmes automobiles embarqués, ainsi que leur classification.

Cette brève rétrospective dévoile une richesse conséquente en termes d'innovations technologiques, corrélées à l'électronique grand public. De plus, soutenus par l'avancée rapide de l'électronique embarquée (capteurs, calculateurs...), les constructeurs automobiles se saisissent de l'opportunité pour offrir à leurs clients de plus en plus de fonctions ; ce qui rend les véhicules automobiles plus sophistiqués et, de facto, plus complexes (Schmidt & al., 2010).

En conséquence, pour maîtriser cette complexité, les constructeurs agrègent différentes fonctions en un seul système : l'info-divertissement. Cependant, bien que ce dernier permette effectivement de réduire la complexité perçue des cockpits automobiles, il engendre d'autres problématiques liées notamment à la qualité ergonomique de leurs IHM (structures hiérarchiques, mapping non naturel...).

Dans le chapitre suivant, nous allons aborder les IHM des systèmes automobiles embarqués ainsi que les considérations ergonomiques associées.

## 2.2. Interfaces Humain-Machine embarquées

### 2.2.1. Bref historique

Pour interagir avec les systèmes embarqués dans les véhicules automobiles, les conducteurs s'appuient sur leurs Interfaces Humain-Machine (IHM). Ces dernières, comme l'illustre la figure ci-dessous, constituent la jonction entre le conducteur et les différents systèmes. Elles permettent au conducteur de communiquer avec les systèmes et les opérer en traduisant ses actions en signaux interprétables par le système. A contrario, l'IHM permet au système de communiquer ses états au conducteur par des représentations compréhensibles par celui-ci.

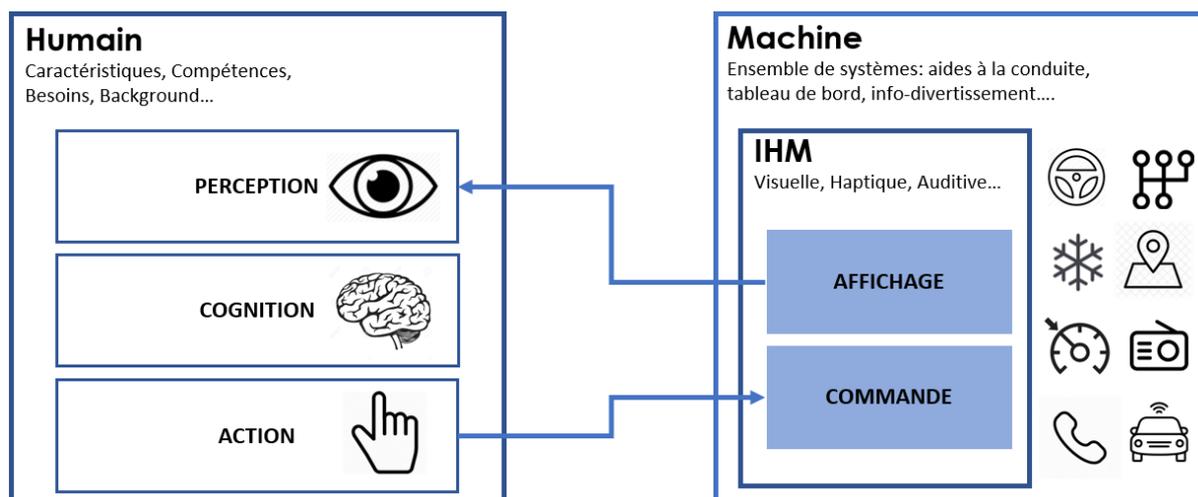


Figure 7. Modèle simplifié de l'interaction Humain-Systèmes embarquée dans l'automobile.

Ces IHM, proportionnellement au développement des systèmes embarqués dont elles sont la couche visible, ont connu une évolution et des modifications plus ou moins importantes ; que ce soit en type ou en complexité. En effet, auparavant, ces IHM se limitaient à *de « simples boutons et manettes en entrée et à quelques cadrans et voyants lumineux en sortie »* (Kamp, 1998). Actuellement, la multiplication des fonctions, de leurs situations d'interventions et l'automatisation (Bruder & Didier, 2016) se traduit par *« une médiatisation plus élevée de la relation du conducteur avec l'environnement »* (Forzy, 2002). La combinaison de ces facteurs conduit à une complexité IHM accrue, transformant les automobiles en des systèmes interactifs complexes (Schmidt & al., 2010).

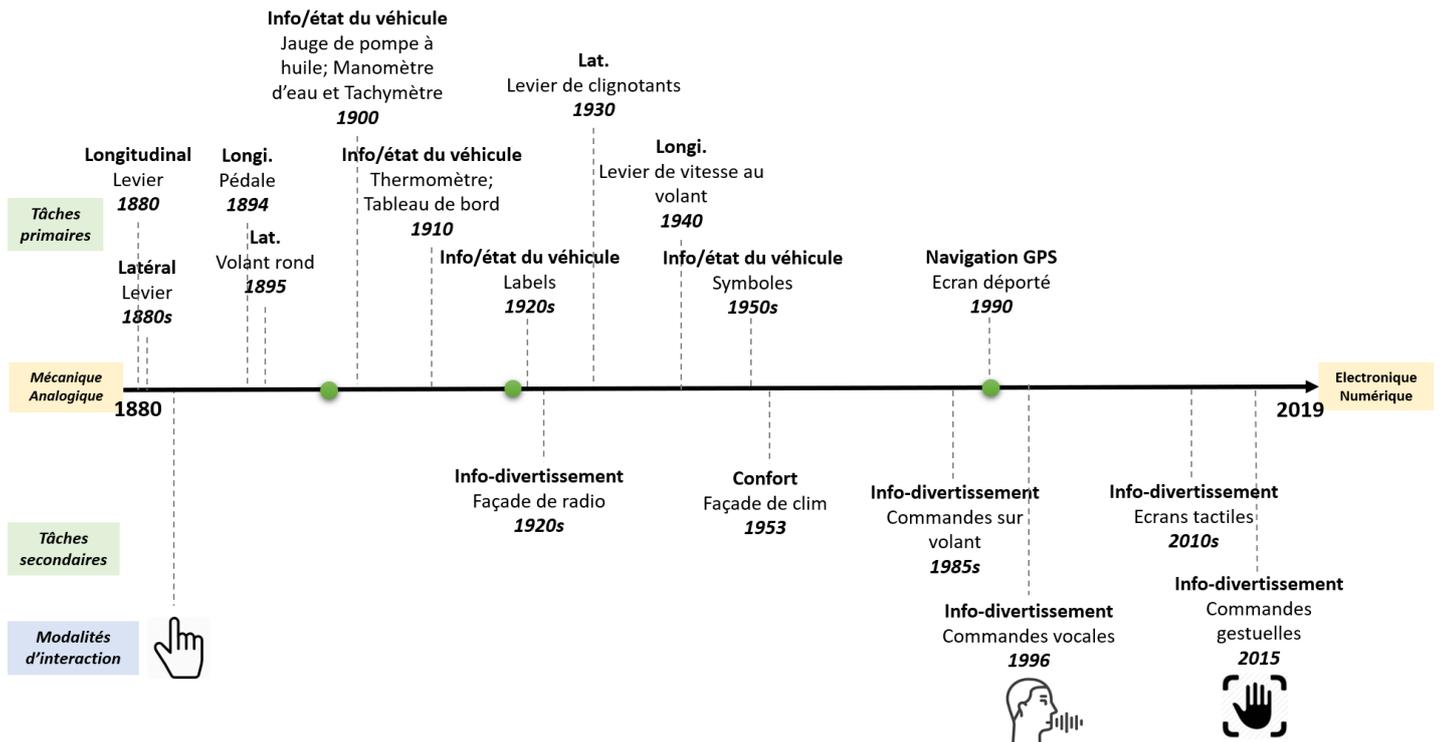


Figure 8. Évolution des IHM automobiles embarquées du point de vue technique et humain.

Du point de vue technique (approche technocentrée), les IHM automobile embarquées consistaient en de simples commandes **mécaniques** servant uniquement **d'entrées** (ex. leviers de direction, pédale de frein...), sans retour d'information possible, jusqu'à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle. À partir des années 1900, on assiste à l'apparition de différentes jauges **analogiques** (pompe à huile, manomètre d'eau, tachymètre...) servant **de sorties** et permettant de communiquer certains paramètres relatifs à l'état du véhicule au conducteur. Ensuite, face à la multiplication de ces commandes et jauges, les constructeurs automobiles ont recours aux **labels** pour les distinguer à partir des années 1920, et aux **symboles** à partir des années 1950 ; période durant laquelle on assiste à la démocratisation des commandes **électromécaniques**. Par la suite, les constructeurs introduisent un nouveau type d'IHM durant les années 1990 pour maîtriser la complexité croissante des cockpits (cf. chapitre II). Cet événement qui, à notre sens constitue une rupture du point de vue des IHM embarquées, marque le passage à l'ère **numérique** et le lancement d'une tendance qui ne fait que s'accroître : la **digitalisation** des cockpits automobiles. Par ailleurs, c'est aussi une rupture, car on a fusionné les **entrées/commandes** et **sorties/affichages** en un seul périphérique.

Du point de vue humain (approche anthropocentrée), notamment de l'activité, les IHM automobiles constituaient la partie instrumentale des **tâches primaires** de conduite uniquement (c.-à-d. contrôle latéral et longitudinal). À partir des années 1930, l'introduction dans les véhicules de la radio puis de la téléphonie -ensuite des systèmes d'info-divertissement- changea profondément l'activité de conduite automobile en y ajoutant des **tâches secondaires** (ex. changer de station radio, augmenter/diminuer le volume...). Ainsi, le conducteur se retrouve en situation de double tâche avec des ressources cognitives/attentionnelles partagées et une performance de conduite dégradée (Pauzie, 2013) ; ce qui, entre autres, marqua un glissement des problématiques de l'ergonomie physique à l'ergonomie cognitive. Pour pallier à cela, et alléger le **canal visuel** (sachant que c'est le premier sens sollicité par l'activité de conduite), on introduit des IHM ayant recours à **d'autres modalités sensorielles**, notamment à partir des années 2010, comme les commandes vocales, les IHM

gestuelles (Pickering, 2007) et les interfaces cerveau-machine (Göhring & al., 2013); ce qui marque un glissement vers les **IHM naturelles** (Akyol & al., 2000).

### 2.2.2. Classification des IHM embarquées

Comme on vient de le rappeler ci-haut, les IHM embarquées dans les véhicules automobiles ont connu une complexification et une diversification technique conséquentes.

En effet, l'évolution de la technologie embarquée, notamment le passage à l'électromécanique, offre aux ingénieurs diverses possibilités de conception et un potentiel innovant important. Ainsi, pour un système donné (ex. la boîte de vitesses), la déclinaison technique IHM peut varier en fonction des constructeurs/modèles comme l'illustre la figure ci-dessous.



Figure 9. Différentes implémentations techniques de l'IHM de boîtes de vitesses. De gauche à droite : BMW, Mercedes, Alpine, Nissan, Renault.

Face à cette diversité, une taxonomie générique permettant de classer ces IHM, indépendamment du système qu'elles opèrent, est à notre sens nécessaire pour rendre le *design space* des IHM automobiles claire. Sur ce sujet, la littérature rapporte diverses classifications, comme celle de Tönnis et ses collègues (2006), définies sur la base des travaux de Geiser (1985), qui distingue les IHM primaires, secondaires et tertiaires, en fonction des tâches de conduite. Cependant, la classification la plus utilisée, que ce soit en industrie ou en recherche académique, reste la distinction entre **les entrées (commandes) et les sorties (affichages)**. C'est cette classification qui est retenue dans le cadre de la thèse.

#### 2.2.2.1. Interfaces de commande

Comme défini par Bruder et ses collègues (2016), les commandes constituent la composante opératoire de l'interaction humain-système. En d'autres termes, ce qui est activé et/ou opéré par le conducteur.

Traditionnellement, ces commandes peuvent être opérées par le biais des doigts, mains et pieds (Bengler & al., 2016). Par ailleurs, si l'on considère les cockpits automobiles sur le marché à 2009, on constate une grande variété de commandes. En effet, en analysant 706 photographies de 117 modèles de véhicules automobiles de 35 constructeurs, Kern et Schmidt (2009) ont établi une liste de 8 typologies de commandes.

Cependant, les commandes identifiées par ces derniers ne représentent que partiellement l'étendue et diversité de ce que l'on retrouve sur le marché de l'automobile actuellement. En effet, depuis quelques années, on constate l'apparition de nouvelles commandes et modalités interactionnelles, comme la reconnaissance vocale ; gestuelle ; ou encore les commandes cerveau-

machine (Göhring & al., 2013). Plus récemment, des commandes indirectes comme les caméras et *eye-trackers* sont introduites à bord des véhicules pour, par exemple, la détection de la fatigue.

Par ailleurs, un autre type de commande est devenu au fil du temps incontournable : l'écran tactile. En effet, pour des raisons de coût, fiabilité et performance, les constructeurs automobiles intègrent de plus en plus d'écrans dans leurs véhicules. Cette tendance ne fera que s'accroître, pour atteindre, selon une étude d'*IHS Markit*<sup>14</sup>, 65 millions d'unités vendues en 2021. Aussi, au-delà de l'effet « *waouh* », les écrans tactiles constituent un type de commande particulier à bien des égards. En effet, leurs applications recouvrent plusieurs périmètres (info-divertissement, climatisation...) et ils sont à la frontière des commandes, puisqu'ils combinent à la fois, en une pièce physique, les entrées et sorties du système.

#### 2.2.2.2. Interfaces d'affichage

Les affichages, quant à eux, constituent tout moyen d'acquisition d'information qui déclenche le processus humain de traitement de l'information (Bruder & al., 2016). Ainsi, il peut s'agir d'un affichage visuel (ex. pictogrammes), auditif (ex. alarmes) et/ou haptique (ex. vibrations de la pédale d'accélération).

Comme rappelé dans (Kamp, 1998), le rôle des interfaces en sorties reste d'une importance capitale. Il s'agit d'informer le conducteur sur l'état des différents systèmes (ex. vitesse du véhicule) et lui fournir des feedbacks (ex. à la suite d'activation d'une fonction), tout en minimisant sa charge attentionnelle (Jourdan & Theureau, 2002), notamment car il est en situation de double tâche (Wickens, 1991).

De manière globale, même en considérant les véhicules modernes, le canal visuel reste le plus sollicité par la tâche de conduite automobile et les systèmes embarqués, notamment à cause de l'usage intensif des interfaces graphiques. Techniquement, les interfaces d'affichage varient de la simple indication sous forme d'une LED (ex. indiquant que la climatisation est opérationnelle) à l'afficheur numérique haute résolution (ex. écran des systèmes d'info-divertissement).

---

<sup>14</sup> Automotive Touch Panel Market Report – 2017 : <https://technology.ihs.com/586610/automotive-touch-panel-market-report-2017>



**Figure 10. Exemples d’interfaces de commande et d’affichage embarquées dans le cockpit de la Renault Clio 5. Commandes : 1) bouton classique, 2) levier d’essuie-glace, 3) écran tactile, 4) rotary et 5) pommeau de vitesse. Affichages : A) compte-tours digital, B) jauge de température analogique, C) LED classique et D) écran tactile.**

Afin de soulager le canal visuel, et pour des raisons de sécurité évidentes, les concepteurs optent pour d’autres alternatives d’affichages. Ainsi, ils exploitent d’autres canaux perceptifs pour la présentation de l’information, à l’instar du canal auditif au travers des IHM sonores. Outre le fait de permettre au conducteur de garder les yeux sur la route, l’affichage auditif permet de capter et orienter son attention et de présenter de l’information sans nécessairement recourir à un affichage visuel. De manière générale, l’affichage auditif est utilisé sous deux formes : les sons simples, non verbaux (ex. son du clignotant, son du passage de marche arrière de la boîte de vitesse automatique...) et la synthèse vocale (ex. instruction de navigation).

Par ailleurs, le canal/sens du toucher est aussi exploité par les concepteurs et ingénieurs automobiles au travers des IHM haptiques, dont il existe deux types : les IHM vibrotactiles et les IHM kinesthésiques. Les IHM vibrotactiles transmettent de l’information au conducteur grâce à des vibrations et peuvent être intégrées au volant, pédales, sièges... Quant aux IHM kinesthésiques, elles transmettent de l’information en causant du mouvement au niveau des membres et du corps du conducteur (Campbell & al., 2016).

### 2.2.3. Discussion

Dans cette section, nous avons rappelé brièvement l’histoire et évolution de l’IHM des systèmes automobiles embarqués, ainsi que leur classification.

On constate alors que ces IHM, proportionnellement au développement des systèmes embarqués dont elles sont la couche visible, ont connu une évolution et des changements plus ou moins importants, que ce soit en type ou en complexité. Là où, auparavant, ces IHM se limitaient à *de « simples boutons et manettes en entrée et à quelques cadrans et voyants lumineux en sortie »* (Kamp,

1998), actuellement, on constate « *une médiatisation plus élevée de la relation du conducteur avec l'environnement* » (Forzy, 2002) ainsi qu'une complexité IHM accrue, transformant les automobiles en des systèmes interactifs complexes (Schmidt & al., 2010). Ainsi, dans ce contexte, la qualité ergonomique et utilisabilité de ces IHM est un enjeu majeur concernant, à la fois, l'acceptabilité des systèmes embarqués, leur sécurité d'utilisation en conduite ainsi que la satisfaction client.

Dans la section suivante, nous aborderons les problématiques et considérations ergonomiques en conception des IHM automobiles embarquées.

## 2.3. Considérations ergonomiques en conception des IHM embarquées

Concevoir et développer un véhicule automobile est un processus long (cf. chapitre 3), qui dure, généralement, cinq ans et requiert la collaboration de divers acteurs (Programme, Produit, Design, Ingénierie système...) et des compétences variées, dont l'ergonomie.

Les ergonomes assignés à un projet constituent la « voix du client ». Ils s'assurent que le véhicule/système en développement est adapté aux caractéristiques physiques, cognitives et émotionnelles des futurs utilisateurs/clients. Pour cela, tout au long du processus de développement, ils sont garants du bon respect d'objectifs de conception de haut niveau permettant de garantir la qualité ergonomique du véhicule/système. Ces considérations/objectifs de conception sont présentés brièvement ci-dessous par domaine de spécialisation.

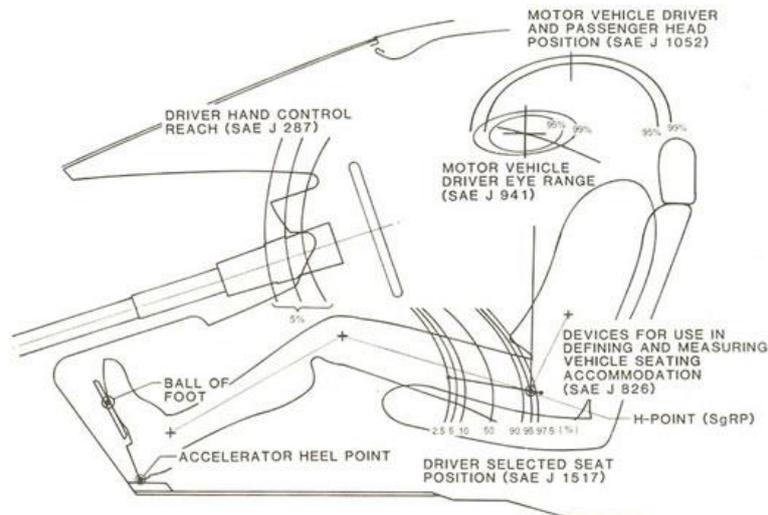
### 2.3.1. De l'ergonomie physique...

Les préoccupations originelles des ergonomes impliqués dans le développement des véhicules automobiles furent, d'abord, de l'ordre de l'ergonomie physique. La finalité était -et l'est toujours- de s'assurer que le véhicule ainsi que les équipements embarqués soient adaptés aux caractéristiques physiques de la population d'utilisateurs/clients cible, pour un maximum de **confort** et de **sécurité**.

Dans cette optique, les ergonomes s'appuient sur des données portant sur les caractéristiques physiques de la population d'utilisateurs/clients cibles. Ces données sont, globalement, de deux natures : **anthropométrique** (dimension, morphologie...) et **biomécanique** (force, amplitude de mouvement...). L'anthropométrie est la science de mensuration du corps humain. Les mesures peuvent porter sur le corps en entier (taille...) ou sur certains segments du corps (longueur des bras...). La biomécanique, quant à elle, est la science qui étudie les propriétés mécaniques des êtres vivants et en analyse les principes mécaniques<sup>15</sup>.

---

<sup>15</sup> Source : [http://calamar.univ-ag.fr/uag/staps/cours/anat/new/intro.htm#intro\\_biom](http://calamar.univ-ag.fr/uag/staps/cours/anat/new/intro.htm#intro_biom)



**Figure 11. Exemples de considérations d'ergonomie physique et les standards techniques SAE associés. Tirée de (Peacock & Karwowski, 1993).**

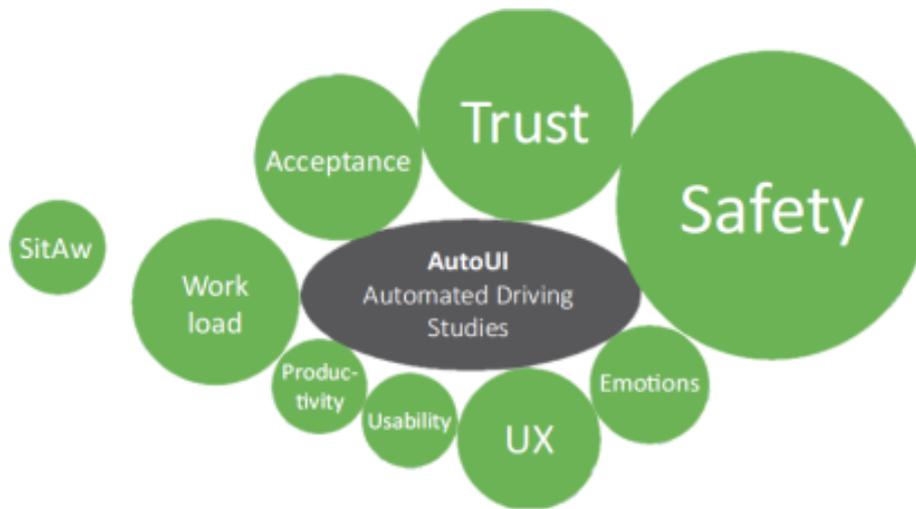
Ces deux sciences génèrent des connaissances et données particulièrement précieuses pour l'une des activités clés de l'ergonomie physique : *l'occupant packaging*. *L'occupant packaging* consiste, en s'appuyant sur des outils numériques (CAO, mannequins 3D, CAVE16...) et physiques (maquettes/prototypes...), à allouer de l'espace pour les différents systèmes (groupe moteur propulseur GMP, réservoir de carburant...) et composants embarqués, tout en accommodant le conducteur/passager, en lui offrant des espaces de rangement et en veillant à son confort et sécurité (Bhise, 2012). Pour cela, les ergonomes tentent de satisfaire un ensemble de critères tels que **l'accessibilité** (accès au poste de conduite, au rang deux...), le **confort** (réglage des sièges, volant...), **l'habitabilité** (garde au toit, espace aux jambes...), **l'atteignabilité** (organes de commande, rangements...) ou encore la **visibilité** (avant, arrière).

### 2.3.2. ... à l'ergonomie cognitive

L'évolution technique des véhicules automobiles, notamment du point de vue de l'électronique embarquée et les TIC (Technologies de l'Information et la Communication), apporta un lot d'opportunités et de challenges. C'est une opportunité pour les constructeurs automobiles, car elle permet d'offrir à leurs clients des véhicules mieux équipés, plus sûrs et plus confortables. En même temps, elle est aussi source de nouveaux challenges et enjeux.

Comme rappelé dans les sections précédentes, cette évolution changea profondément la tâche de conduite automobile. Là où, avant, le conducteur est engagé pleinement dans la conduite, il se retrouve, maintenant, en situation de double tâche. Il doit non seulement gérer le contrôle du véhicule (longitudinal et latéral), mais aussi interagir avec les différents équipements embarqués (ADAS, info-divertissement...). En conséquence, ses ressources cognitives/attentionnelles sont partagées, ses performances de conduite dégradées (Pauzie, 2013), l'exposant de facto à des risques sécuritaires accrus. Cela a, in fine, provoqué un glissement des problématiques ergonomiques, traditionnellement d'ordre physique, vers des problématiques d'ordre cognitif (Zaidi & al., 2019).

<sup>16</sup> Cave Automatic Virtual Environment



**Figure 12. Vue d'ensemble des construits/concepts traités dans les études sur les IHM automobiles dans le cadre de la conduite autonome. Tirée de (Forster & al., 2019).**

En effet, bien que les problématiques d'ergonomie physique restent d'actualité, l'ergonomie cognitive (et les théories, concepts, construits, méthodes... sous-jacents) occupe une place de plus en plus prépondérante, notamment en conception/évaluation des IHM embarquées. Ainsi, les notions telles que la **distraction** (visuelle, manuelle et cognitive), la **charge cognitive** (densité informationnelle...), l'**utilisabilité/facilité d'utilisation** (intuitivité, usage au quotidien...) et, plus récemment, l'**expérience utilisateur** deviennent centrales. Par ailleurs, avec l'avènement des véhicules autonomes, d'autres notions telles que la **confiance**, l'**acceptabilité** ou encore la **conscience de situation** sont de plus en plus investiguées.

## 2.4. Discussion

Dans ce chapitre, nous avons rappelé, brièvement, l'histoire et évolution des IHM automobiles embarquées selon les approches technocentrées et anthropocentrées. Grâce à cela, on constate que, tout comme les systèmes qu'elles opèrent, ces IHM ont connu une complexification interactionnelle importante et un glissement des problématiques liées de l'ergonomie physique à l'ergonomie cognitive.

Par ailleurs, afin de donner au lecteur une idée plus précise et concrète de la diversité des IHM proposées par les constructeurs automobiles, nous avons exposé les différents types de commandes et affichages actuellement disponibles sur le marché.

Enfin, nous avons aussi rappelé quelques considérations et objectifs de haut niveau que les ergonomes impliqués dans le développement des véhicules/systèmes tiennent en compte afin de garantir une qualité ergonomique optimale et une adéquation avec les caractéristiques, besoins et attentes des utilisateurs/clients.

Dans le chapitre suivant, nous allons aborder plus en détail la question du « comment faire » pour atteindre ces objectifs. Autrement dit, comment les ergonomes procèdent, notamment du point de vue des méthodes, pour garantir le respect des objectifs cités ci-haut et concevoir/développer des IHM ergonomiques.

# III. Développement des Interfaces Humain-Machine embarquées

Le développement des véhicules automobiles, ainsi que de leurs IHM, est un processus long qui dure, généralement, entre 3 à 5 ans. Étant donné la nature très technique et complexe du produit développé, les constructeurs automobiles s'appuient sur l'approche d'ingénierie système ; le processus/cycle en V.

Cependant, pour vendre un véhicule, il ne doit non pas seulement fonctionner correctement, de manière fiable et sûre, mais aussi répondre aux attentes/besoins des utilisateurs finaux et correspondre à leurs caractéristiques physiques et cognitives, notamment en ce qui concerne les IHM embarquées. Dans ce contexte, faire évoluer le cycle de développement classique est une nécessité pour répondre aux nouveaux défis et rester compétitif dans une industrie très concurrentielle.

Ainsi, les constructeurs automobiles ont ajusté et « augmenté » l'approche système en y intégrant, dès l'amont, des phases itératives impliquant différents métiers et, surtout, les utilisateurs finaux en ayant recours aux principes et moyens de la conception centrée sur l'utilisateur (*User-Centered Design* « UCD »).

Dans ce qui suit, nous allons présenter, dans un premier temps, les deux philosophies appliquées en conception des IHM automobiles embarquées, ainsi que les macro-processus sous-jacents ; le but étant de donner une vision globale sur l'organisation des activités de développement et non les détailler. Ensuite, nous présenterons les méthodes d'ergonomie cognitive qui soutiennent le processus de conception centrée utilisateur.

## 3.1. Processus de conception

### 3.1.1. Ingénierie Système – Cycle en V

Comme rappelé dans les chapitres précédents, les systèmes embarqués dans les véhicules modernes ainsi que leurs IHM sont de plus en plus **nombreux et complexes**. Cela implique la contribution et coordination de divers **métiers et compétences qui ne se concentrent que sur un aspect particulier** du système global (Rochet, 2007). L'ingénierie système (IS) est une réponse à cette complexification et hyper spécialisation.

L'IS est « *une démarche méthodologique, coopérative et interdisciplinaire qui englobe l'ensemble des activités pour concevoir, faire évoluer et vérifier un système apportant une solution économique et performante aux besoins d'un client tout en satisfaisant l'ensemble des parties prenantes* »<sup>17</sup>. Le séquençement d'activités, ou processus, le plus populaire en IS est le « cycle en V » (Kossiakoff & al., 2011). Ce modèle se compose de deux phases : une phase de déploiement/conception, en descente du V, et une phase de validation/évaluation, en remonté du V.

---

<sup>17</sup> Définition de la Direction de l'Ingénierie Système de Renault.

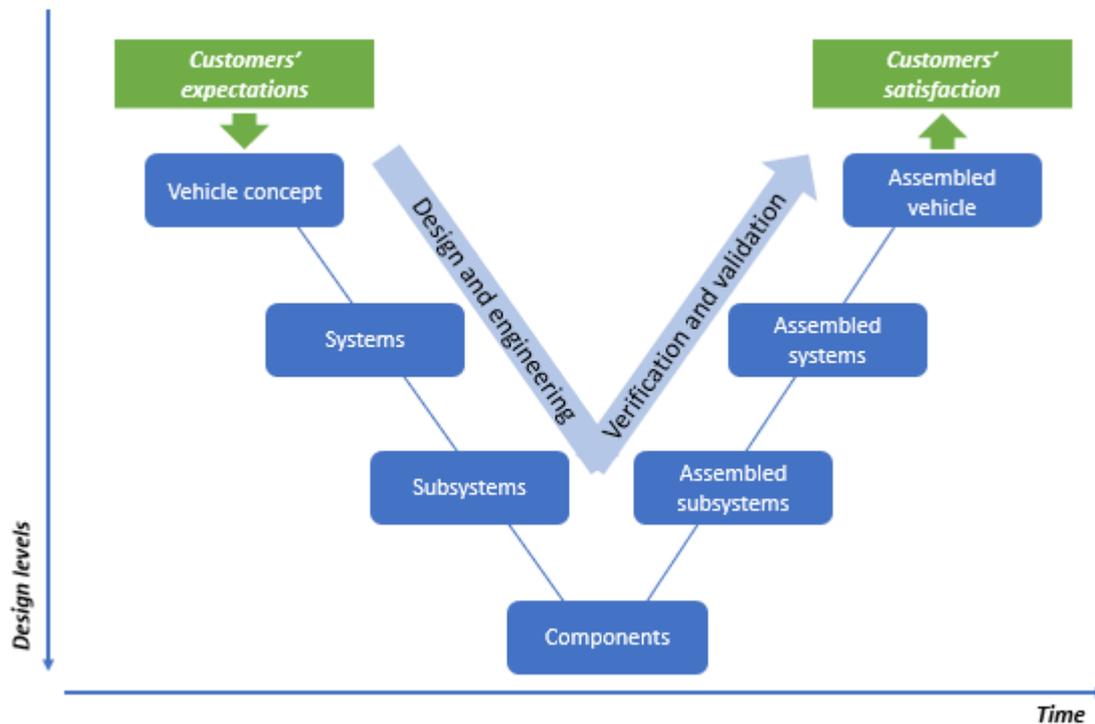


Figure 13. Instanciation du cycle en V dans l'industrie automobile. Tirée de (Zaidi & al., 2019).

Dans le secteur automobile, la phase de déploiement consiste, de manière très schématique, à passer des attentes clients à la spécification des composants du véhicule, jusqu'au niveau de la pièce. La phase de validation quant à elle, consiste à intégrer tous les composants dans un véhicule garantissant la satisfaction des clients.

Comme on peut le voir sur la figure ci-dessus, le processus commence et se termine par le client. En effet, en ce qui concerne la phase de déploiement, les attentes clients constituent le point de départ. Sur la base de nombreuses études de marché, les constructeurs automobiles cherchent à capter et comprendre les attentes et besoins des clients. Ensuite, ils apportent des réponses cohérentes avec leurs orientations stratégiques. À ce stade, un produit (concept de véhicule) avec toutes ses fonctionnalités est défini. Les prochaines étapes, jusqu'à la fin de la phase, consistent à traduire les besoins des clients en exigences de conception ; d'exigences génériques (niveau Systèmes) aux exigences spécifiques (niveau composants et pièces).

La deuxième phase du processus est la phase de validation/évaluation. Ici, il s'agit de vérifier que chaque composant, chaque sous-système et système respecte les exigences de conception définies dans la phase précédente. Par ailleurs, l'objectif est également de garantir la cohérence globale du véhicule après l'intégration de tous les systèmes et garantir le respect des attentes clients. À la fin du cycle en V, des enquêtes sont menées auprès des clients afin de mesurer leur satisfaction/insatisfaction et recueillir leurs plaintes, qui serviront ensuite de base à la définition de plans d'action visant à améliorer les véhicules/systèmes actuels et futurs.

### 3.1.2. Processus de conception centrée sur l'utilisateur

Le terme « conception centrée sur l'utilisateur » (CCU) est une appellation large qui désigne une philosophie de conception englobant une variété de processus et méthodes qui intègrent l'utilisateur final de manière plus ou moins active.

Cette philosophie trouve son origine dans le laboratoire de Donald Norman, pendant les années 1980, à l'université de Californie Sand Diego (Abrams & al., 2004). Elle est ensuite popularisée par son livre coécrit avec Stephen Draper « *User centered system design: new perspectives on human-computer interaction* » (Norman & Draper, 1986).

La CCU se focalise sur les besoins et caractéristiques de l'utilisateur final (Simões-Marques & Nunes, 2012) avec comme objectif d'accroître la qualité ergonomique et expérience utilisateur du système/produit/service développé (Bastien & Scapin, 2004), peu importe sa déclinaison en termes de processus. En effet, la littérature rapporte diverses implémentations et approches en CCU. À titre d'exemple, nous pouvons citer *l'empathic design* (Leonard & Rayport, 1997), le *contextual design* (Wixon & al., 1990), le *design thinking* (Brown, 2008), *participatory design* (Sanders, 2002) ... Cependant, l'approche la plus populaire est sans doute le processus décrit par la norme ISO 9241-210 (2010).

Dans ce qui suit, nous allons présenter, de manière brève et non exhaustive, les processus les plus populaires utilisés en conception de l'expérience utilisateur des systèmes interactifs de manière générale, puis nous allons présenter quelques processus utilisés en conception des IHM automobiles embarquées.

#### 3.1.2.1. Processus génériques

##### 3.1.2.1.1. ISO 9241-210

Comme on vient de le rappeler, le processus de CCU le plus populaire est celui porté par la norme ISO 9241-210 (2010). Cette dernière fournit un ensemble de recommandations concernant les principes de CCU, les activités sous-jacentes ainsi que leur planification. Ces recommandations et activités n'ont pas pour vocation de se substituer aux approches déjà en place au sein des entreprises, mais de les compléter.

Le processus décrit par la norme ISO 9241-210 (2010) est une approche de conception des systèmes interactifs qui se concentre sur les utilisateurs, en prenant en compte leurs besoins/exigences et en s'appuyant sur un corpus de connaissances varié (ergonomie, facteur humain...). Ainsi, il est possible d'optimiser un ensemble de caractéristiques clés relatives au système (utilisabilité, utilité...) et à l'utilisateur (satisfaction, santé...).

Pour assurer une CCU optimale, non défailante, le processus décrit par la norme ISO 9241-210 (2010) établit six principes de bases à observer :

1. **La conception est fondée sur une compréhension explicite des utilisateurs, des tâches et des environnements** : les concepteurs doivent identifier et tenir en compte tous les individus qui utiliseront le produit/système/service de manière directe ou indirecte. Par ailleurs, ils doivent aussi tenir compte du contexte d'utilisation (caractéristiques des utilisateurs, des tâches et de l'environnement) qui représente une source d'information précieuse pour formuler des exigences.
2. **Les utilisateurs sont impliqués dans la conception et le développement** : la participation des utilisateurs est, tout comme le contexte d'utilisation, une autre source précieuse pour identifier

des exigences de conception. La norme préconise une participation active d'utilisateurs représentatifs de la population cible, « *sous la forme d'une implication dans la conception, d'une intervention comme source de données appropriées ou d'une évaluation des solutions existantes* » (ISO 9241-210, 2010).

3. **La conception est dirigée et précisée par l'évaluation centrée sur l'utilisateur** : évaluer et vérifier par des essais les solutions de conceptions auprès d'utilisateurs représentatifs permet de récolter des feedbacks et informations « *critiques* » pour la CCU et réduire le risque de non-conformité aux attentes/exigences des utilisateurs.
4. **Le processus est itératif** : les systèmes interactifs étant complexes, il est impossible de tout spécifier de manière exhaustive et précise au début du développement. Alors, il est primordial de procéder par itération pour identifier et éliminer toute incertitude vis-à-vis des exigences utilisateurs, ce qui implique la révision et la précision des solutions de conception.
5. **La conception couvre l'expérience de l'utilisateur dans son intégralité** : L'UX étant une résultante de plusieurs facteurs (aspects pragmatiques : utilisabilité, utilité, performance... ; aspects hédoniques : émotions, préférences...), il est nécessaire de tenir compte de chacun d'entre eux tout au long du développement pour une conception réussie. En outre, on doit aussi tenir compte d'autres éléments tels que la documentation de l'utilisateur, l'aide en ligne, l'assistance, la formation...
6. **L'équipe de conception inclut des compétences et des points de vue pluridisciplinaires** : la norme préconise que l'équipe de conception soit suffisamment diversifiée afin de tenir compte des différents points de vue et prendre les décisions de conception de manière concertée. À ce titre, l'équipe peut, par exemple, être composée d'ergonomes, d'utilisateurs, de l'expertise du domaine, ingénieurs système, commerciaux...

Pour mettre en place et appliquer l'ensemble de ces principes, le processus de CCU est construit autour de quatre activités clés, comme on peut le voir sur la figure ci-dessous : comprendre et spécifier le contexte d'utilisation, spécifier les exigences utilisateur, produire des solutions de conception et, enfin, évaluer la conception.

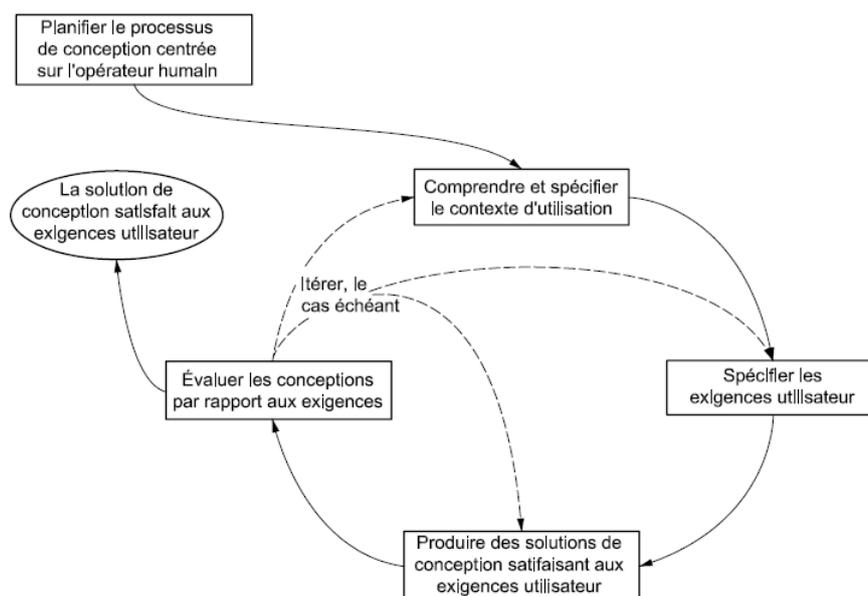


Figure 14. Activités clés de la CCU. Tirée de (ISO 9241-210, 2010).

La première activité, **comprendre et spécifier le contexte d'utilisation**, consiste à recueillir et analyser les informations relatives aux utilisateurs (populations cibles, leurs caractéristiques...), tâches (caractéristiques des tâches, conséquences sur l'utilisateur...) et environnement (organisationnel, technique et physique). Cela va permettre de comprendre et spécifier le contexte dans lequel le système sera utilisé.

La deuxième activité, **spécifier les exigences utilisateur**, consiste à définir de manière explicite et précise les exigences utilisateur par rapport au contexte d'utilisation et objectifs du système. Ces exigences, qui doivent être énoncées de manière vérifiable, vont fournir les éléments nécessaires à la conception et évaluation du système. Pour cela, on peut, par exemple, s'appuyer sur les exigences issues de normes et/ou directives pertinentes au contexte d'utilisation.

La troisième activité, **produire des solutions de conception**, consiste à générer des hypothèses/solutions potentielles en s'appuyant sur les informations produites lors des étapes précédentes, ainsi que les différentes évaluations conduites au cours du projet. Ici, il est recommandé de matérialiser ces solutions, sous différentes formes (scénarios, prototypes, maquettes...), pour notamment les tester.

La quatrième étape, **évaluer la conception**, consiste à évaluer les solutions générées lors de la phase précédente. Bien que la connaissance existante offre aux concepteurs un moyen « bon marché » d'évaluer les solutions générées, il est primordial de procéder à des essais en faisant appel à des utilisateurs représentatifs. À défaut d'accès aux utilisateurs, les concepteurs peuvent recourir à des méthodes alternatives (modélisation, simulation...). Pour cela, ils peuvent s'appuyer sur les recommandations de la norme ISO 16982 (2002). Par ailleurs, comme rappelé par la norme ISO 9241-210 (2010), il est important de noter que le choix des méthodes est crucial, notamment pour la validité des résultats.

#### 3.1.2.1.2. *EQUID Design Process*

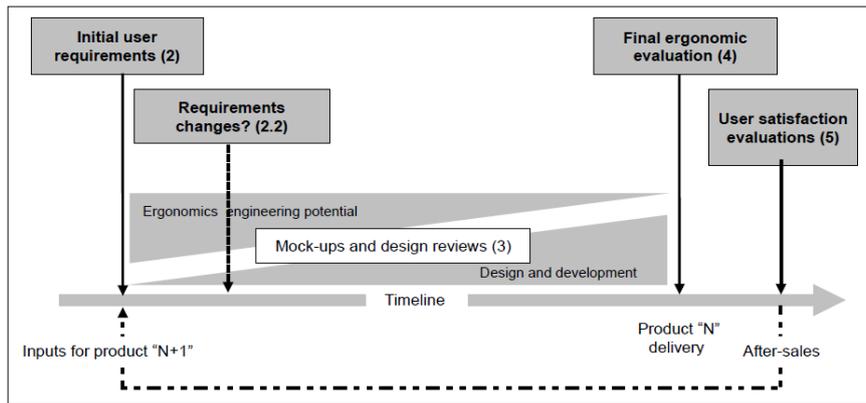
L'IEA (Association Internationale d'Ergonomie) lance, au cours des années 2000, le projet *EQUID (Ergonomic Quality in Design)*<sup>18</sup> sous la direction de Lina Bonapace<sup>19</sup>. Les objectifs du projet étaient 1) d'aider les entreprises à prendre des décisions plus éclairées en ce qui concerne la qualité ergonomique des produits/services et 2) promouvoir l'intégration de l'ergonomie dans le processus de conception (Lange-Morales & al., 2014). Le produit final de ce projet est l'*EQUID design process*.

L'*EQUID (Ergonomic Quality in Design) design process* définit un ensemble d'exigences qui permettront de 1) garantir la qualité ergonomique du produit/service en développement et 2) auditer et certifier le(s) processus de conception pour pouvoir utiliser le qualificatif de *produit ergonomique*.

---

<sup>18</sup> [https://www.iea.cc/project/project\\_equid.html](https://www.iea.cc/project/project_equid.html)

<sup>19</sup> <https://www.linkedin.com/in/linabonapace/?originalSubdomain=ca>



**Figure 15. Activités ergonomiques clés de l'EQUID design process et livrables associés.**

Ces exigences sont organisées en cinq groupes d'activités<sup>20</sup> :

1. **Management de l'organisation** : le top management doit s'engager pour appliquer l'état de l'art des règles et méthodes ergonomiques ; doit veiller à ce que les exigences clients soient définies et respectées dans le but d'améliorer leur satisfaction ; doit fixer des objectifs de qualité ergonomique à différents niveaux ; la gestion des compétences doit se faire avec un ergonome qualifié qui peut faire partie des ressources humaines...
2. **Définition initiale des besoins utilisateurs** : Les exigences utilisateurs doivent comporter les informations nécessaires pour aider les concepteurs à créer des produits innovants et ergonomiques (caractéristiques des utilisateurs cible, contexte d'utilisation, critères ergonomiques de performance (temps limite pour X tâche, satisfaction, taux d'erreur accepté...))
3. **Design reviews** : le management doit planifier des *design review* en fonction des étapes de conception ; prendre des décisions basées sur les résultats d'évaluations ergonomiques ; doit documenter les résultats des *design reviews*, des décisions...
4. **Évaluation ergonomique finale** : les aspects ergonomiques du produit/service doivent toujours être validés avant de le livrer (vérifier la conformité avec les exigences utilisateurs, avec les normes ergonomiques...) ; le management doit procéder à un examen, notamment sur la base des évaluations ergonomiques, avant de statuer sur la livraison du produit/service...
5. **Évaluation après-vente de la satisfaction des utilisateurs** : l'entreprise doit procéder au suivi et mesure de la satisfaction des utilisateurs après le lancement du produit/service ; l'entreprise doit tenir des registres (c.-à-d. retour d'expérience) des problèmes ergonomiques après le lancement du produit/service ainsi que des coûts et bénéfices associés ; l'entreprise doit appliquer les méthodes appropriées pour assurer la gestion de la qualité ergonomique de ses produits/services et améliorer continuellement son efficacité grâce aux résultats d'audits, d'analyses des données de satisfaction des utilisateurs...

<sup>20</sup> <https://www.iea.cc/project/EQUID.pdf>

### 3.1.2.2. Processus spécifiques à l'automobile

#### 3.1.2.2.1. Code of Practice ADAS

Le *Code of Practice (CoP) ADAS* est le fruit de la collaboration de plusieurs constructeurs (Audi, BMW, Ford, PSA, VW...) et d'experts automobiles dans le cadre du projet « RESPONSE 3 », financé par l'Union européenne. La finalité du projet était de contribuer à la sécurité routière en construisant des *guidelines* et procédures qui visent à cadrer le développement des ADAS. Après plusieurs années d'échanges entre les parties prenantes au projet, le *CoP ADAS* fut finalisé en octobre 2006 sous la version 3.0 (Cotter & al., 2007).

Finalement, le *CoP ADAS* prend la forme d'un processus de développement permettant d'assurer une qualité ergonomique optimale et, surtout, la sécurité et contrôlabilité des systèmes ADAS. Il constitue une compilation de connaissances et de bonnes pratiques (méthodes, outils...) observées au sein des différents constructeurs et experts automobiles en ce qui concerne la conception et l'évaluation des ADAS ainsi que de leurs IHM (Schwarz, 2006). Cette compilation porte notamment sur l'identification, la gestion et l'évaluation des risques sécuritaires et de la contrôlabilité des ADAS.

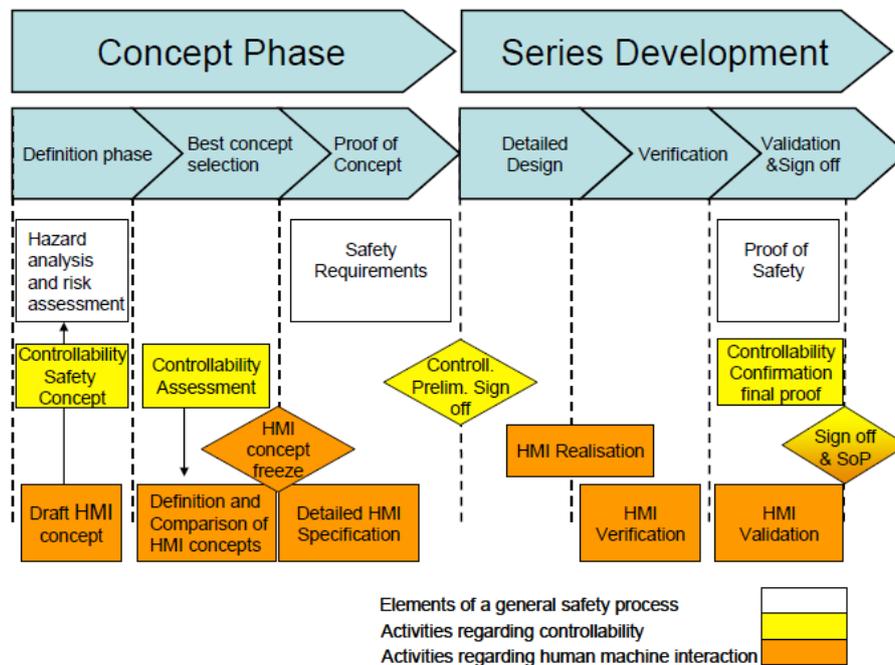


Figure 16. Vue globale des phases, étapes et activités du processus CoP ADAS.

Le processus, comme illustré par la figure ci-haut, est organisé en deux phases qui suivent la logique classique de développement système (cycle en V) : phase de conception et phase de développement. Chaque phase est composée de trois étapes. Chaque étape est constituée d'activités variées qui portent notamment sur les aspects sécuritaires et IHM des ADAS. À chacune de ces activités est associé un ensemble de moyens tels que des recommandations (normes ISO...), méthodes (évaluation des risques...) ou encore des outils (*checklists*...).

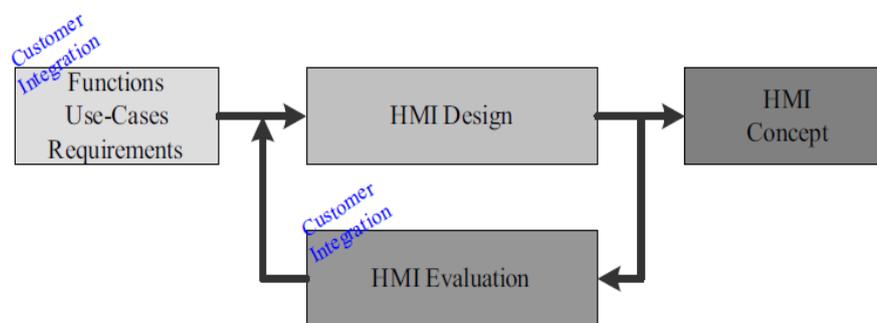
La phase de conception se divise en trois étapes : définition, sélection du meilleur concept et preuve de concept. La première étape, définition, consiste à générer et définir au moins un concept d'IHM en tenant en compte l'ensemble des recommandations et informations relatives au fonctionnement de l'ADAS concernée (ex. états et limites de la fonction), les usages (ex. environnement d'utilisation, groupes d'utilisateurs...) et les risques qui y sont liés. Ensuite, au cours

de la deuxième étape (sélection du meilleur concept), il s'agit de comparer les différents concepts proposés sur la base de certains critères (ex. sévérité des risques associés aux concepts, utilisabilité...) afin d'en choisir le meilleur. Enfin, le concept sélectionné est spécifié en détail au cours de l'étape « preuve de concept », en mettant l'accent sur les aspects sécuritaires/contrôlabilité. Par ailleurs, il s'agit aussi de préparer le transfert des activités, si nécessaire, entre départements (ex. du département de la recherche au département du développement).

La deuxième phase du processus *CoP ADAS* est la phase de développement. Tout comme la première phase, elle se divise en trois étapes : conception détaillée, vérification et validation/*sign-off*. L'étape de conception détaillée consiste, comme son nom l'indique, à spécifier encore plus en détail la solution/concept IHM retenu précédemment. Il s'agit par exemple de définir la couche physique (affichage et commande) de l'ADAS ou encore son intégration globale et les interactions avec les autres fonctions et systèmes du véhicule (ex. priorisation des alertes...). Ensuite, au cours de l'étape « Vérification », il s'agit de vérifier et documenter si les exigences de sécurité/contrôlabilité de l'IHM spécifiées sont remplies. Si ce n'est pas le cas, des plans d'action doivent être mis en place pour corriger les non-conformités. Enfin, la dernière étape du processus (validation/*sign-off*) consiste à confirmer que le système est conforme aux exigences de sécurité/contrôlabilité. Pour cela, une stratégie de validation doit être précisée sous forme d'un plan de validation qui doit définir, à titre d'exemple, différents scénarios de conduite et les méthodes à appliquer.

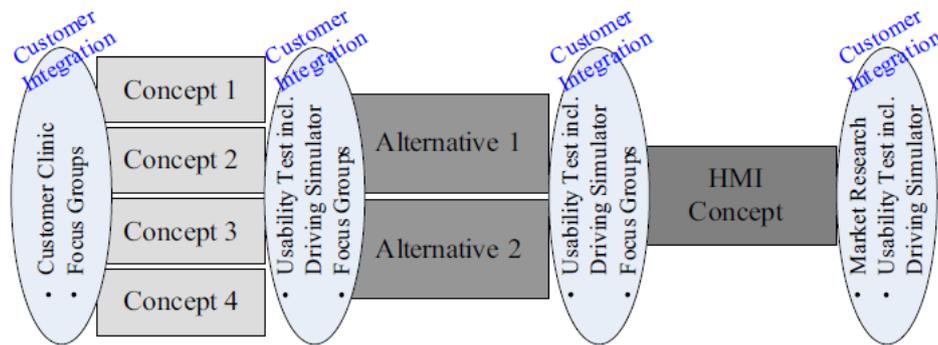
### 3.1.2.2.2. BMW iDrive Development Process

En 2008, BMW a introduit sur le marché avec la « série 7 » un nouveau système d'info-divertissement, le *iDrive*. Pour garantir un haut niveau d'utilisabilité du système, le constructeur automobile BMW s'est appuyé sur un processus de conception centrée utilisateur présenté dans (Niedermaier & al., 2009).



**Figure 17. Vue globale des étapes principales du processus de développement du système BMW iDrive. Extrait de (Niedermaier & al., 2009).**

Comme illustré par la figure ci-haut, le processus est composé de quatre étapes principales : Exigences, Conception IHM, Évaluation IHM et Concept IHM. La première étape, Exigences, consiste à identifier les besoins et exigences utilisateurs actuels et futurs qui sont, ensuite, transformés en fonctions et uses cases. Pour cela, on s'appuie, par exemple, sur des focus groups intégrant des utilisateurs des différents marchés cibles et sur des rapports d'études sur les usages de l'électronique grand public. La deuxième étape, Conception IHM, consiste à concevoir les solutions IHM. Pour cela, différentes équipes en compétition génèrent et proposent des hypothèses de conception sur la base des informations récoltées lors de l'étape précédente (fonctions à intégrer, uses cases...). Ces solutions sont ensuite maquettées de sorte qu'elles soient connectables au simulateur de conduite du constructeur.



**Figure 18. Vue globale de l'étape d'évaluation et des méthodes d'évaluation du processus BMW iDrive. Extrait de (Niedermaier & al., 2009).**

Ensuite, comme illustrée par la figure ci-haut, la troisième étape (Evaluation IHM) consiste à réduire le nombre de solutions IHM générées. Pour cela, on s'appuie sur diverses méthodes (tests utilisateurs sur simulateur de conduite, focus groups, *eye-tracking*...) qui permettent de récolter des données objectives (mesures de performances...) et subjective (facilité d'utilisation perçue, satisfaction...). Ainsi, de manière itérative, on réduit le nombre de solutions pour ne retenir qu'une seule.

Enfin, au cours de la dernière étape du processus (Concept IHM), il s'agit de spécifier en détail la solution IHM retenue puis procéder à des tests de validation. En effet, après définition détaillée de la solution IHM, il s'agit de l'implémenter dans un prototype roulant pour procéder à des tests de validation, sur les différents marchés principaux, auprès d'utilisateurs représentatifs. Là aussi, notamment grâce à des tests sur route, des données objectives et subjectives sont récoltées.

### 3.2. Méthodes d'appui aux processus de CCU

Pour implémenter les processus décrits ci-haut et exécuter les différentes étapes qui les composent, les ergonomes/concepteurs s'appuient sur un ensemble de méthodes. Dans ce qui suit, nous allons passer en revue les méthodes les plus utilisées en développement des systèmes interactifs, de manière générale, puis les méthodes spécifiques au développement des IHM automobiles.

La littérature ergonomique, facteur humain et IHM rapporte un nombre substantiel de méthodes permettant la *conception* et/ou l'*évaluation* des IHM de systèmes interactifs. C'est un sujet foisonnant où il existe une littérature abondante comme l'illustre le « Tableau 1 ». D'ailleurs, ce volume conséquent de connaissance ne facilite pas la recherche d'information pour les ergonomes praticiens, ce qui, comme on le verra dans le « chapitre 4 », un frein pour la dissémination de la connaissance ergonomique.

**Tableau 1. Exemples de références et nombre de méthodes citées.**

Références	Titre	# pages	# méthodes
(Salvendy, 2012)	<i>Handbook of human factors and ergonomics</i>	1732	> 100
(Stanton & al., 2004)	<i>Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods</i>	880	83
(Stanton & al., 2013)	<i>Human Factors Methods: A Practical Guide for Engineering and Design</i>	656	107
(Harvey & Stanton, 2013)	<i>Usability evaluation for in-vehicle systems</i>	212	12
ISO 16982 (2002)	Méthodes d'utilisabilité pour la conception centrée sur l'opérateur humain	45	12
(Lallemand & Gronier, 2018)	Méthodes de design UX	695	95
(Bastien & Scapin, 2004)	La conception de logiciels interactifs centrée sur l'utilisateur : étapes et méthodes	12	30

La revue de littérature conduite dans le cadre de la thèse, sur les bases de données les plus connues (Springer Link, ScienceDirect, Taylor & Francis, ACM Digital Library...) couvrant à la fois les domaines de l'ergonomie, le facteur humain et l'IHM, a permis d'identifier 155 méthodes, en incluant les méthodes d'ergonomie physique et psychophysique. Les méthodes spécifiques à la conception/évaluation des systèmes interactifs, principalement les méthodes d'ergonomie cognitive, constituent une centaine et sont potentiellement applicables à la conception/évaluation des IHM automobiles.

Afin de rendre le paysage des méthodes d'ergonomie cognitive des IHM plus lisible, diverses classifications sont proposées dans la littérature, notamment dans (Grislin & Kolski, 1996) et (Bastien & Scapin, 2004). Pour Nielsen et Molich (1990), il existe des approches dites prédictives et d'autres expérimentales. Senach (1990) distingue entre approches analytiques et empiriques. Pour Sweeney, Maguire et Schakel (1993), il y a trois familles : les méthodes basées sur l'utilisateur, la théorie ou une expertise. Quant à la norme ISO 16982 (2002), portant sur les méthodes d'utilisabilité, elle distingue les méthodes de conception des méthodes d'évaluation. Dans le cadre de la présente thèse, nous retenons cette dernière classification. Ainsi, comme le stipule la même norme, la différence entre les deux types de méthodes est une différence de *focalisation*. Là où les **méthodes de conception** permettent de guider la conception de manière à **identifier les exigences utilisateurs**, les méthodes d'évaluation, quant à elles, permettent **d'apprécier les solutions/hypothèses** de conception selon certaines dimensions ou par rapport à un modèle.

### 3.2.1. Méthodes génériques

Les méthodes de développement (conception et évaluation) de l'expérience utilisateur des systèmes interactifs sont largement documentées, comme illustré par le « Tableau 1 ». Nous n'allons, ici, passer en revue que les méthodes les plus usitées. Le lecteur peut se référer aux références citées ci-haut pour plus d'informations, notamment (Bastien & Scapin, 2004 ; Lallemand & Gronier, 2018 ; Stanton & al., 2004).

### 3.2.1.1. Conception

En phase de conception, l'ergonome dispose d'un large panel de méthodes qui, souvent, se déclinent en plusieurs techniques/variantes.

La **méthode d'observation**, par exemple, consiste à collecter des informations sur le comportement des utilisateurs sur le terrain, en conditions naturelles. Cette méthode est particulièrement intéressante, car elle permet d'accéder aux comportements réels, non verbaux, de l'utilisateur, qui peuvent être différents de ce qu'il déclare. La mise en pratique de cette méthode s'effectue au travers de diverses techniques telles que *l'observation systématique* (c.-à-d. technique la plus scientifique permettant d'observer des comportements préalablement définis) ou le *shadowing* (c.-à-d. filature de l'utilisateur durant une période donnée sans intervention sur son activité).

La **méthode d'entretien** est l'une des méthodes incontournables en design UX. Elle consiste, globalement, en un dialogue entre le concepteur et l'utilisateur cible. Elle permet de récolter des données précieuses sur les avis, attentes, besoins... des utilisateurs qui, ensuite, peuvent être transformés en exigences de conception. La mise en place de cette méthode se fait, par exemple, via des *entretiens directs* (c.-à-d. les questions et leur ordre sont imposés à l'utilisateur) ou des *entretiens semi-directifs* (c.-à-d. le dialogue est orienté par des thématiques préalablement définies avec un certain niveau de flexibilité).

Les **méthodes de créativité** consistent à générer des idées (concepts, usages...), notamment innovantes, au travers d'interactions au sein de groupes pouvant accueillir, ou non, l'utilisateur final. Les plus célèbres méthodes de créativité sont notamment le *brainstorming* et les *focus groups*. Le *brainstorming* consiste, principalement, à réunir un groupe de concepteurs afin qu'ils proposent des idées, sous la supervision d'un modérateur, qui sont ensuite triées et évaluées. Le *focus group*, à contrario, consiste à réunir un expert/concepteur et un/des groupe(s) d'utilisateur(s) afin de générer des idées et recueillir leurs besoins, attentes... au travers des interactions qu'ils auront entre eux.

La **méthode du Design collaboratif/Design studio** (Lallemand & Gronier, 2018 ; Pascal & al., 2009), consiste à mobiliser et impliquer les différents concepteurs et métiers/compétences de l'entreprise ainsi que l'utilisateur final dans le but de collaborer à la conception du système. Cette méthode, comme rappelée par la norme ISO 16982 (2002), insiste sur l'importance d'intégrer de manière active l'utilisateur final et lui confier un rôle égal aux autres participants.

Les méthodes **d'architecture de l'information**, quant à elles, permettent d'appréhender la logique utilisateur de catégorisation, organisation et structuration de l'information. Ayant accès à ces données, il est possible aux concepteurs de, par exemple, spécifier des menus intuitifs et adaptés aux modèles mentaux des utilisateurs. La méthode la plus connue en conception de l'architecture de l'information des systèmes interactifs est sans doute la méthode du **tri de cartes**. Cette dernière consiste, globalement, à présenter à l'utilisateur un ensemble de contenus sous forme de cartes (représentant des fonctions, menus, pages de site web...) qu'il doit organiser en groupes logiques de son point de vue, puis les nommer (Bastien & Masseroni, 2011). Là aussi, il existe plusieurs types de tri de cartes. Le premier, appelé « **tri de cartes ouvert** », consiste en un regroupement des cartes par les utilisateurs en catégories logiques de leurs points de vue, puis les nommer/labéliser. Le deuxième type, « **tri de cartes fermé** », consiste en un regroupement des cartes par les utilisateurs en catégories préalablement définies par le concepteur, puis à les nommer/labéliser. Le troisième type, appelé « **tri de cartes hybrides** », est une hybridation des deux premiers types. Il s'agit, pour les utilisateurs, de

regrouper les cartes soit dans des catégories préalablement définies par le concepteur, soit à en créer d'autres, plus logiques, de son point de vue. Ensuite, il s'agit de nommer/labéliser ces différentes catégories. En outre, afin de réduire les ressources nécessaires au tri de cartes (temps de passation, temps d'analyse et le nombre de sujets), Paul (2008) cité dans (Lallemand & Gronier, 2018) propose une alternative en mode « guérilla » : *le tri de cartes Delphi*. Ce dernier est similaire au tri de cartes ouvert à une exception près : chaque utilisateur s'appuie sur l'organisation proposée par son prédécesseur, qu'il commente et modifie si nécessaire. Ainsi, l'organisation et labélisation des contenus sont consolidées au fur et à mesure des passations.

### 3.2.1.2. Evaluation

Tout comme les phases de conception, l'ergonome dispose d'un large panel de méthodes en phase d'évaluation.

La méthode la plus connue et utilisée est le **test utilisateur**. Le principe de cette méthode est de « *mettre en situation l'utilisateur afin d'observer ses comportements, ses réactions et sa performance dans la réalisation de tâches prédéfinies* » (Lallemand & Gronier, 2018). Cette méthode permet de recueillir des données quantitatives et qualitatives qui caractérisent l'utilisabilité, ou l'expérience utilisateur, du système testé et s'applique tout au long du processus, de l'amont (en s'appuyant sur des maquettes basses fidélité) à l'aval (en s'appuyant sur des prototypes haute-fidélité, ou même le produit fini).

Les méthodes **d'inspection** (Scapin & Bastien, 1997) sont aussi très connues et utilisées. *L'inspection heuristique*, par exemple, consiste à examiner l'interface d'un système suivant un jeu de critères/heuristiques (Nielsen & Molich, 1990 ; Bastien, 1996 ; Shneiderman et al., 2016) afin de relever les problèmes d'utilisabilité. *L'inspection cognitive (cognitive walkthrough)*, quant à elle, consiste à simuler le fonctionnement cognitif de l'utilisateur final. Il s'agit pour l'expert, après définition des tâches à réaliser et leur décomposition en étapes, de parcourir le système tout en s'interrogeant sur ce que l'utilisateur final pourrait rencontrer comme difficultés.

Une des méthodes les plus répandues en évaluation des systèmes interactifs est l'évaluation par **questionnaires**. Ce type de méthode requiert la participation directe de l'utilisateur et consiste, au moyen de questionnaires préalablement définis, de recueillir son opinion/attitude vis-à-vis du système testé (ISO 16982, 2002). Ainsi, il est possible d'évaluer l'expérience utilisateur globale ou une de ses composantes (ex. utilisabilité, émotions...) et, notamment, de récolter des données quantitatives qui, par la suite, peuvent servir à comparer différents systèmes et communiquer facilement les résultats de l'évaluation. Afin de mener ce type d'évaluation, la littérature rapporte un nombre conséquent de questionnaires standardisés. Nous en présentons ici, à titre d'exemple, quelques-uns en fonction du construit sous-jacent :

- *Expérience utilisateur globale*
  - Le questionnaire **AttrakDiff<sup>21</sup>**, développé par Hassenzahl et ses collègues (2003), est très populaire. Récemment traduit et validé en langue française (Lallemand et al., 2015), l'Attrakdiff est composé de 28 items qui se présentent sous forme de différenciateurs sémantiques. L'ensemble de ces items est réparti en 4 dimensions (qualité pragmatique, qualité hédonique-stimulation, qualité hédonique-identité et qualité globale). Après calcul

---

<sup>21</sup> Disponible en annexe N°8.

des scores, les résultats peuvent être présentés sous forme de diagrammes (valeurs moyennes ou de paires de mots) ou de portfolio.

- Le questionnaire **meCUE (modular evaluation of key Components of User Experience)** est développé par Minge et Riedel (2013). Il se compose de 34 items organisés en 4 groupes, appelés modules : perceptions du produit, émotions, conséquences de l'usage et évaluation globale. Les items des trois premiers modules se présentent sous forme affirmative où l'utilisateur doit indiquer son niveau d'accord sur une échelle de Likert à 7 points ; tandis que la dernière question du module 4, demande à l'utilisateur une évaluation globale de -5 à +5. Après calcul des scores, il est possible de présenter les données par items ou modules.
- *Utilisabilité*
  - Le **SUS (System Usability Scale)**<sup>22</sup> est sans doute le questionnaire le plus utilisé en évaluation de l'utilisabilité des systèmes interactifs. Développé par Brooke (1996), le SUS est composé de 10 items, sous forme affirmative, envers lesquels l'utilisateur exprime son niveau d'accord sur une échelle de Likert à cinq réponses (1 pas du tout d'accord à 5 : tout à fait d'accord). Ainsi, il est possible de dériver un score entre 0 et 100, qui n'est pas un pourcentage.
  - Le **DEEP (Design-oriented evaluation of perceived usability)**<sup>23</sup> est né du constat suivant : les questionnaires classiques d'utilisabilité détectent les problèmes d'utilisation, mais n'indiquent pas l'aspect de l'IHM qui génère ces problèmes. Afin de pallier à cette limite, Yang et ses collègues (2012) proposent le DEEP. C'est un questionnaire en 19 items, sous forme affirmative tout comme le SUS, organisés en plusieurs dimensions : structure et architecture de l'information, navigation, guidage visuel... Pour chaque item ou dimension, on procède au calcul de la moyenne. Si cette moyenne est égale ou inférieure à 3, cela est considéré comme un problème d'utilisabilité qui doit être corrigé (Lallemand & Gronier, 2018).
- *Charge mentale*
  - Le **SMEQ (Subjective Mental Effort Questionnaire)** est un questionnaire développé par Zijlstra (1985). Il permet de mesurer l'effort mental après la réalisation d'une tâche. Le questionnaire n'est composé que d'une seule échelle (de 1 à 150) qui permet à l'utilisateur d'indiquer l'exigence mentale de la tâche sur plusieurs graduations.
  - Le **NASA-TLX (National Aeronautics and Space Administration Task Load Index)** est un questionnaire multidimensionnel issu des travaux de la NASA<sup>24</sup> (Hart & Staveland, 1988). Le questionnaire permet de mesurer la charge de travail perçue selon 6 dimensions : exigence mentale, exigence physique, pression temporelle, performance, effort et frustration. Les 6 items du questionnaire se présentent sous forme d'échelles où l'utilisateur attribue un score entre 0 et 100. Ensuite, les 6 items sont présentés par paires à l'utilisateur qui indiquent leur importance relative.

---

<sup>22</sup> Disponible en annexe N°6.

<sup>23</sup> Disponible en annexe N°7.

<sup>24</sup> National Aeronautics and Space Administration.

### 3.2.2. Méthodes spécifiques aux IHM automobiles

Dans le domaine de la conception et évaluation des IHM automobiles embarquées, il existe aussi plusieurs méthodes (Pauzie & Orfila, 2016). Certaines sont directement tirées du domaine, plus général, des systèmes interactifs. D'autres, comme on le verra, sont développées pour le contexte spécifique de l'automobile.

#### 3.2.2.1. Conception

Outre les méthodes génériques exposées dans les sections précédentes (questionnaires, entretiens, focus groups, brainstorming...), on s'appuie généralement, durant les phases de conception des IHM automobiles embarquées, sur deux méthodes principales. Le **benchmarking** et **l'application de guidelines/exigences**.

La **méthode du benchmarking** (Bastien & Scapin, 2004) est largement répandue dans l'industrie automobile. Cette méthode consiste à analyser les systèmes concurrents afin d'identifier les meilleures pratiques (*best practices*) ainsi que les points positifs et négatifs du système qui peuvent, par la suite, être transformés en exigences et spécifications IHM.

La deuxième méthode, **application de guidelines**, consiste à appliquer un certain nombre d'exigences formulées, par exemple, sous forme de principes ou spécifications. Ces dernières encadrent, orientent, parfois imposent une définition/solution IHM. De manière globale, on peut distinguer deux types de guidelines : les guidelines réglementaires et non réglementaires. Les exigences non réglementaires sont optionnelles. Les constructeurs automobiles peuvent ne pas les respecter, sans incidence sur l'homologation de leurs véhicules et/ou systèmes embarqués. Dans cette catégorie, nous pouvons citer les guidelines produites par des organismes tels que l'ISO (Organisation Internationale de Normalisation) ; l'Union européenne au travers des ESOP (*European Statement of Principles*) ; l'agence américaine chargée de la sécurité routière (c.-à-d. la NHTSA : *National Highway Traffic Safety Administration*) ; la JAMA (*Japan Automobile Manufacturers Association*) ou encore la SAE (*Society of Automotive Engineers*). Le tableau ci-dessous fournit quelques exemples d'exigences non réglementaires.

Quant aux exigences réglementaires, les constructeurs automobiles sont tenus de les respecter. À défaut, leurs véhicules et/ou systèmes embarqués ne sont pas homologués. Dans cette catégorie, nous pouvons citer les exigences d'organismes tels que l'ONU (Organisation des Nations Unies), l'Euro NCAP<sup>25</sup> (*European New Car Assessment Program*), qui est un organisme indépendant d'homologation des véhicules automobiles, ou encore les exigences fédérales américaines FMVSS (*Federal Motor Vehicle Safety Standards*).

---

<sup>25</sup> <https://www.euroncap.com/fr>

Tableau 2. Exemples d'exigences non réglementaires.

Organisme	Référence	Exemple de guidelines/exigences													
ISO	(ISO 12214, 2018)	<i>Turn signal : Raising or lowering the left stalk on left-hand drive vehicles should be the motion for, respectively, signalling a right or left turn.</i>													
	(ISO 2575, 2010)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>N° de symbole</th> <th>Forme du symbole</th> <th>Description/application du symbole</th> <th>N° d'enregistrement ISO/CEI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>B.01</td> <td></td> <td>Défaillance du système de freinage Témoin rouge Si un seul témoin indique plus d'une condition sur le système de freinage, c'est ce symbole qui doit être utilisé.</td> <td>Application de l'ISO 7000-0239</td> </tr> <tr> <td>B.02</td> <td></td> <td>Frein de stationnement Témoin rouge Si un seul témoin indique plus d'une condition sur le système de freinage, c'est le symbole de défaillance du système de freinage (B.01) qui doit être utilisé.</td> <td>Application de l'ISO 7000-0238</td> </tr> </tbody> </table>	N° de symbole	Forme du symbole	Description/application du symbole	N° d'enregistrement ISO/CEI	B.01		Défaillance du système de freinage Témoin rouge Si un seul témoin indique plus d'une condition sur le système de freinage, c'est ce symbole qui doit être utilisé.	Application de l'ISO 7000-0239	B.02		Frein de stationnement Témoin rouge Si un seul témoin indique plus d'une condition sur le système de freinage, c'est le symbole de défaillance du système de freinage (B.01) qui doit être utilisé.	Application de l'ISO 7000-0238	
N° de symbole	Forme du symbole	Description/application du symbole	N° d'enregistrement ISO/CEI												
B.01		Défaillance du système de freinage Témoin rouge Si un seul témoin indique plus d'une condition sur le système de freinage, c'est ce symbole qui doit être utilisé.	Application de l'ISO 7000-0239												
B.02		Frein de stationnement Témoin rouge Si un seul témoin indique plus d'une condition sur le système de freinage, c'est le symbole de défaillance du système de freinage (B.01) qui doit être utilisé.	Application de l'ISO 7000-0238												
UE	(European Commission, 2008)	<p><i>System functions not intended to be used by the driver while driving should be made impossible to interact with while the vehicle is in motion, or, as a less preferred option, clear warnings should be provided against the unintended use.</i></p> <p><i>The driver should always be able to keep at least one hand on the steering wheel while interacting with the system.</i></p>													
NHTSA	(Campbell & al., 2004)	<i>Use the auditory modality for presenting high priority alerts and warnings; present additional contextual information visually.</i>													
	(Campbell & al., 2016)	<p><i>HUDs<sup>26</sup> can be used to present critical forward field of view warnings that would not be appropriate for head-down displays, such as location of hazards for imminent FCWs and intersection hazards.</i></p> <p><i>Information presented in the HUD is interpretable within the HUD and does not require visual reference to other head down displays.</i></p>													

### 3.2.2.2. Evaluation

Outre les méthodes d'évaluations génériques exposées dans la section 3.2.1.2 (entretiens, observation...), il existe des méthodes spécifiques à l'évaluation des IHM automobiles embarquées. La spécificité de ces méthodes réside notamment dans le fait qu'elles ciblent l'évaluation de l'effet des tâches secondaires (ex. interaction avec les systèmes embarqués...), puisque le conducteur se trouve en situation de double tâche.

Globalement, nous pouvons distinguer deux approches/types d'évaluations des IHM automobiles : les **évaluations expertes**, impliquant des spécialistes en utilisabilité/facteur humain et les **évaluations utilisateurs**, impliquant les potentiels futurs clients/utilisateurs. Concernant l'approche experte, l'une des méthodes les plus utilisées, tout comme en évaluation des systèmes interactifs de manière générale, est sans doute l'**inspection heuristique**. Pour exécuter cette méthode, on s'appuie sur un ensemble de connaissances ergonomiques spécifique à l'interaction

<sup>26</sup> Head-up display: affichage tête haute.

homme-machine dans le contexte automobile, pouvant prendre la forme de guidelines (cf. tableau 2), recommandations, critères (cf. annexe 1) ou encore de checklists (cf. annexe 9).

Quant à l'approche d'évaluation utilisateur, on constate deux axes méthodologiques majeurs : mesures de performances, qui s'appuient sur des méthodes objectives, et les mesures attitudinales, qui s'appuient sur des méthodes subjectives. Pour effectuer les **mesures de performances**, divers protocoles/méthodes existent. À titre d'exemple, nous pouvons citer :

- **La méthode de l'occlusion** (ISO 16673, 2017 ; NHTSA, 2012) : La méthode de l'occlusion permet de mesurer l'exigence et distraction visuelle induites par l'usage des systèmes automobiles embarqués. Par le biais d'une vision intermittente du système (cf. figure 19), qui peut être assurée par divers moyens d'occlusion (ex. lunette qui cache la vue, écran éteint/allumé...), le protocole simule les interruptions et détournements de regards du conducteur causés par l'utilisation des systèmes embarqués.

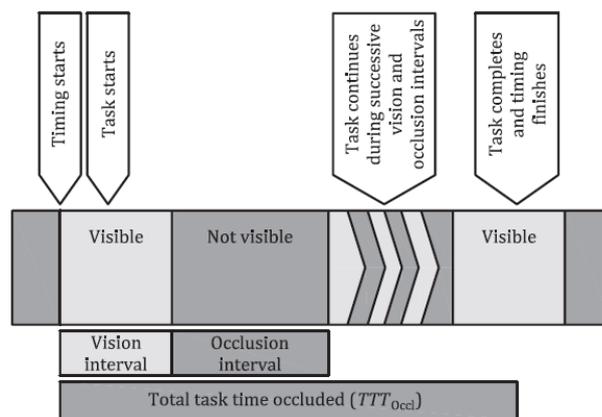


Figure 19. Principe de la méthode de l'occlusion. Extrait de (ISO 16673).

- **Le LCT (Lane-Change Test)** (ISO 26022, 2010) : Le LCT permet de mesurer l'exigence et distraction induites par les tâches secondaires. Cela se fait au travers de la dégradation de la tâche principale de conduite. Dans ce test, la tâche principale consiste à conduire un véhicule sur simulateur et changer de voie dès que cela est indiqué ; quant aux tâches secondaires, elles consistent à utiliser le système testé. L'écart entre la performance de changement de voie du conducteur et un modèle optimal de performance (cf. figure 20) constitue la mesure de dégradation de la tâche principale de conduite induite par le système testé.

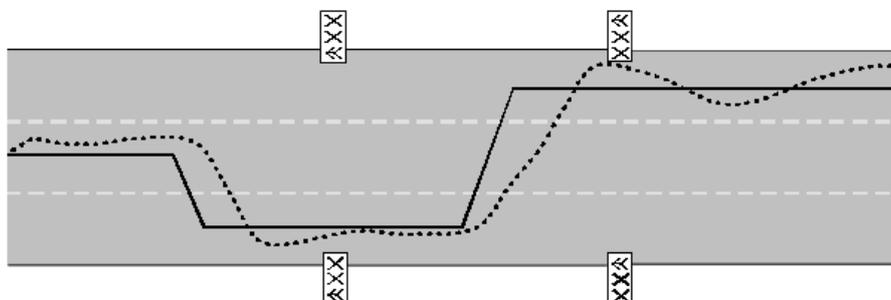


Figure 20. Comparaison de la performance optimale (ligne continue) et la performance réelle du conducteur (ligne discontinue).

- **La DRT (*Detection Response Task*)** (ISO 17488, 2016) : La DRT permet de mesurer les effets attentionnels de la charge cognitive en conduite automobile. Cette méthode est basée sur le postulat du *tunnel cognitif* de Dirkin (1983) et des travaux de Miura (1986), où ils observent un rétrécissement du champ visuel en cas d'augmentation de la charge cognitive. Dans la DRT, les conducteurs sont invités à conduire et à signaler dès qu'ils détectent un stimulus (ex. *LED* allumée en vision périphérique). Le temps de réponse et la précision de détection de ces stimulus sont les principales mesures de la DRT. La comparaison des performances de détection avec et sans utilisation des systèmes embarqués est ensuite considérée comme indicateur de la charge induite par leur utilisation.

Ce qui est des **mesures attitudinales**, on s'appuie généralement sur un ensemble de questionnaires. À titre d'exemple, nous pouvons citer :

- **Le DALI (*Driving Activity Load Index*)** : Le DALI, développé par Pauzié (2008), est une variante du NASA-TLX adapté à la tâche de conduite. Il permet de mesurer la charge mentale du conducteur à l'aide de six facteurs/dimensions : effort d'attention, demande visuelle, demande auditive, demande temporelle, interférence et stress situationnel. Ce questionnaire est administré de la même manière que le NASA-TLX (cf. section 3.1.1.2).
- **Le PSA-TLX (*PSA Task Load Index*)** : Le PSA-TLX est un questionnaire développé par le constructeur automobile du même nom : PSA. Tout comme le DALI, le PSA-TLX est inspiré du NASA-TLX et permet de mesurer la charge mentale du conducteur (Johansson, 2004). Ici, la charge mentale est évaluée à l'aide de sept dimensions (contrôle latéral de trajectoire, contrôle longitudinal de trajectoire, réactivité à un environnement statique, réactivité à un environnement dynamique, suivi d'itinéraire, usage approprié des commandes et réactivité aux états et signaux de sécurité) et quatre facteurs (stress, fatigue, insatisfaction générale et découragement). Cependant, il est à noter que l'usage du questionnaire est prévu uniquement pour les tests sur route ; il n'est pas conçu pour une utilisation sur simulateur.
- **L'ESOP *usability questionnaire*** : Ce questionnaire, proposé dans (Board & Stevens, 2002), est basé sur les guidelines/recommandations de l'ESOP (cf. section 3.2.2.1). Il permet d'évaluer, du point de vue utilisateur, la facilité d'utilisation des systèmes automobiles embarqués. Il se compose de 20 items formulés sous forme affirmative. L'utilisateur doit indiquer son niveau d'accord sur une échelle de Likert à 5 points.

### 3.3. Discussion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les deux philosophies/approches de développement des IHM automobiles embarquées adoptées par les constructeurs automobiles : l'ingénierie système (cycle en V) et la conception centrée utilisateur (CCU). Ensuite, nous avons présenté un état de l'art non exhaustif des méthodes d'appui au processus de CCU dans le domaine générique des systèmes interactifs, puis dans le domaine spécifique des IHM automobiles embarquées.

Ainsi, on constate que la conception et évaluation des IHM automobiles embarquées obéit effectivement à la philosophie de CCU. Par ailleurs, on constate aussi que les méthodes d'appui à ce type de processus sont diverses et variées. En effet, il existe un nombre considérable de méthodes ergonomiques potentiellement applicables à la conception et évaluation des IHM automobiles embarquées.

Or, malgré l'approche de CCU, il subsiste des défauts ergonomiques et des plaintes d'utilisateurs finaux concernant l'utilisabilité des IHM automobiles embarquées. De plus, malgré l'arsenal méthodologique à disposition des praticiens-ergonomes, ces derniers n'ont recours, comme on le verra plus loin, qu'à un nombre limité de méthodes. Cet écart entre le savoir méthodologique existant et le savoir méthodologique déployé par les praticiens est connu dans la littérature scientifique sous **la problématique du *gap recherche-pratique***.

Dans le chapitre suivant, nous allons aborder la problématique du *gap recherche-pratique* en présentant chacune de ses composantes (discipline et profession), un bref historique ainsi que les causes du *gap* identifiées dans la littérature.



# **PARTIE 2**

# **PROBLÉMATIQUE**



# IV. Problématique

## 4.1. Introduction

Il existe dans la littérature diverses définitions de l'ergonomie (Falzon, 2004). Elles reflètent une histoire riche, des visions/courants différents et des pratiques variées. Parmi ces définitions, celle de l'IEA (Association Internationale d'Ergonomie) est particulièrement intéressante.

En effet, selon la dernière définition de l'IEA, l'ergonomie, ou facteur humain, « est la **discipline scientifique** qui vise la compréhension fondamentale des interactions entre les humains et les autres composantes d'un système, et la **profession** qui applique principes théoriques, données et méthodes en vue d'optimiser le bien-être des personnes et la performance globale des systèmes ».

Cette définition est intéressante pour deux raisons. D'abord parce que, contrairement à d'autres, elle met en évidence de manière explicite les **deux versants dichotomiques de l'ergonomie**, à savoir : l'ergonomie en tant que **discipline scientifique** et l'ergonomie en tant que **profession**. Ensuite, de manière plus implicite, elle pointe la **relation fondamentale entre les deux versants** où chacun tient un rôle précis : la **discipline** cherche à construire un corpus de savoir/connaissance sur les interactions humain-système ; la **profession** vise à mettre ce corpus en application.

Idéalement, comme rappelé par Singleton (1994) cité dans (Chung et Shorrock, 2011), la discipline scientifique doit éclairer la pratique par des recherches écologiquement valables, pertinentes et utilisables. La profession, quant à elle, doit fonder ses pratiques sur la base de recherches scientifiques et poser à la discipline davantage de questions. Or, dans les faits, la relation réelle entre les deux versants de l'ergonomie est discutable, car, comme on le verra plus loin, il existe une scission, voir selon certains auteurs un schisme (Chung et Shorrock, 2011), entre les deux versants. Cette scission a été, depuis des années, étudiée sous la problématique du *gap* recherche-pratique.

Dans ce qui suit, nous proposons d'analyser chacune des composantes de cette problématique : la *discipline scientifique* (quel(s) type(s) de savoir(s) produit-elle ? Comment le produit-elle ? ...), la *pratique professionnelle* (quel type(s) de savoir(s) valorisent les praticiens ? Comment s'approprient-ils ce savoir ? ...) et, enfin, la *relation entre les deux versants*.

## 4.2. Ergonomie : la discipline scientifique

Toute science, qu'elle soit « dure » (c.-à-d. sciences de la nature/sciences formelles) ou « molle » (c.-à-d. sciences humaines et sociales) a pour vocation, entre autres, d'expliquer le monde dans lequel nous évoluons par la production de nouvelles connaissances, repoussant ainsi la frontière du savoir. Autrement dit, toute science a pour objectif d'agrandir la sphère de la connaissance en déplaçant la frontière du savoir (Dumez, 2011).

La production de la connaissance en ergonomie, en tant que discipline scientifique, obéit, de manière simplifiée, à deux modes de construction du savoir : le laboratoire et le terrain. Bien que l'idée ne soit pas de revenir sur le débat classique laboratoire *versus* terrain, il est important, à notre sens, de décrire succinctement comment la production du savoir ergonomique s'opère pour alimenter notre réflexion sur le *gap* recherche-pratique.

**Tableau 3. Modes de production de la connaissance en ergonomie.**

	Mode 1	Mode 2
Contexte	Laboratoire	Terrain
Objet	Sujet démonstratif	Sujet opératif
Approche méthodologique	Expérimentation	Observation
Généralisation	Facilement généralisable	Difficilement généralisable

Comme illustré par le tableau ci-dessus, la recherche, obéissant au 1<sup>er</sup> mode de production du savoir, est conduite dans un contexte expérimental, généralement dans un laboratoire. Cela permet de contrôler un maximum de variables pour saisir, par exemple, les processus cognitifs du sujet qui, comme rappelé dans (Falzon, 1998), ne fonctionne que pour fonctionner et suivre les consignes de l'expérimentateur ; ce qui est une limite considérable, car le sujet se retrouve détaché du contexte réel, qui est un déterminant considérable de l'activité.

A contrario, le 2<sup>ème</sup> mode est conduit sur le terrain, en conditions réelles. À l'aide, par exemple, d'observations sur le terrain, on arrive à capter l'activité réelle – et ses caractéristiques- conduite par un sujet opératif motivé par un objectif d'action sur son environnement ; ce qui est difficile, voire impossible, à reproduire en laboratoire. Cependant, là aussi, l'approche a ses propres limites comme un contrôle moins rigoureux des variables pouvant influencer sur l'opérateur.

L'ergonomie de tradition francophone, en ce qui nous concerne, privilégie le terrain (mode 2), avec une préférence pour les études de cas, ce qui, d'ailleurs, pose un défi fondamental quand il s'agit de généraliser les résultats. Cependant, là n'est pas le propos dans le cadre de nos recherches ; cette question ne sera donc pas traitée ici. Le lecteur peut se référer au texte de Falzon (1997) « *La construction des connaissances en ergonomie : éléments d'épistémologie* » pour plus d'éléments sur le sujet. Ce qui nous intéresse, en revanche, c'est les types de savoir produit, l'évolution de ce savoir, son processus de dissémination et, enfin, comment il est approprié par les ergonomes praticiens.

Le savoir scientifique, de manière générale, se cristallise sous des formes diverses et variées. En effet, que ce soit en sciences dures ou molles, le savoir peut, par exemple, prendre la forme d'une théorie (ex. théorie de la forme Gestalt (Graham, 2008), un modèle (ex. le modèle des ressources multiples (Wickens, 2008), un concept (ex. la charge mentale/cognitive (Jourdan & Theureau, 2002), une méthode (ex. le test utilisateur), un outil (ex. grille d'analyse heuristique) ... Dans le cas de l'ergonomie qui, rappelons-le, s'est construite avec comme objectif d'étudier l'humain au travail, on peut distinguer de manière globale, deux types de savoirs : **le savoir sur l'humain au travail** (sous ses différentes facettes : physique, physiologique, cognitive, psychologique ...) et **le savoir sur l'action ergonomique** (méthodologies d'analyse/intervention dans les situations de travail, méthodologies de conception/évaluation des dispositifs techniques et organisationnels) (Falzon, 1997).

Dans le cadre de nos travaux, nous nous intéressons uniquement au deuxième type de savoir : le savoir sur l'action ergonomique. Plus précisément, il s'agit des méthodes de conception et évaluation des Interfaces Humain-Machine. Comme exposé dans la partie précédente, le volume des méthodes rapporté dans la littérature est conséquent. En effet, l'état de l'art a permis d'identifier un nombre non négligeable de méthodes potentiellement applicables en conception/évaluation des IHM. Les praticiens ont donc, théoriquement, à leur disposition un arsenal méthodologique qui, s'ils se l'approprient correctement, leur permettrait de développer des produits/services d'une qualité ergonomique irréprochable. Or, nous le verrons, le taux d'absorption de ce type de savoir par les praticiens est faible.

Dans la section suivante, nous allons traiter l'autre versant dichotomique de l'ergonomie : la profession. On propose de le faire par l'analyse des pratiques professionnelles en termes de méthodes de conception/évaluation de l'UX et l'utilisabilité des systèmes interactifs. Pour cela, nous allons nous appuyer sur un ensemble d'enquêtes afin de répondre, entre autres, aux questions suivantes : comment les praticiens s'approprient le savoir sur l'action ergonomique ? Qu'est-ce qui est valorisé dans ce savoir ? Quelles méthodes sont les plus utilisées ?...

### 4.3. Ergonomie : la profession

La littérature regorge d'études et enquêtes sur l'usage et l'appropriation, par les praticiens, des méthodes de design UX des systèmes interactifs. Ce type d'études est, à notre sens, d'une importance capitale pour les deux communautés. Elles permettraient de comprendre les pratiques professionnelles, comprendre comment la profession absorbe les productions scientifiques et identifier des pistes de réflexion qui, à leur tour, aideront à porter une recherche scientifique utile/pertinente et améliorer la pratique de l'ergonomie. Qu'apprend-on alors dans ce genre d'enquêtes/études ?

Avant de répondre à cette question, il est d'abord important de préciser le contexte dans lequel évoluent les praticiens-ergonomes. L'activité de ces derniers, que ce soit en industrie ou dans les services, s'inscrit, de manière générale, dans un contexte d'ingénierie suivant, par exemple, le processus de conception en V ou les *Frameworks* agiles (ex. Scrum, SAFe). Comme rappelé par Wixon (2003), l'essence de l'ingénierie consiste, en simplifiant, à construire un système qui respecte un ensemble d'exigences tout en optimisant les compromis entre les différents acteurs. L'objectif est de développer un produit conforme aux exigences spécifiées, le plus vite et avec le moins de ressources possible. En conséquence, **le planning (c.-à-d. rapidité d'exécution) et les ressources sont deux caractéristiques fondamentales que les méthodes de design UX des systèmes interactifs doivent satisfaire pour qu'elles soient adaptées au contexte d'application et adoptées par les praticiens.** Qu'en est-il effectivement ?

Comme rappelé dans (Bastien, 2010), il y a trois approches standards en termes de méthodes UX : les méthodes basées sur l'inspection (ex. inspection heuristique), les méthodes basées sur l'utilisateur (ex. tri de cartes) et les méthodes basées sur les modèles (ex. KLM). Cette dernière approche, étant considérée comme limitée et couteuse en termes de ressources, est restreinte à la recherche et peu utilisée par les praticiens (Bastien, 2010). Qu'en est-il alors des autres approches/méthodes ? Leur adoption/usage a-t-il évolué au fil du temps ? On propose ci-dessous de survoler 28 ans d'enquêtes et études sur les pratiques professionnelles en UX afin d'y répondre.

En 1991, après dix années de plaidoyer pour un processus d'ingénierie de l'utilisabilité, Gould et ses collègues (1991) font le point sur ce processus ainsi que les méthodes sous-jacentes. Ils constatent alors, bien que le processus en question commence à se répandre au sein des entreprises et que les praticiens y adhèrent amplement, que les méthodes d'utilisabilité rapportées dans la littérature sont **jugées inefficaces et/ou peu pratiques.**

Trois ans plus tard, Nielsen (1994) confirme ce constat en précisant que les praticiens n'utilisent pas les méthodes d'utilisabilité, car elles sont considérées comme **intimidantes** par leur **complexité** et une **mise en œuvre trop couteuse** (temps et coût financier).

Baber et Mirza (1996) ont conduit une enquête dans six entreprises différentes afin de comprendre les pratiques d'évaluation des produits grands publics. Ils constatent que **les praticiens ont recours à un nombre très limité de méthodes** : questionnaires, entretiens, observations et évaluations heuristiques. Ils constatent aussi que, pour avoir une évaluation globale du produit en développement, les praticiens **combinent trois à quatre méthodes** et que **l'usage de ces méthodes est lié à leur facilité d'utilisation**. Autrement dit, les praticiens/spécialistes de l'utilisabilité ne s'appuient que sur un nombre très limité de méthodes d'utilisabilité, car elles ne sont pas faciles à utiliser (Shorrock & Williams, 2016).

Deux ans plus tard, Stanton et Young (1998) identifient dans **la littérature ergonomique/facteur humain un nombre conséquent de méthodes (une soixantaine)**. Les auteurs précisent que **la majorité de ces méthodes n'est utilisée que par leur inventeur** et que ce nombre important **peut porter les praticiens à confusion** lorsqu'il s'agit de choisir la méthode la plus pertinente. Or, le succès du développement des systèmes interactifs dépend, entre autres, de la pertinence des méthodes choisies (Harvey & al., 2011). Par ailleurs, cette enquête a aussi permis de déterminer **les méthodes les plus utilisées par les praticiens, à savoir : questionnaires, entretiens et observations**. Là aussi, le choix de ces méthodes est **dicté par leur facilité d'utilisation** ce qui, comme le précisent les auteurs, **peut remettre en cause la pertinence et l'appropriation des méthodes utilisées**.

En 2002, Vredenburg et ses collègues (2002) ont conduit une enquête afin de comprendre les pratiques professionnelles en conception centrée utilisateur. Pour cela, ils ont sondé une centaine de participants à la conférence CHI'2000 ainsi que des membres de l'UXPA (*User Experience Professionals Association*) ayant au moins trois ans d'expérience. Ainsi, les auteurs ont pu identifier **les processus et méthodes les plus répandus** (conception itérative, tests utilisateurs, *field study* et évaluations heuristiques) et **déterminer ce qui oriente le choix des praticiens** en matière de méthodes de conception centrée utilisateur (c.-à-d. **le compromis coût-bénéfice**). Plus qu'une considération clé dans le choix des méthodes, **le compromis coût-bénéfice est déterminant même dans leur adoption**. Par ailleurs, cette étude pose deux autres constats, à notre sens, alarmants. Le premier est le fait que, après onze ans d'intervalle (Gould & al., 1991), **on constate les mêmes barrières d'adoption des méthodes de conception centrée utilisateur** : ces méthodes sont encore jugées peu pratiques. Le deuxième constat, encore plus alarmant, est relatif aux principes de base du processus UCD (ISO 9241-210, 2019). En effet, les auteurs précisent que **certaines caractéristiques du processus UCD ne sont pas respectées dans la pratique**, à savoir : focus sur l'expérience utilisateur totale, implication de l'utilisateur tout au long du processus de développement et le suivi de la satisfaction de l'utilisateur.

Quant à Mao et ses collègues (2005), leur enquête auprès de cent trois praticiens, basés aux USA et en Europe, a permis de mettre en évidence leur **appétence pour les méthodes informelles et non structurées** (tests utilisateurs informels, prototypage basse fidélité, évaluations heuristiques). Par ailleurs, l'étude révèle que **seulement 13% des projets**, dans lesquels les praticiens interrogés évoluent, **ont adopté une approche de conception centrée utilisateur intégrale** (c.-à-d. impliquant les utilisateurs à chaque étape du processus de développement).

En 2011, Fernandez et ses collègues (2011) ont conduit une analyse/revue systématique de 206 études portant sur les méthodes d'utilisabilité appliquées au web. L'objectif était d'étudier l'usage des méthodes d'utilisabilité et résumer la connaissance existante dans ce domaine sur les quatorze dernières années. Ainsi, les auteurs ont pu déterminer **les méthodes les plus utilisées** (tests utilisateur, inspections heuristiques, questionnaires et entretiens) et **le moment de leur déploiement** dans le processus de développement (principalement lors des phases aval des projets). Par ailleurs, l'étude souligne **une des limites des méthodes d'utilisabilité/UX** étant le fait que, bien qu'elles

permettent d'identifier les problèmes d'utilisabilité, **elles ne fournissent pas de recommandations/suggestions directes** sur comment améliorer le produit en cours de développement.

Récemment, Alves et ses collègues (2014) ont réalisé une étude internationale pour cerner l'état des pratiques en UX. Sur la base de 97 réponses valides reçues, les auteurs constatent que la pratique actuelle en UX est largement constituée de méthodes manquant d'objectivité, ce qui confirme les conclusions de (Harvey, 2009). En effet, d'après les auteurs, **les praticiens s'appuient encore sur les méthodes traditionnelles** (tests utilisateurs, observations, entretiens), déployées de manière **informelle, low cost et manquant d'objectivité**, car ils considèrent **que l'évaluation de l'UX avec les utilisateurs finaux est couteuse, prend trop de temps, d'effort et exige une forte expertise**. Ils constatent par ailleurs que l'évaluation de l'UX repose sur des hypothèses sur la manière dont les utilisateurs finaux percevraient et interagiraient avec les systèmes, non sur leur intégration/implication et leur utilisation réelle. En effet, confirmant ainsi l'étude de Mao et ses collègues (2005), Alves et ses collègues (2014) constatent que les utilisateurs finaux ne sont toujours impliqués que dans 46% des cas d'évaluation de l'UX. Autrement dit, dans plus de la moitié des cas, le processus de CCU repose sur les experts plutôt que sur les utilisateurs finaux. Ces derniers ne sont donc pas assez intégrés dans le processus de CCU ce qui 1) va à l'encontre, là aussi, d'un des principes de base de la CCU et 2) qui peut, selon les auteurs, sans doute contribuer à l'échec des projets.

Enfin, depuis 2011, Jeff Sauro (2018) suit et analyse les méthodes que les professionnels en UX déclarent utiliser en se basant sur les résultats de l'enquête sur les salaires de l'UXPA. À titre d'exemple, les résultats de la dernière enquête de l'UXPA (1300 participants dans 51 pays) révèlent que **les méthodes de « base » en UX restent les plus populaires et utilisées** (tests utilisateurs, évaluations heuristiques, benchmarking, tri de cartes et le prototypage) tandis que d'autres perdent en popularité, comme les *focus groups* et *l'eye-tracking* (Sauro, 2018).

Pour conclure, cette rétrospective des études portant sur les pratiques professionnelles en conception/évaluation de l'UX des systèmes interactifs est, à notre sens, alarmante. En effet, elle est alarmante, car d'abord, concernant le processus de CCU, on constate que certains principes de base ne sont pas respectés, malgré l'acceptation et l'adoption de la philosophie sous-jacente par les praticiens.

Ensuite, cette rétrospective est aussi alarmante, car elle met en exergue deux problèmes fondamentaux au sein de notre discipline. Le premier concerne l'utilité et utilisabilité des méthodes de conception et évaluation de l'expérience utilisateur. En effet, depuis maintenant vingt-huit ans, les études sur les pratiques professionnelles indiquent que les méthodes UX sont jugées, tantôt inefficaces, tantôt peu pratiques et, souvent, complexes et couteuses. Le deuxième problème qui, à notre sens, est une conséquence directe de ce qu'on vient de décrire concerne le nombre très limité de méthodes déployées/utilisées par les praticiens. En effet, les études évoquées ci-haut montrent que les praticiens exploitent un nombre très limité de méthodes, malgré l'arsenal existant. Les méthodes plébiscitées sont les méthodes de « base » en CCU, moins couteuses et plus faciles à déployer, telles que le test utilisateur, l'évaluation heuristique, le *benchmarking*, ou encore les questionnaires et entretiens. Cet écart entre le nombre conséquent de méthodes rapportées dans la littérature, qui pour certains est un signe de richesse de notre discipline, *versus* le nombre restreint de méthodes déployées sur le terrain est connu dans la littérature scientifique sous la problématique du *gap* recherche-pratique.

Dans la section suivante, nous traitons brièvement cette la problématique du *gap* recherche-pratique en présentant un bref historique ainsi que les causes/barrières identifiées dans la littérature scientifique.

## 4.4. Discipline et profession : schisme et *gap* à forts enjeux

### 4.4.1. Bref historique du *gap* recherche-pratique en ergonomie/FH

Le *gap* recherche-pratique n'est pas une problématique propre à l'ergonomie. Elle fut -et l'est encore- investiguée dans plusieurs disciplines/domaines, comme la santé (Mulhall, 2001), la psychologie (Rynes, 2012), les sciences de l'éducation (Broekkamp & Hout-Wolters, 2007) et les ressources humaines (Deadrick & Gibson, 2007). Qu'en est-il au sein de notre discipline ? Cette problématique existe-t-elle réellement ? À quand remonte-t-elle ?

L'ergonomie, comme rappelée au début de ce chapitre, est composée de deux versants dichotomiques : la discipline et la profession. La relation entre les deux est un enjeu fondamental pour le futur et la crédibilité de la discipline. Or, il existe depuis des années un schisme et une tension entre chercheurs et praticiens, favorisant ainsi le *gap* entre les deux versants de l'ergonomie.

Selon Chung et Shorrock (2011), l'origine de la problématique du *gap* recherche-pratique en ergonomie et facteur humain remonte aux échanges, parfois tendus, dans les années 1960 qui se tenaient au sein de la plus vieille société d'ergonomie, l'*Ergonomics Research Society (ERS)*<sup>27</sup>. En retraçant l'histoire de cette institution, Waterson et Sell (2006) soulignent l'existence d'un schisme entre les chercheurs (communauté fondatrice de l'ERS) et les praticiens (communauté de plus en plus représentée au sein de l'ERS). En effet, l'examen des comptes rendus et rapports des réunions tenu dans les années 1960 révèle que l'ERS fut, pendant plusieurs décennies, le théâtre d'échanges très ardents notamment lorsqu'il s'agit de la relation entre la théorie et la pratique de l'ergonomie (Waterson & Sell, 2006).

Au fil du temps, le *gap* recherche-pratique est devenu une problématique à part entière, fréquemment déploré, et fait l'objet de discussions diverses, alimentant de nombreuses études. Ces dernières visent, par exemple, à vérifier le bienfondé de la dichotomie recherche vs pratique et du *gap* sur la base d'enquêtes menées lors des *meetings* annuels de la *Human Factors and Ergonomics Society (HFES)* dans les années 1994 (Sind-Prunier, 1996). Dans cette lignée, Meister (1999), considéré comme le premier à aborder la problématique du *gap* de manière scientifique (Chung & Shorrock, 2011), a conduit une étude auprès de 46 professionnels expérimentés, ainsi qu'une analyse de contenu de 621 études. Ainsi, il montre que les deux communautés (praticiens et chercheurs) ne comprennent pas comment elles sont liées ni l'importance relative de chacune. Par ailleurs, il précise que les praticiens estiment que les recherches publiées dans les revues ergonomiques/HF sont très « académiques » et peu pertinentes. Green et Jordan (1999) ajoutent que les chercheurs considèrent l'approche des praticiens peu rigoureuse, manquant ainsi de validité, tandis que les praticiens considèrent l'approche des chercheurs comme complexe et peu pratique. D'autres études portant sur le *gap* recherche-pratique visent, par exemple, à comprendre les pratiques professionnelles (cf. section précédente), à identifier les contraintes d'adoption par les praticiens des connaissances

---

<sup>27</sup> Première société d'ergonomie/HF fondée en 1949 en Angleterre.

produites par la recherche (Shorrock & Chung, 2010) et à proposer des solutions pour réduire le *gap* (Chung & Shorrock, 2011 ; Lallemand, 2015 ; Salmon, 2016). D'autres recherches, à l'instar de (Shorrock & Williams, 2016), ont abordé cette question du point de vue spécifique des méthodes d'ergonomie/facteur humain.

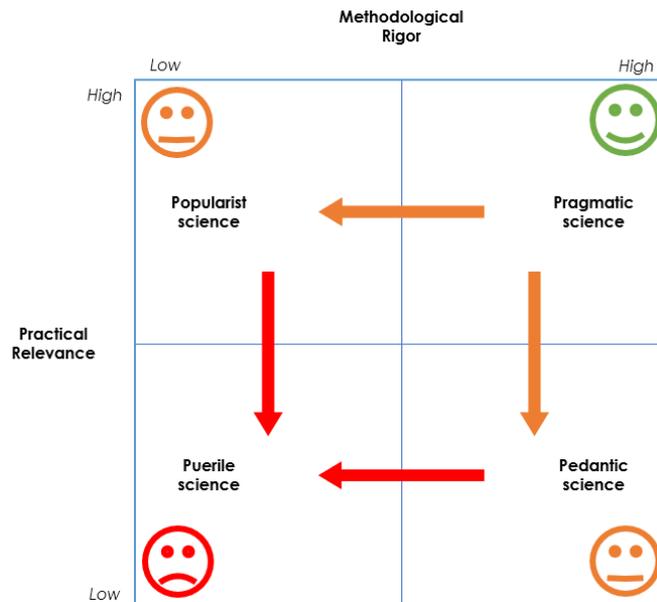
En conclusion, cette brève rétrospective a permis de retracer l'histoire du *gap* recherche-pratique en ergonomie/FH. Datant des années 1960, cette problématique a, dans un premier temps, été vérifiée par certains auteurs (Sind-Prunier, 1996 ; Meister, 1999). Ensuite, d'autres études ont porté, par exemple, sur la compréhension du *gap* en analysant les pratiques professionnelles ; sur l'identification des freins d'adoption des connaissances produites par la recherche ; d'autres proposent des solutions pour réduire le *gap* et, enfin, certaines abordent cette question du point de vue spécifique des méthodes ergonomiques.

Dans la section suivante, nous exposons les causes du *gap* recherche-pratique rapportées dans la littérature.

#### 4.4.2. Causes du *gap* recherche-pratique

Les travaux portant sur la problématique du *gap* recherche-pratique en ergonomie ont identifié des barrières qui empêchent la dissémination des connaissances scientifiques et, in fine, réduisent l'efficacité de l'intervention/pratique de l'ergonomie/facteur humain (Chung & Williamson, 2018). Ces barrières peuvent se situer, globalement, soit au niveau de la discipline, soit au niveau de la profession.

La barrière la plus importante – et la plus citée dans la littérature – est **la pertinence des travaux de recherche** vis-à-vis des préoccupations/problématiques de terrain (Chung & Shorrock, 2011). En effet, par exemple, Meister (1999) dans son étude auprès de 46 professionnels expérimentés, ainsi qu'une analyse de contenu de 621 études, constate que la recherche en ergonomie/facteur humain n'est pas utile pour ceux qui devraient être ses principaux consommateurs, c.-à-d. les praticiens et concepteurs travaillant dans le contexte de développement système. Par ailleurs, Salas (2008), éditeur de l'un des journaux les plus prestigieux en ergonomie/facteur humain (i.e. *Human Factors*) de 2000 à 2004, rappelle que l'une des raisons fréquentes de rejet des articles est que les *reviewers* n'arrivent pas à identifier l'intérêt de certaines recherches et s'interrogent sur le « pourquoi » de celles-ci ou encore leur pertinence. Ce problème de pertinence est cristallisé par le modèle des typologies des sciences, issu des travaux d'Anderson et ses collègues (2001). Le modèle, comme on peut le voir sur la figure ci-dessous, est composé de quatre cadrans qui représentent les différents types de sciences : *Pragmatic Science* (haute rigueur méthodologique ; haute pertinence pratique), *Popularist Science* (faible rigueur ; haute pertinence), *Pedantic Science* (haute rigueur ; faible pertinence) et *Puerile Science* (faible rigueur ; faible pertinence).



**Figure 21. Typologies de sciences selon la rigueur méthodologique et la pertinence pratique. Adapté de (Anderson & al., 2001).**

Après analyse du contenu de plusieurs journaux académiques en psychologie du travail et des organisations, sur une période de 69 ans (1948 à 2007), Anderson et ses collègues (2011) alertent de l'existence d'un glissement, notamment de la *Pragmatic Science* vers la *Pedantic Science* qui, pour rappel, se caractérise par un faible niveau de pertinence pratique. Outre les études préalablement citées en section 4.2, un autre signal indique le même phénomène au sein de notre discipline : le taux drastiquement faible d'auteurs affiliés au monde industriel. En effet, le taux de publications dans les principaux journaux de notre discipline (*Human Factors*, *Applied Ergonomics*, *Ergonomics*) avec des auteurs affiliés à l'industrie ne représente que 3% en 2010, contre 36% en 1960 (Chung & Williamson, 2018). Or, comme le rappelle Cascio et Aguinis (2008), quand la recherche académique s'éloigne de la pratique, la validité externe des théories, la qualité et pertinence de la recherche sont pénalisées/réduites ce qui, in fine, peut creuser l'écart/*gap* entre les deux mondes.

La deuxième barrière et cause du *gap* est ce que Salas (2008) qualifie de « **translation problem** » (c.-à-d. problème de traduction) concernant le **reporting des études scientifiques**. En effet, le même auteur, en sa qualité d'éditeur du journal *Human Factors*, précise que les chercheurs n'indiquent pas systématiquement les implications de leurs travaux pour la pratique. Par ailleurs, le style d'écriture/rédaction (utilisation de jargon...) n'est pas tout à fait adapté aux praticiens, car les chercheurs, généralement, publient pour les autres confrères (Shorrock et Williams, 2016).

Le **volume conséquent de ressources scientifiques** (journaux, articles, méthodes...), qui pour certains auteurs s'explique par la pression que les chercheurs ont pour publier (Wilson, 2000), peut aussi être problématique. En effet, comme le rappelle Chapanis (1967), l'une des tâches les plus difficiles pour un praticien (ergonome, ingénieur facteur humain...) est d'identifier le peu d'informations pertinentes, dans tout l'existant, qui contribueront à résoudre le problème de conception auquel il fait face.

Shorrock et Williams (2016), quant à eux, ont identifié trois contraintes fondamentales dans l'application des méthodes ergonomiques : **accessibilité, utilisabilité et contexte**. La première, **accessibilité**, porte notamment sur les difficultés des praticiens à accéder aux ressources/journaux académiques, souvent payants. L'accessibilité porte aussi sur le processus de recherche d'information,

assez laborieux, notamment car les ressources ne sont pas compilées en un seul endroit (Shorrock & Chung, 2010). Enfin, elle porte aussi sur la propriété intellectuelle de certaines ressources (ex. logiciels...), qui in fine freine leur utilisation par les praticiens. La deuxième contrainte fondamentale identifiée par Shorrock et Williams (2016) est **l'utilisabilité** des méthodes d'utilisabilité. Aussi paradoxal que cela puisse paraître, certaines méthodes d'utilisabilité sont difficiles à déployer/utiliser dans la pratique. Comme le rappellent les auteurs, si les situations de travail et problématiques de conception de produits/services sont complexes, les méthodes ne doivent pas l'être. Au-delà, ces méthodes doivent nécessiter un temps de déploiement/d'application raisonnable et des données facilement récoltables. La dernière contrainte fondamentale citée par les auteurs est une contrainte **contextuelle**. Elle porte sur la nature et culture des organisations dans lesquelles les ergonomes praticiens évoluent. En effet, certaines organisations peuvent se montrer hostiles à tout changement et faire preuve d'inertie qui, in fine, constitue un frein considérable lorsqu'il s'agit, par exemple, de changer les méthodes de conception/évaluation.

## 4.5. Discussion

Dans ce chapitre numéro quatre, nous avons exposé la problématique du *gap* recherche-pratique en ergonomie/facteur humain, ainsi que chacune de ses composantes.

Après une analyse rapide du fonctionnement de l'ergonomie en tant que discipline, nous avons synthétisé les études portant sur l'usage et l'appropriation du savoir sur l'action ergonomique (c.-à-d. méthodes) par les praticiens, ce qui a permis d'identifier les méthodes qu'ils plébiscitent et constater que, malgré l'arsenal de méthodes qu'offre la littérature, les praticiens n'utilisent, généralement, que les méthodes de « base », faute notamment de leur utilisabilité. Ensuite, nous avons procédé à un rappel historique sur l'origine du *gap* recherche-pratique en ergonomie/facteur humain, suivi d'une synthèse des causes du *gap* citées dans la littérature.

En synthèse, cette partie du manuscrit a permis de mettre en évidence les éléments/constats suivants :

### **Constat 1 : Respect des principes fondamentaux de la CCU.**

On constate que certains principes de base de la CCU ne sont pas respectés, à savoir : focus sur l'expérience utilisateur totale, implication de l'utilisateur tout au long du processus de développement et le suivi de la satisfaction de l'utilisateur (Gould & al., 1991). Cela malgré l'acceptation et l'adoption de la philosophie sous-jacente par les praticiens.

### **Constat 2 : Utilité et utilisabilité des méthodes de design UX.**

Depuis maintenant une trentaine d'années, les études sur les pratiques professionnelles indiquent que les méthodes de design UX sont jugées, tantôt inefficaces, tantôt peu pratiques et, souvent, complexes et coûteuses.

### **Constat 3 : Usage et appropriation des méthodes de design UX par les praticiens.**

Grâce aux études citées précédemment, on constate que les praticiens exploitent un nombre très limité de méthodes, malgré l'arsenal existant. Les méthodes plébiscitées sont les méthodes de « base » en CCU, moins coûteuses et plus faciles à déployer, telles que les tests utilisateurs informels, l'évaluation heuristique, le *benchmarking*, ou encore les questionnaires et entretiens.

**Constat 4 : Approche d'analyse du gap recherche-pratique.**

On constate que la majorité des études portant sur cette problématique consistent en enquêtes auprès de l'une ou des deux communautés de l'ergonomie. Cette approche, que l'on pourrait qualifier de « parcellaire », est selon nous limitée, car elle ne permet pas de dresser une vision globale de la problématique, ni, surtout, de mettre en évidence la dynamique et les connexions pouvant exister entre les deux versants/communautés de l'ergonomie.

**Constat 5 : Domaines d'analyse du gap recherche-pratique.**

Comme rappelé précédemment, le gap recherche-pratique n'est pas une problématique propre à l'ergonomie. Elle fait l'objet d'investigations dans plusieurs disciplines/domaines, comme la santé (Mulhall, 2001), la psychologie (Rynes, 2012), les sciences de l'éducation (Broekkamp & Hout-Wolters, 2007) et les ressources humaines (Deadrick & Gibson, 2007). Cependant, il n'y a pas d'études, à notre connaissance, qui traite de cette problématique dans le domaine spécifique du développement (conception et évaluation) des IHM automobiles embarquées du point de vue méthodologique.

Dans le présent travail, nos contributions principales se positionnent au niveau du 4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> constat. En effet, comme on le verra dans le chapitre suivant, nous abordons la problématique du *gap* recherche-pratique d'une manière novatrice (c.-à-d. au travers de l'analyse des plaintes clients notamment) et dans un nouveau contexte d'analyse (conception et évaluation des IHM automobiles embarquées).

Dans le chapitre suivant, nous présentons la première étude, sous forme de diagnostic portant sur les plaintes clients, conduite au sein du Groupe Renault afin de répondre notamment aux questions suivantes : existe-t-il un/des *gap(s)* recherche-pratique en développement des IHM automobiles embarquées ? Existe-t-il des carences méthodologiques en développement des mêmes IHM au sein du Groupe ? Existe-t-il des *gap(s)* recherche-pratique dans le processus global de conception ? Si oui, quelle stratégie/plan de recherche-action mettre en place pour y remédier ?



# **PARTIE 3**

# **CONTRIBUTIONS**



# V. *Gap(s)* recherche-pratique en développement des IHM automobiles embarquées

Le modèle et stratégie de du Groupe Renault concernant la satisfaction client sont construits sur cinq facteurs clés : le design, la finition, l'ergonomie, la fiabilité et un service impeccable. La satisfaction des clients étant un enjeu majeur, toutes les Directions, Services et Équipes du Groupe sont mis à contribution.

Dans cette optique, l'équipe « Ergonomie IHM et Cognitive UX » de la DEA-TPB « *Service Life on Board* » contribue à la satisfaction clients du Groupe en leur offrant des IHM intuitives, faciles à utiliser et compatibles avec l'activité de conduite.

Cependant, malgré des résultats positifs, une progression notable de la qualité ergonomique des IHM du Groupe et une baisse des plaintes clients, Renault, dans une démarche d'amélioration continue, s'interroge sur les causes potentielles, du point de vue des processus/méthodes/outils, qui conduiraient aux plaintes résiduelles constatées grâce aux enquêtes de satisfaction client.

Pour répondre à la demande de notre partenaire industriel, reformulée suite aux constats présentés dans le chapitre précédent sous la problématique du *gap* recherche-pratique, nous avons tout d'abord conduit un diagnostic portant sur les plaintes clients. Les objectifs, ici, sont notamment de répondre aux questions suivantes : existe-t-il un/des *gap(s)* recherche-pratique en développement des IHM automobiles embarquées ? Existe-t-il des carences méthodologiques en développement des mêmes IHM au sein du Groupe ? Existe-t-il des *gap(s)* recherche-pratique dans le processus global de conception ? Si oui, quelle stratégie/plan de recherche-action mettre en place pour y remédier ?

Dans ce qui suit, nous présentons, dans un premier temps, la démarche méthodologique déployée afin de conduire le diagnostic. Ensuite, nous exposons et discutons les constats et résultats du diagnostic.

## 5.1. Démarche de diagnostic

L'approche méthodologique déployée pour conduire le diagnostic est adaptée de la démarche *Kaizen* et la méthodologie du *PDCA* (*Plan-Do-Check-Act*). Ainsi, ils constituent le cadre méthodologique général qui a guidé et structuré les différentes étapes du diagnostic.

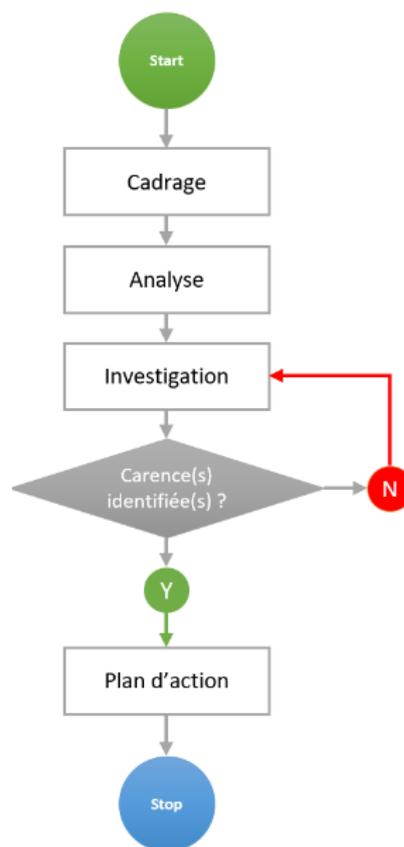
Le *Kaizen*, qui vient du monde industriel japonais, est un processus qui vise l'amélioration continue d'une entreprise. Il est basé sur un ensemble de principes comme l'apport de petits changements incrémentaux, sans investissement financier majeur, pour améliorer la qualité du produit final, ou encore, l'intégration des employés et parties concernées dans l'effort d'amélioration. Pour plus d'information, le lecteur peut se référer à (Arai & Sekine, 2006).

La méthodologie *PDCA*, aussi appelée roue de Deming, constitue une démarche structurée d'amélioration continue. Elle permet de résoudre des problèmes en mettant en œuvre des solutions pertinentes et les pérenniser. La méthodologie est composée de quatre étapes :

- *Plan* : elle consiste à définir le sujet/problème à résoudre, les objectifs, les méthodes et actions à mettre en œuvre ;
- *Do* : elle consiste en la mise en œuvre des actions définies précédemment ;
- *Check* : l'étape consiste à analyser les résultats et l'efficacité des actions mises en œuvre ;
- *Act* : l'étape finale permet de formaliser les solutions pertinentes retenues sous forme, par exemple, de procédures ou guides de bonnes pratiques, et identifier des pistes d'améliorations pour la prochaine itération du *PDCA*.

Pour plus d'information, le lecteur peut se référer à la norme ISO 9001 (2015) ou à (Chardonnet & Thibaudon, 2003).

En nous inspirant de ces deux *frameworks*, nous avons construit une démarche de diagnostic composée de quatre étapes, comme l'illustre le diagramme ci-dessous.



**Figure 22. Démarche de diagnostic des plaintes clients déployée dans le cadre de la thèse.**

La première étape, **Cadrage**, consiste à identifier le(s) point(s) dur(s) à améliorer, ainsi que le périmètre d'action<sup>28</sup>. Il s'agit, à partir des différentes enquêtes clients (NEVQS, NCBS...) et des retours internes (tests utilisateurs, expertise...), d'identifier et déterminer l'objet sur lequel portera l'analyse. Cela peut être un périmètre fonctionnel complet (ex. ADAS) et/ou une prestation/fonction précise (ex. BSW).

La deuxième étape, **Analyse**, consiste en une analyse des feedbacks internes (tests utilisateurs, retours de l'expertise...) et externes (enquêtes clients...) concernant le périmètre/fonction défini dans la première étape. Il s'agit, en s'appuyant sur les bases de données internes contenant un ensemble

<sup>28</sup> Les différents périmètres fonctionnels de l'équipe sont présentés dans le chapitre 1.2.

de retours d'expériences, de catégoriser chaque feedback grâce au standard interne des critères ergonomiques (cf. Annexe n° 1) qui sert de grille d'analyse. Ainsi, nous pouvons déterminer, avec un degré de granularité plus ou moins important, les dimensions ergonomiques problématiques conduisant aux plaintes clients.

La troisième étape, **Investigation**, consiste à analyser ces dimensions plus amplement. Il s'agit, de conduire une analyse de l'activité de l'ergonome en charge du périmètre et/ou fonction cible. Ici, nous nous intéressons aux processus, méthodes et outils de conception/évaluation auxquels a recours l'ergonome interne qui lui permettent de garantir le bon respect des dimensions problématiques. Puis, il s'agit de confronter ces pratiques à l'état de l'art qui constitue le cadre de référence. Ainsi, on pourra identifier les écarts, carences et *gaps* en conception/évaluation des IHM du Groupe.

La quatrième et dernière étape, **Action**, consiste à définir un plan d'action permettant de remédier aux carences identifiées dans l'étape précédente. Il s'agit, en s'appuyant sur l'état de l'art, d'identifier des pistes d'amélioration, planifier les actions à mener et les mettre à exécution. Les pistes d'amélioration peuvent être d'ordre procédural (i.e. process), méthodologique ou outillage.

Par ailleurs, ce *framework* méthodologique va aussi nous permettre de structurer la restitution des résultats. Dans ce qui suit, nous allons présenter ces résultats par étape du diagnostic.

## 5.2. Résultats et enseignements

### 5.2.1. Cadrage – Multimédia, un périmètre à forts enjeux

La tendance globale des plaintes clients sur les IHM, pour la marque Renault, est en baisse, comme l'illustre la figure ci-dessous. La même tendance est enregistrée concernant le périmètre Multimédia (MM), même s'il constitue le premier périmètre en termes de plaintes, et ce, durablement.

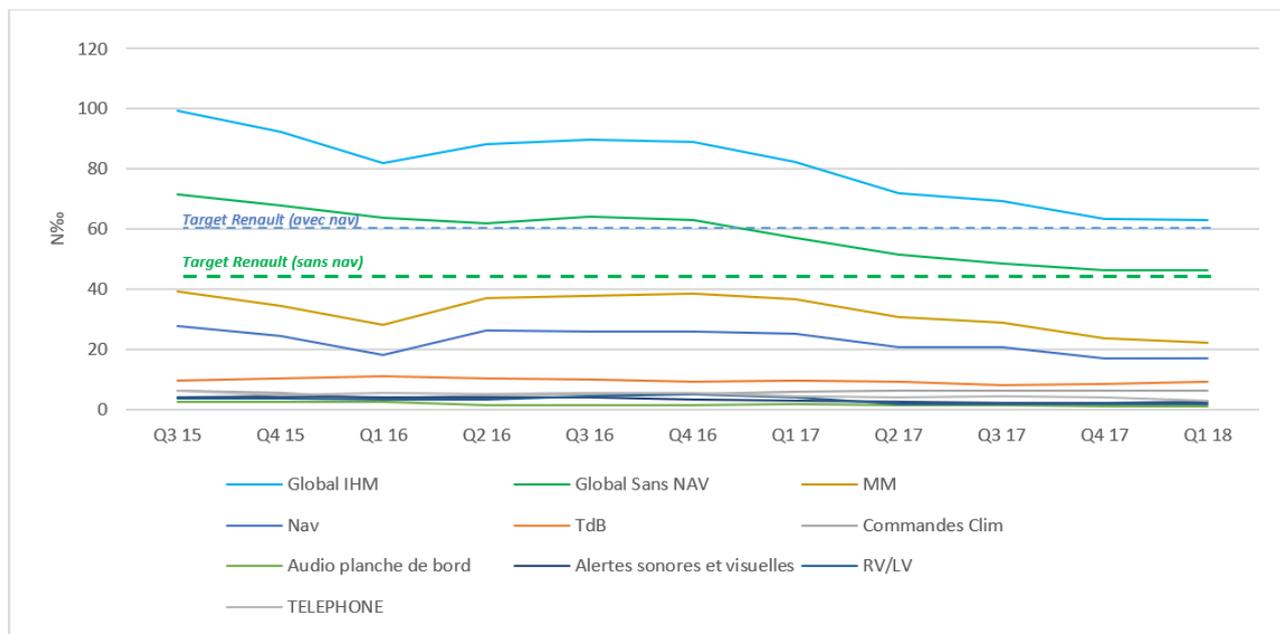


Figure 23. Évolution des plaintes NEVQS

En effet, au quatrième trimestre de 2017 par exemple, le périmètre Multimédia représente 27% des plaintes globales IHM, avec un taux de 23,7 N%. Ce taux est élevé à cause, outre la complexité du

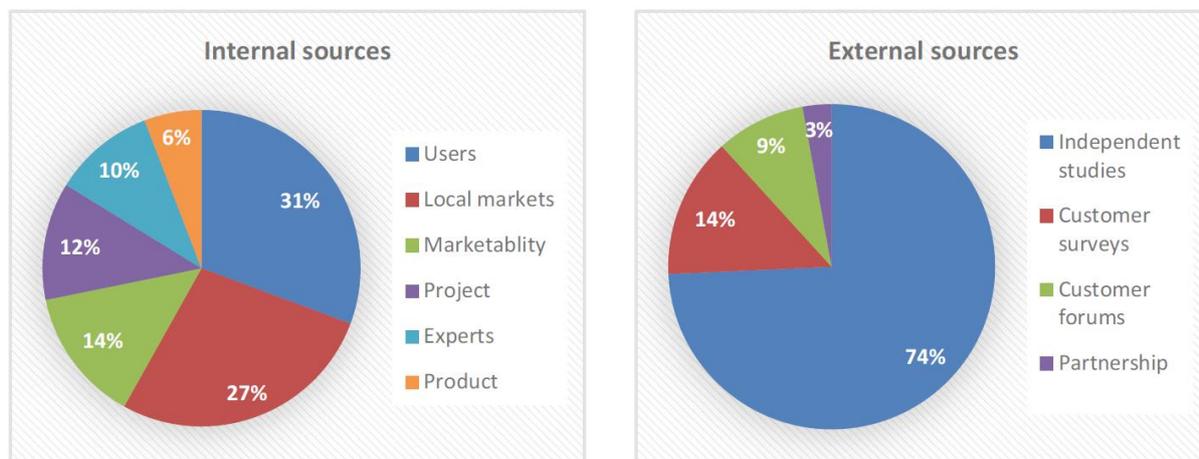
périmètre, de la fonction de navigation qui, à elle seule, représente 21% des plaintes globales IHM, avec un taux de 16,8 N‰ à la même période. De facto, c'est le périmètre Multimédia qui a été retenu pour une analyse plus poussée dans la suite du diagnostic.

Par ailleurs, l'objectif en termes de plaintes clients IHM pour l'année 2017 fixé à 60 N‰, fonction de navigation comprise, est quasiment atteint (63,2 N‰ à fin 2017) ; idem pour l'objectif de 45 N‰ sans navigation (46,4 N‰ à fin 2017). À l'horizon 2020, l'objectif est fixé à 50 N‰, navigation comprise, ce qui représente une cible ambitieuse, vu la complexité croissante des systèmes embarqués et un contenu/fonctions de plus en plus riches hébergés par le système multimédia.

Ainsi, pour conclure, le périmètre Multimédia est porteur de forts enjeux stratégiques pour le Groupe Renault et, de facto, justifie l'intérêt qui lui sera porté dans la suite du diagnostic.

### 5.2.2. Analyse – Architecture de l'information des systèmes multimédia, une problématique ergonomique commune aux constructeurs automobiles

Pour mener à bien cette étape du diagnostic, on s'est appuyé sur deux éléments. Le premier est une base de données (BDD) contenant un ensemble de retours d'expériences (*feedbacks*) sur les systèmes d'info-divertissement de Renault (R-Link 2 : 81%, Easy-Link : 16%, R-Link 1 : 2% et ULC : 1%). La version de fin avril 2017 de la BDD ayant servi pour cette analyse, comporte 470 lignes contenant 549 *feedbacks* au total, qui proviennent de deux types de sources : interne (41%) et externe à Renault (59%). La figure qui suit présente chacune des sources ainsi que leurs proportions.



**Figure 24. Sources alimentant la BDD sur les systèmes d'info-divertissement de Renault.**

Concernant les sources internes, quasiment le tiers des *feedbacks* (31%) provient d'utilisateurs dans le cadre de tests d'utilisabilité. Cela s'explique, comme on le verra plus loin, par le nombre important de tests utilisateurs conduit au cours du développement des systèmes Multimédia de Renault. Quant aux marchés locaux, notamment la Chine et la Roumanie, ils représentent 27% des *feedbacks*. 10% des *feedbacks* provient d'experts (spécialistes de l'utilisabilité) et le reste provient d'autres départements de l'entreprise (Synthèse 14%, Projet 12% et Produit 6%). Quant aux *feedbacks* externes, une majorité (74%) provient d'études indépendantes (Eurosyn, FIGR et J.D. Power). Les enquêtes clients (Fastrack et NEVQS) constituent 14% et les forums 9%. Enfin, une minorité des *feedbacks* provient de partenariats stratégiques avec d'autres constructeurs.

Le deuxième élément sur lequel on s'est appuyé dans cette étape du diagnostic, en guise de grille d'analyse, est le standard interne des critères d'ergonomie cognitive et IHM (cf. Annexe 1). Le standard est un état de l'art de la connaissance existante en ergonomie cognitive (règles, recommandations...), à avril 2009, date de sa formalisation. Il est composé de trois niveaux, comprenant un ensemble de 24 critères au total. En fonction du niveau de la grille, il est possible d'effectuer des analyses plus ou moins fines.

**Table 2. Exemples de critères extrais du standard interne de critères d'ergonomie cognitive et IHM.**

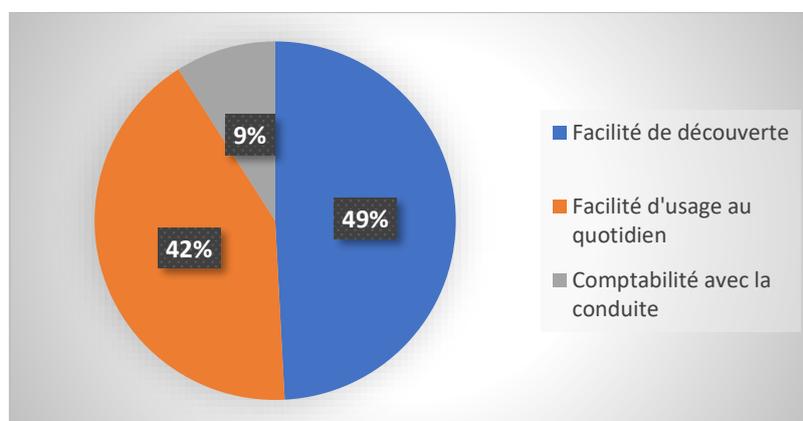
Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Facilité de découverte	Identification et compréhension immédiate des informations	Commandes et informations localisées à des endroits logiques ou usuels
Facilité d'usage au quotidien	Simplicité d'utilisation	Incitation et suggestion d'action
Comptabilité avec la conduite	Distraction visuelle engendrée par l'utilisation des systèmes	Détournements de regard limités et brefs

Grâce aux 24 critères du standard, on a procédé à la classification de chacun des 549 *feedbacks* contenus dans la BDD. Après une première lecture, leur nombre est réduit à 453, en écartant les *feedbacks* : hors périmètre des IHM ( $n=7$ ), inexploitable ( $n=43$ ) et non couverts par le standard des critères internes ( $n=46$ ). Par la suite, sur la base des 453 *feedbacks*, on a dressé une cartographie des dimensions ergonomiques pénalisant les systèmes d'info-divertissement de Renault (c.-à-d. le « pourquoi » des plaintes), ainsi que leur magnitude (c.-à-d. le « combien »).

#### 5.2.1.1. Analyse macroscopique

Le premier niveau de la grille du standard interne des critères d'ergonomie cognitive et IHM, considéré ici comme le niveau macroscopique, est générique. Il permet, que ce soit en conception ou en évaluation, de qualifier les IHM embarquées sur un ensemble de trois macro-dimensions (cf. Table 2).

Une analyse à ce niveau permet de constater que la dimension la plus problématique, c.-à-d. sur laquelle porte les *feedbacks*/plaintes, est la « Facilité de découverte ». En effet, cette dernière constitue près de la moitié des *feedbacks* ( $n=224$ ), comme le montre la figure ci-dessous. Ces *feedbacks* portent notamment sur l'identification et compréhension immédiate des fonctions/informations.



**Figure 25. Distribution des feedbacks par critères du premier niveau**

La « Facilité d'usage au quotidien », en deuxième position, représente 42% des *feedbacks* (n = 186). Cette dimension est pénalisée, notamment, à cause de la profondeur de l'arborescence des systèmes qui implique un nombre d'étapes/clics jugé problématique pour accomplir certaines tâches. Enfin, une minorité de *feedbacks*, à hauteur de 9% (n= 42), concerne « La comptabilité avec la conduite », notamment la sollicitation de l'attention lors de l'usage des différents systèmes d'info-divertissement.

#### 5.2.1.2. Analyse microscopique

Le troisième niveau de la grille, considéré ici comme le niveau microscopique, est le plus descriptif. Se composant de 24 critères, il permet une analyse plus fine et une meilleure appréhension des dimensions ergonomiques pénalisant l'utilisabilité des systèmes d'info-divertissement du Groupe.

Avec la même démarche appliquée au niveau macroscopique, on a déterminé la fréquence et le pourcentage de *feedbacks* relatif à chacun des 24 critères, comme illustré par la figure ci-dessous. Dans ce qui suit, il ne sera présenté que les critères retenus pour la prochaine étape du diagnostic : le top 6 ; ayant un nombre de *feedbacks* supérieur ou égal à 30.

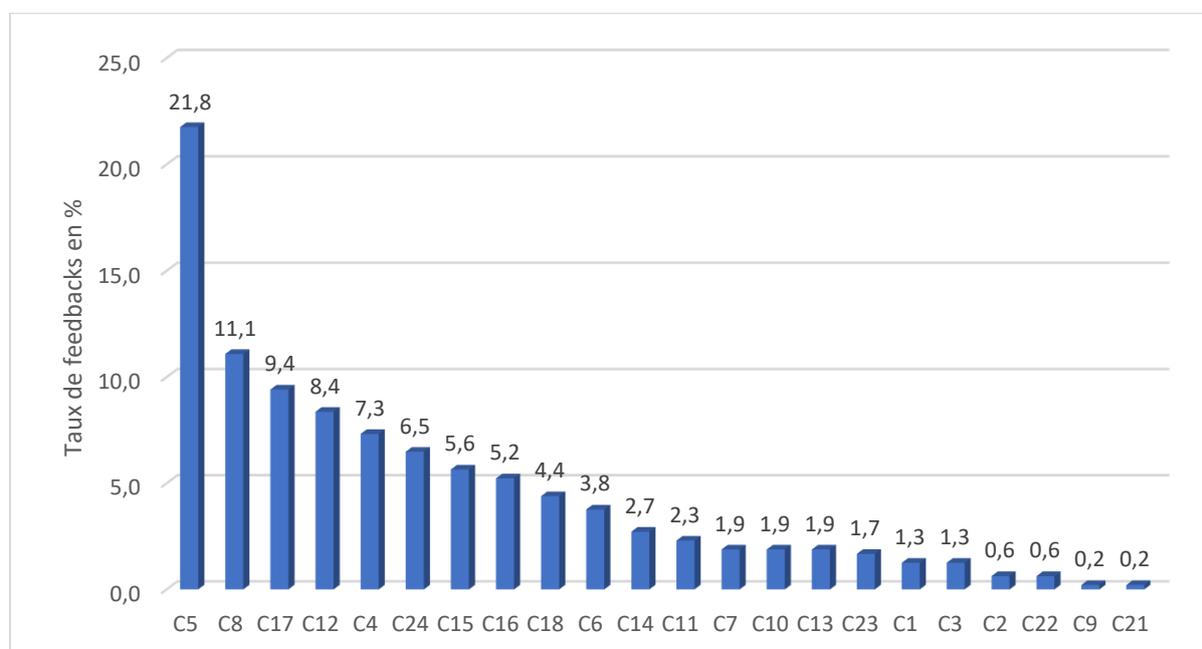


Figure 26. Distribution des feedbacks par critères du troisième niveau

Comme on le constate ci-haut, le critère numéro 5 « **Informations compréhensibles et directement utilisables** » est le plus impacté avec un taux de *feedbacks* de 21,8% (n=97). Après analyse qualitative de ces *feedbacks*, trois thèmes principaux émergent :

1. **Terminologie** : Ce thème concerne les *feedbacks* relatifs à la compréhension des labels de divers éléments : pictogrammes, menus, fonctions et/ou boutons.

Exemple de *feedbacks* :

- « Label 'Arrêter guidage' non compris »
- « Label 'Sélectionner' assez peu compréhensible »

- « Je ne suis pas totalement satisfait. Les menus sont obscurs, difficiles à comprendre ».
2. **Arborescence** : Ce thème concerne la structure globale des systèmes et l'organisation des menus.

Exemple de *feedbacks* :

- « Organisation des menus pas très intuitive. Les différents réglages sonores (voix, avertissements, alertes, etc.) sont éparpillés dans les menus et on ne sait pas très bien à quoi ils correspondent (pas de test après un changement). Du coup, beaucoup de perte de temps à essayer de trouver un réglage optimal. »
  - « *Brightness settings are not included in the display menu setting but within a separate menu beneath the general Settings menu* ».
  - « Désactiver la reconnaissance des panneaux : les gens cherchent dans la navigation au lieu des ADAS »
3. **Symbolique/sémiologique** : Ce thème concerne la compréhension des pictogrammes.

Exemple de *feedbacks* :

- « *High volume of newer features are represented by uncommon icons that are hard to understand* ».
- « Suggestion VPA – comment y revenir ? Icône pas comprise et pas d'indication en cas de suggestions non lues et non consultées ».
- « Pictogramme passage en pleine page pas compris ».

En deuxième position, le critère numéro 8 « **Cohérence des affichages, commandes et logiques de fonctionnement** » représente 11,1% des *feedbacks* (n=50). Les thèmes émergeant après analyse de ces *feedbacks* concernent principalement :

1. **Modèle d'interaction** : Ce thème porte sur les incohérences au niveau des principes d'interaction et la logique de fonctionnement.

Exemple de *feedbacks* :

- « Garder un appui long sur un item de la liste media lors d'un scroll ne se comporte pas de la même façon selon les sources »
  - « *Activating the 'Back' button in second tier menus within Navigation-Radio-Phone does not return to the previous screen...* »
  - « *Transitions' dynamics is not homogeneous* »
2. **Codification de l'information** : Ce thème porte, de manière générale, sur les incohérences au niveau du codage de l'information (usage d'un même pictogramme pour plusieurs fonctions...).

Exemples de *feedbacks* :

- « *Terminology of features changes between some of the top-level menus and the sub functions which can be confusing whilst navigating around the system* »
- « Incohérence de l'emplacement des informations affichées dans infos statuts bar selon contexte »
- « *Similar icons, different functions...* »

Le critère numéro 17 de la grille, « **Densité informationnelle** », représente 9,4% du total des *feedbacks* (n=41). Ils portent sur deux thèmes :

1. **Dispense de l'information** : Ce thème concerne les informations visuelles et/ou sonores présentées à l'utilisateur. Elles doivent être dispensées au juste nécessaire : pas d'informations inutiles, gênantes ou perturbantes.

Exemples de *feedbacks* :

- « Y a plein de trucs à lire, je ne vais pas le lire ... Il y a beaucoup de messages d'appairage et beaucoup de texte... »
- « *The navigation screen is cluttered with an array of large information graphics and controls that are not in constant use* »
- « *Some touchscreen items are not necessary* ».

2. **Layout/Agencement local** : Ce thème porte sur l'agencement local des écrans, notamment l'espacement entre les différentes informations visuelles (zones de textes, pictogrammes...).

Exemples de *feedbacks* :

- « *Layout à revoir (proximité touches)* »
- « *Driving assistance Overspeed text in 'pictorial' view is aligned too far to the right and sits against the adjacent icon without any spacing as per the other features* »
- « *...take care of buttons proximity when there is a section 4...* »

En quatrième position, le critère numéro 12, « **Minimisation de l'effort de mémorisation** », représente 8,4% des *feedbacks* (n=39). Ces derniers portent sur deux thèmes :

1. **Séquencement des tâches** : Ce thème porte sur le nombre d'étapes/clics, les raccourcis et séquences de réalisation des tâches.

Exemples de *feedbacks* :

- « ...ce n'est pas évident, il y a beaucoup de touches à taper, pour par exemple les points d'intérêts »
- « Trop de manipulations nécessaires pour changer la source »

- « L'utilisateur a beaucoup d'étapes pour supprimer un guidage en cours. Ce qui rend l'action pénible à réaliser »
2. **Nombre de choix** : ce thème porte sur le nombre de choix et/ou d'items dans les IHM (écran, liste, commande...).

Exemples de *feedbacks* :

- « Je trouve qu'il y a beaucoup de boutons. Parfois, j'appuie sur un bouton et je ne sais pas trop ce qui va se passer. C'est autour du volant, je trouve qu'il y a beaucoup trop de boutons. Je ne m'en sers pas beaucoup. C'est aussi une question d'habitude. »
- « *POI search requires scrolling to view all options* »
- « *There are 4 individual toggles under Sound settings (Audio, Voice, Phone, Other). This amount of control seems excessive and may deter less tech savvy customers from optimising system feedbacks, potentially affecting their enjoyment of the system* ».

Le critère numéro 4, « **Fonctions de base facilement identifiables** », arrive en cinquième position avec un taux de 7,3% (n= 34). Ici, les *feedbacks* couvrent, majoritairement, un seul thème :

**Accès directs** : Ce thème porte le l'absence, selon les utilisateurs, d'accès directs à certaines fonctions dans le multimédia : climatisation, mute du volume, les différents mondes....

Exemples de *feedbacks* :

- « Pour les "moins", je n'apprécie pas le R-link, peu intuitif et même dangereux, car on doit faire dix manipulations pour des choses pourtant très basiques (radio, clim) »
- « Manque l'accès direct pour chaque menu (Nav, Tel, Audio, ...) »
- « *Direct access to Nav audio and phone are missing* »

Enfin, le critère numéro 24, « **Clarté des états et informations clés des systèmes** », arrive en sixième position avec un taux de 6,5% (n = 31). Les *feedbacks* couverts par ce critère concernent, majoritairement, un seul thème :

**États des systèmes** : Ce thème porte sur la facilité de perception et clarté des états clés des systèmes.

Exemple de *feedbacks* :

- « Difficile de distinguer les 2 états ON / OFF du pictogramme "A/C" en section 4 : grisé vs blanc... *Lack of differentiation of activation/deactivation states* »
- « *No permanent feedback indicating whether climate zones are synchronized or not* »
- « *When engine off, A/C can be selected on the screen but does not activate; should be non-functional in this state and provide notification that A/C can only be engaged when engine is running*»

### 5.2.1.3. Discussion

Dans le cadre de cette deuxième étape du diagnostic, on a procédé à l'analyse des *feedbacks* contenus dans la BDD, au moyen de la grille interne de critères d'ergonomie cognitive et IHM. Ainsi, on a identifié les dimensions ergonomiques problématiques qui conduisent, notamment, aux plaintes clients.

Au niveau macroscopique, deux dimensions principales entravant l'utilisabilité des systèmes d'info-divertissement du Groupe Renault. En effet, d'abord, la découverte de ces systèmes est pénalisée par la **difficulté d'identification et compréhension des fonctions et/ou informations**. C'est notamment le cas concernant les labels et pictogrammes pouvant accompagner certains menus et/ou fonctions. Ensuite, la deuxième dimension est relative à la **profondeur de l'arborescence** des systèmes qui, entre autres, implique un nombre d'étapes/clics jugé problématique par les utilisateurs. On constate alors que, dans les deux cas, la problématique sous-jacente est **l'architecture de l'information** des systèmes du Groupe.

Au niveau microscopique, six dimensions principales -dont le nombre de *feedbacks* est au moins égal à 30- entravent l'utilisabilité des systèmes d'info-divertissement du Groupe Renault. Ces six dimensions feront l'objet d'une analyse plus poussée dans le cadre de la prochaine étape du diagnostic. Ici, à titre d'exemple, on citera le top trois : Informations compréhensibles et directement utilisables (C5) ; Cohérence des affichages, commandes et logiques de fonctionnement (C8) ; et Densité informationnelle (C17). Le critère n°5, le plus impacté au niveau microscopique, est pénalisé à cause d'une **compréhension non optimale des labels** (menus, pictogrammes, fonctions...), de certains **pictogrammes** et une **arborescence/organisation des menus jugée non intuitives**. Là aussi, la problématique sous-jacente est **l'architecture de l'information**. Le critère n°8, en deuxième position, est pénalisé notamment à cause d'incohérences au niveau des principes d'interaction ainsi que du codage de l'information. En troisième position, le critère n°17 est pénalisé à cause d'informations jugées non nécessaires et un agencement non optimal des écrans.

In fine, la problématique ergonomique qui émerge au travers des critères impactés concerne l'architecture de l'information (AI) des systèmes d'info-divertissement du Groupe Renault. En effet, les aspects décrits ci-haut (c.-à-d. organisation des menus, navigation dans l'arborescence et compréhension des labels) sont les composantes principales de l'AI. Cependant, ce constat est-il spécifique aux systèmes du Groupe Renault ou, à contrario, est-il généralisable et touche-t-il les systèmes d'autres constructeurs automobiles ? Pour répondre à cette question, nous allons nous appuyer sur une étude de *SBD Automotive*<sup>29</sup> (2014), à défaut d'accès aux *feedbacks*/plaintes des systèmes concurrents.

L'étude en question, menée en juin 2014, évalue l'expérience utilisateur et l'utilisabilité de sept systèmes d'info-divertissement (Honda, deux systèmes de Mercedes, Nissan, Porsche, Chrysler et Tesla). Pour cela, on s'est appuyé, à la fois, sur des experts et des « naïfs » (46 clients). Les principaux résultats sont résumés par la figure ci-dessous, extraite du rapport final de l'étude.

---

<sup>29</sup>SBD est un cabinet de conseil indépendant spécialisé dans les domaines de la sécurité automobile, de la télématique et services connectés et des systèmes d'aide à la conduite.

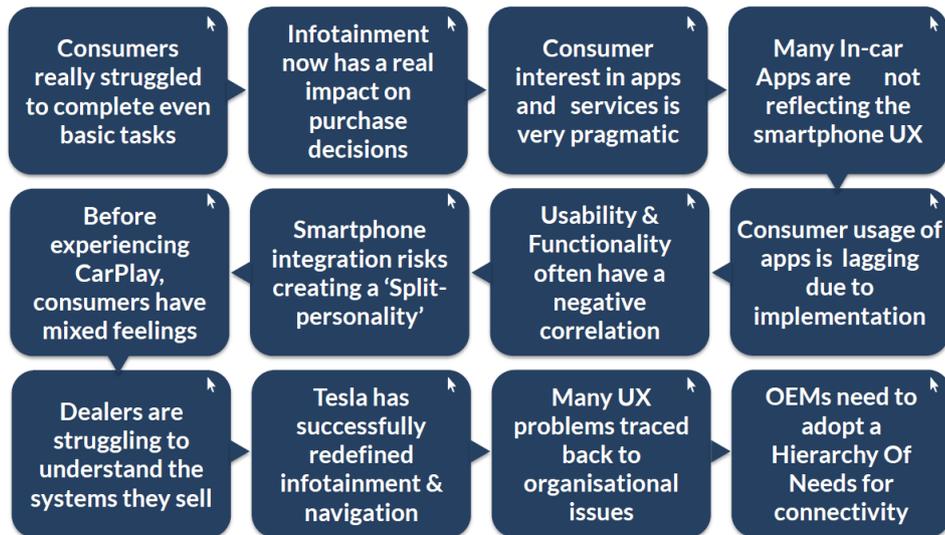


Figure 27. Principaux résultats de l'étude SBD sur l'UX et utilisabilité de 7 systèmes d'info-divertissement. Extraite du rapport final de l'étude.

Il est intéressant de noter que les utilisateurs font face à des difficultés pour accomplir certaines tâches, *même les plus basiques (entrer une destination, passer un appel...)*. Par exemple, 100% des utilisateurs ont demandé de l'aide pour accomplir une ou plusieurs tâches basiques sur le système d'info-divertissement de Mercedes ; 91% pour Porsche ; 68% pour Tesla et 52% pour Nissan. Mais, qu'est-ce qui explique ces difficultés ? Quels éléments et aspects ergonomiques de l'IHM induisent ces difficultés ?

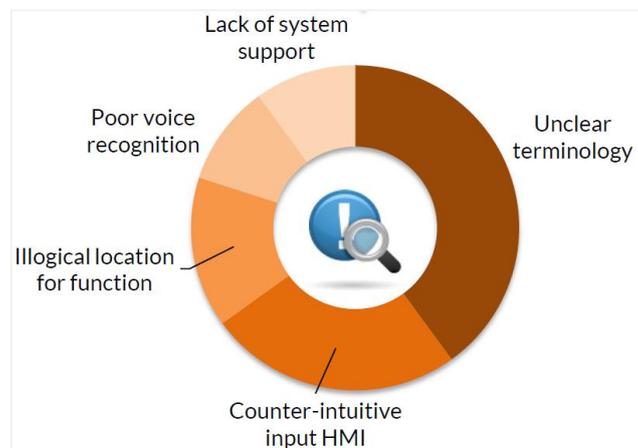


Figure 28. Principaux problèmes d'utilisabilité des systèmes analysés. Extraite du rapport final de l'étude.

Comme on peut le constater sur la figure ci-haut, la première cause est d'ordre **terminologique** (*unclear terminology*). Les termes, labels et icônes utilisés ne sont pas clairs et compréhensibles :

- « *Consumers found the terminology confusing throughout. e.g. "search radius"* » (Porsche).
- « *The icons used are ambiguous and there is no further information presented to help the user understand* » (Honda).
- « *Ambiguous terms & icons: Apps menu accessed via crosshatched circle; Next menu on navigation wording used = "Cont."* » (Mercedes)

La deuxième cause est relative à la **logique et modèle d'interaction avec les systèmes** (*Counter-intuitive input HMI*). En effet, les commandes et actions nécessaires pour interagir avec les systèmes ne sont pas intuitives selon certains utilisateurs :

- « *To access the Drive Kit Plus section of the system the user has to either go via the Video AUX menu or hold down the "C" button* » (Mercedes).
- « *Character input: Inputting characters (via the central controller) was slow and laborious* » (Mercedes).
- « *Out of all the Premium OEM systems tested Porsche scored the worst related to task safety whilst driving... due to... cluttered input HMI which is not easy to use whilst driving.* » (Porsche)

Quant à la troisième cause, elle est relative à **l'arborescence/organisation du contenu des systèmes** (*illogical location for function*). En effet, l'organisation des menus/fonctions est jugée complexe et ne correspond pas au modèle mental des utilisateurs :

- « *Complex menu structure* » (Mercedes).
- « *Very deep menu structure: Whilst the system has a large amount of features and services available the depth of certain functions have a negative impact on dynamic use. This is because the user has to spend a lot of time and concentration getting to their desired result* » (Mercedes).
- « *Overly complex menu structure- Menu structure requires too many steps, which consumers found irritating and unnecessary* » (Porsche)

Pour conclure, on constate que, sur la base de l'étude de SBD, deux des trois premières dimensions problématiques (i.e. *unclear terminology* and *illogical location for function*) sont des composantes de l'architecture de l'information. En conséquence, on peut raisonnablement conclure que l'architecture de l'information des systèmes d'info-divertissement est un enjeu et une problématique commune à plusieurs constructeurs, dont le Groupe Renault.

### 5.2.2. Investigation

Dans l'étape précédente du diagnostic, on a dressé une cartographie des dimensions ergonomiques problématiques qui pénalisent l'utilisabilité des systèmes d'info-divertissement de Renault. Par la suite, les dimensions retenues (top six) ont été présentées brièvement en abordant les thématiques des *feedbacks* qu'elles englobent.

Dans cette troisième étape du diagnostic, l'objectif est d'identifier puis analyser les processus, méthodes et outils de conception/évaluation dont se servent les ergonomes internes, leur permettant de garantir le bon respect du top 6 des dimensions retenues. Dans cette optique, une analyse ciblée sur les processus, méthodes et outils a été conduite en s'appuyant sur diverses méthodes : analyse documentaire (standards de l'entreprise, notes techniques, guides de conception, cahier des charges...), observation (en *workshops*, diverses réunions...) et, enfin, des entretiens semi-directifs notamment auprès de l'ergonome en charge du périmètre de l'info-divertissement.

#### 5.2.2.1. Processus

Après analyse des processus du Groupe Renault, on constate une complexité notable et une superposition de plusieurs couches. À des fins pédagogiques, on va distinguer dans le présent document trois types de processus : les **processus de haut niveau**, les **processus intermédiaires** et les **processus de bas niveau**.

Les processus de haut niveau, qu'on situe à l'échelle de l'entreprise, ont pour finalité, globalement, de **définir l'approche/philosophie de développement**. À titre d'exemple, on peut citer le cycle en V et la CCU (cf. section 3.1). Les processus intermédiaires, qu'on situe à l'échelle des équipes, ont pour finalité de garantir une bonne qualité du produit. Bien entendu, dans notre cas, c'est de la qualité ergonomique dont il s'agit. Enfin, les processus de bas niveau ont pour objectif de cadrer les activités d'un périmètre et/ou d'aspect ergonomique précis.

##### 5.2.2.1.1. Processus de haut niveau

Au sein de Renault, le modèle en V se traduit par le **Système de Conception Renault « SCR »**. Il a pour finalité de garantir la satisfaction des clients en garantissant, de manière durable, le niveau de qualité attendu, dont la qualité ergonomique des IHM.

Le SCR, comme illustré par la figure ci-dessous, est constitué d'un ensemble d'éléments qu'il définit :

- La logique de développement des véhicules et organes mécaniques « **Value Up Product Process Program** » (**V3P**), autour de laquelle toute l'entreprise est organisée,
- **Les processus opérationnels**, qui constituent les référentiels des activités de l'ingénierie et l'ossature du SCR,
- **Le Plan de Référence Métier (PRM)**, qui liste l'ensemble des livrables à produire par le métier pour un projet véhicule, cadencé dans le temps par les différents jalons, ainsi que le « qui fait quoi » pour chacun des livrables,
- Les méthodes d'ingénierie, les standards métiers et les outils utilisés tout au long des développements

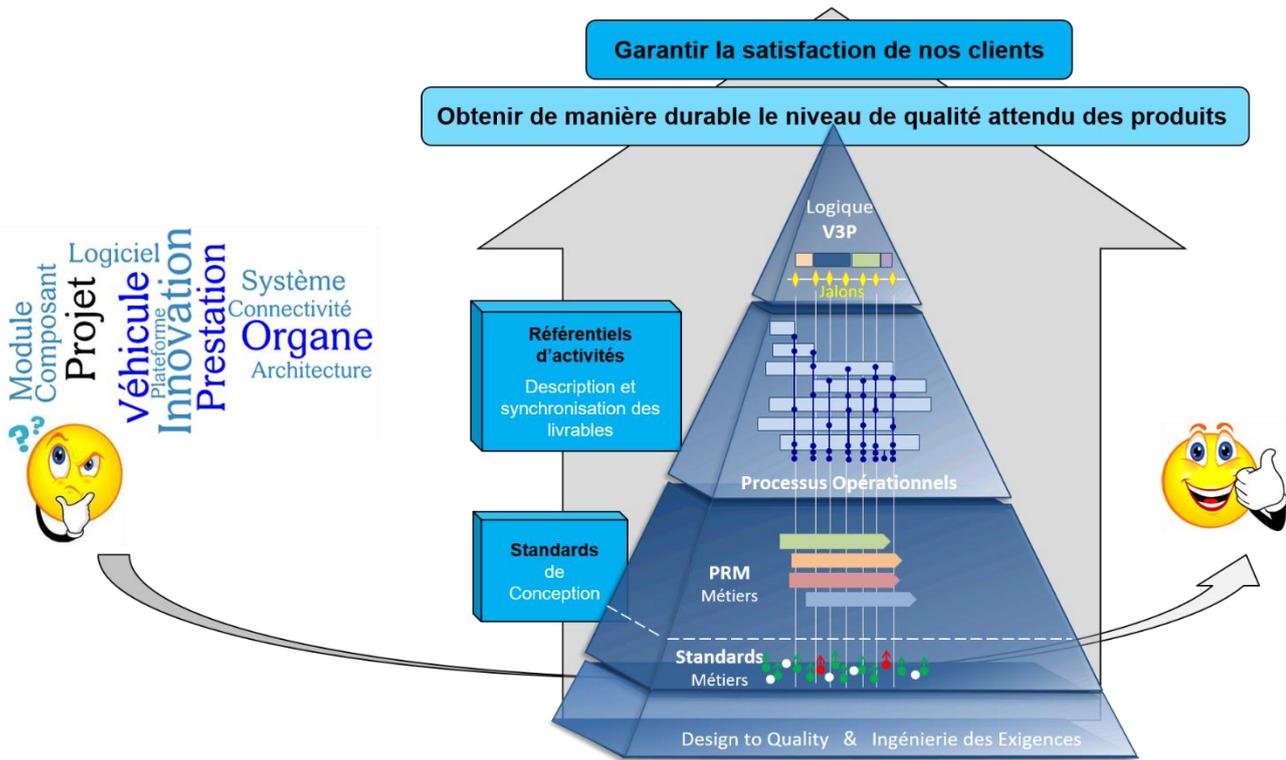


Figure 29. Système de conception Renault (SCR). Source : intranet Renault.

La logique V3P, dont la finalité est d'accroître la performance et compétitive de Renault, est l'implémentation du SCR sur le terrain. Elle a comme objectifs de réduire les coûts de développement de 30%, réduire les délais de développement de -3 à -6 mois et optimiser l'équilibre coût/valeur en donnant au client uniquement ce qu'il veut acheter. Comme illustré par figure ci-dessous, le V3P s'articule autour de trois grandes phases : Amont, Développement et Industrialisation.

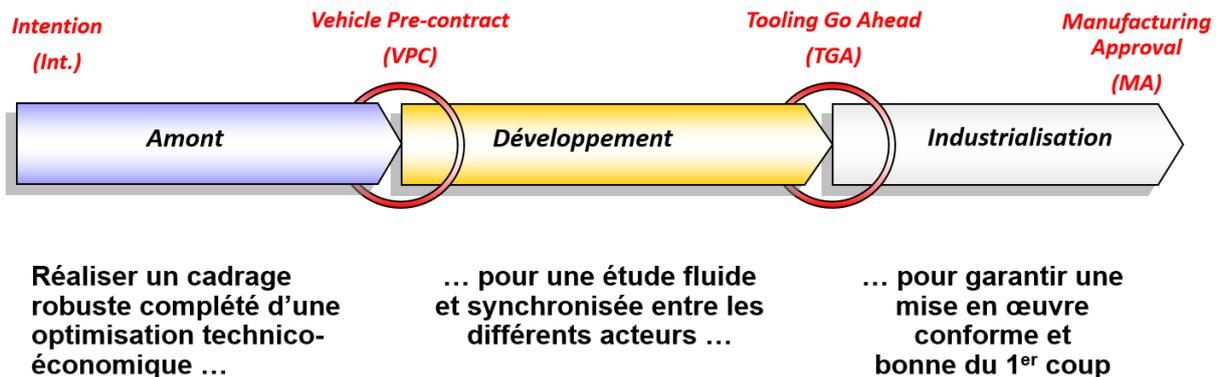


Figure 30. Phases majeures du Value Up Product Process Program. Source : Intranet Renault.

La première phase, Amont, commence au jalon « Intention » (Int.) et se termine au jalon « Vehicule Pre-Contract » (VPC). Elle consiste en un cadrage technique et économique progressif permettant de définir les cibles prestations, puis il s'agit d'optimiser le ratio coût/valeur client. La deuxième phase, Développement, commence au jalon VPC et se termine au jalon « Tooling Go Ahead » (TGA). C'est une phase d'études synchronisées, dont l'objectif principal est d'évaluer et animer la convergence entre les différents métiers afin d'atteindre les cibles définies dans la phase précédente. La troisième phase, Industrialisation, commence au jalon TGA et se termine au jalon

« *Manufacturing Approval* » (MA). Lors de cette phase, on lance l'outillage des pièces, avec comme objectif, une production conforme du premier coup. Aussi, on effectue les validations des composants, sous-systèmes et systèmes par niveaux successifs, qui sont ensuite transférés sur le site définitif de production.

Le deuxième élément majeur défini par le SCR sont les **processus opérationnels**, aussi appelés processus fédérateurs. Ces processus sont d'une importance capitale, car ils :

- Constituent l'ossature du SCR,
- Décrivent l'enchaînement et la synchronisation des activités et métiers de l'ingénierie,
- Définissent les livrables attendus par les acteurs de l'ingénierie et les autres processus opérationnels.

L'ensemble des processus opérationnels, qui sont au nombre de 33 à janvier 2018, est organisé autour de trois grandes finalités :

- La première, *Plans/Hors cycle*, porte sur la construction de projets rentables et créateurs de valeur client. À titre d'exemple, c'est à ce niveau que se situe le processus opérationnel « O90 - Construire la réponse ingénierie véhicule aux demandes des marchés et piloter les applications », dont l'objectif est de coordonner l'ensemble des activités des parties prenantes afin de construire une réponse technique et économique véhicule, pour les différents marchés, profitable pour l'entreprise.
- La deuxième finalité, *Pilotage projet*, englobe les processus opérationnels permettant de faire décider un business à l'entreprise et mettre en place les moyens de son exécution. Par exemple, c'est à ce niveau que se situe le processus « O28 - piloter les validations (construction, exécution et capitalisation) », dont l'objectif est de piloter l'ensemble des activités de validation physique et numérique et démontrer que le produit final commercialisé par Renault satisfait à l'ensemble des exigences (réglementaire, sécuritaire...). Par ailleurs, c'est aussi à ce niveau que se situe le processus « **O24 - cadrer, déployer et valider les prestations** », qui nous intéresse le plus, car il s'agit du processus qui définit les activités et livrables de la DEA-TP et, de facto, de l'équipe « Ergonomie IHM et Cognitive UX ». Il sera présenté plus amplement ci-bas.
- La troisième grande finalité, *Conception produit*, s'agit de fournir aux usines les éléments pour fabriquer une voiture conforme, vendable et repérable. Par exemple, c'est à ce niveau que se situe le processus « O31 - définir et valider les organes et les pièces mécaniques », dont l'objectif est de garantir la faisabilité technique et industrielle des éléments à fabriquer par les usines.

Comme indiqué ci-haut, le processus opérationnel impactant, de manière directe, les activités de l'équipe « Ergonomie IHM et Cognitive UX » est le « **O24 - Cadrer, déployer et valider les prestations** ». Ce processus a pour finalité de « *garantir la bonne prise en compte et la déclinaison des attentes client lors du cadrage et du développement des projets véhicules, et ceci dans le respect des fondamentaux de l'Identité de Marques du Groupe, des préconisations de standardisation par les modules et des objectifs Qualité, Coûts, Délai, Prestation (QCDP)* »<sup>30</sup>. Autrement dit, le processus O24

---

<sup>30</sup> Source : Intranet.

est un traducteur entre les attentes/jugements des clients (satisfaction, plaintes...) et les prestations ; et entre les prestations et ce qui est conçu et assemblé (pièces et systèmes).

Pour réaliser cette traduction, le O24 est construit autour de quatre axes et trois grandes fonctions/acteurs qui, tous ensemble, doivent contribuer à la satisfaction des clients et à l'OAQ.

Le premier axe concerne la **compréhension** de ce que souhaitent et valorisent les clients du Groupe sur l'ensemble des marchés. Le Deuxième porte sur **l'estimation** des évolutions du marché concernant chacune des prestations. La troisième porte sur la **traduction** des attentes en paramètres de conception cohérents avec les valeurs et les fondamentaux de l'Identité de Marques du Groupe. Enfin, le dernier axe porte sur **l'animation** de la convergence de l'ingénierie vers les objectifs contractualisés.

Quant aux grandes fonctions définies et régies par le O24, elles consistent en ISP (Ingénieur Synthèse Prestation), PPC (Pilote Prestation Client) et le Métier (comportant le chef d'équipe, les référents et les SMP). L'ISP est, globalement, garant de la formalisation et de l'atteinte des exigences prestations, des budgets et plannings associés. Il s'occupe aussi du *reporting* auprès de l'Ingénieur en Chef et du directeur de la DEA-TP. Le PPC est responsable de l'atteinte des objectifs sur sa prestation/fonction pour un projet donné. Il pilote la prestation au cours du projet et définit les plans d'action nécessaires à la satisfaction des clients. Enfin, le métier, composé du chef d'équipe, des référents des domaines d'expertises et des SMP, est en charge de définir la politique technique, d'améliorer le métier, définir les objectifs pour les nouveaux projets et de construire des plans de validations des prestations.

#### 5.2.2.1.2. Processus intermédiaires

À l'échelle des équipes, notamment du métier, le SCR définit le **Plan de Référence Métier (PRM)** suivant la logique (c.-à-d. phases amont, développement et industrialisation) et cadence (c.-à-d. jalons projet) du V3P.

Le PRM, comme on peut le voir sur la figure ci-dessous, est un document qui liste l'ensemble des livrables à produire pour un projet véhicule et dans quelle échéance. Aussi, pour chacun des livrables (ex. cahier des charges IHM, *Right Sizing*<sup>31</sup>...) le PRM définit le « qui fait quoi ».

---

<sup>31</sup> Document qui définit, après un *benchmarking* (analyse de la concurrence), les cibles à atteindre pour chaque prestation.

Nom	Descriptif	De Qui	Qui fait	Pour Qui	Durée	Prédécesseurs (nom)	Successeurs (nom)
PM1500967	PRM_V3P-2_DEA-TPR_Prestation_Ergonomie_&_IHM				1395j		
Responsabilité IPP	Bandeau Fédérateur V3P-2				1395j		
Jalons	Jalons				1050j		
PRM Synthèse IHM	PRM Synthèse IHM				975j		
Boucle Int - PreC	Boucle Int - PreC				265j		
<b>Projet véhiculesIHM &amp; MM</b>					<b>265j</b>		
CDC Produit CCL des prestations concernées par le projet véhicule	CDC	Produit CCL			0j	Int	
Définition Produit du projet véhicule	Def Prod	Produit véhicule			0j	Pré-C	Liste des CDC métiers générique
Liste des CDC métiers génériques prestations concernées	Liste CDC	SMP Fonctionnels	SMP IHM	ISP	0j	Définition Produit du projet véhicule	
CDC niv 5 prestation PF	CDC niv 5 ;		AMS		0j	CF	
Expression de besoin appliqués en véh/support prototypes (MC;VC;PT1;PT2)	Expression appli	PPC IHM	PPC IHM	PSV DEA-TP	0j	CF	
<b>Right Sizing</b>	<b>Right Sizing</b>				<b>35j</b>		
Right Sizing véhicules	Right Sizing Véh	Produit, Synthèse	SMP IHM, PPC IHM	ISP	35j	Int	Synthèse Right sizing
Synthèse Right sizing	Synt Right Sizing	Produit, Synthèse	SMP IHM, PPC IHM	ISP	0j	Right Sizing véhicules	
<b>Plan de référence IHM cockpit</b>	<b>Plan de Ref</b>				<b>845j</b>		
Màj Plan de référence IHM cockpit PréC	Màj P ref PréC	IHM (Macro zoning), architecture, design, projet, ergo phy, IS	PPC IHM	Architecture, Ingénierie, ISP	0j	Pré-C	
Màj Plan de référence IHM cockpit CF	Màj P ref CF	IHM (Macro zoning), architecture, design, projet, ergo phy, IS	PPC IHM	Architecture, Ingénierie, ISP	0j	CF	
Màj Plan de référence IHM cockpit VPC	Màj P ref VPC	IHM (Macro zoning), architecture, design, projet, ergo phy, IS	PPC IHM	Architecture, Ingénierie, ISP	0j	VPC	

**Figure 31. Plan de Référence Métier "Ergonomie IHM et Cognitive UX".**

Par exemple, le PRM indique que le livrable *Right Sizing* est préparé conjointement par les SMP et PPC IHM sur la base de données d'entrées fournies par les métiers du Produit et la Synthèse. Le livrable est ensuite consommé par l'ISP. Quant au livrable *Plan de référence IHM cockpit*, il est préparé par le PPC, uniquement, sur la base de données d'entrées fournies par les métiers du Design, Ergonomie physique... puis consommé par l'ISP, l'Architecture et l'Ingénierie.

Cependant, bien que le PRM soit un prescrit important du point de vue processus, il présente, à notre sens, certaines limites qu'il est important de souligner à ce niveau. Tout d'abord, le PRM est un prescrit qui est orienté Projet. En effet, il liste tous les livrables à produire par le PPC, qui est un acteur projet, ce qui n'est pas le cas des livrables métiers, à produire par le SMP. Ensuite, même s'il définit le « qui fait quoi » et à quel moment, le PRM ne précise pas le « comment ». En effet, pour chaque livrable, il précise qui le prépare, avec les données d'entrées de quel acteur, pour qui est-il préparé et pour quel jalon. Cependant, aucune indication sur comment conduire l'activité, ni sur quels méthodes et outils s'appuyer pour mener à bien l'activité ne sont précisés. Enfin, comme on vient de le préciser, le PRM est un prescrit générique et nominal de l'activité des ergonomes internes qui découle du SCR et V3P. Il n'est pas, totalement, le reflet de la réalité du terrain. Alors, qu'en est-il de l'activité réelle ? Comment se déroule réellement, le développement des IHM pour X projets, notamment en ce qui concerne les activités des SMP ? Sur quelles méthodes et quels outils s'appuie-t-on ? Pour répondre à ces questions, nous avons formalisé l'activité réelle, dans le cadre de cette troisième étape du diagnostic, en portant une attention particulière aux méthodes et outils dont se servent les SMP.

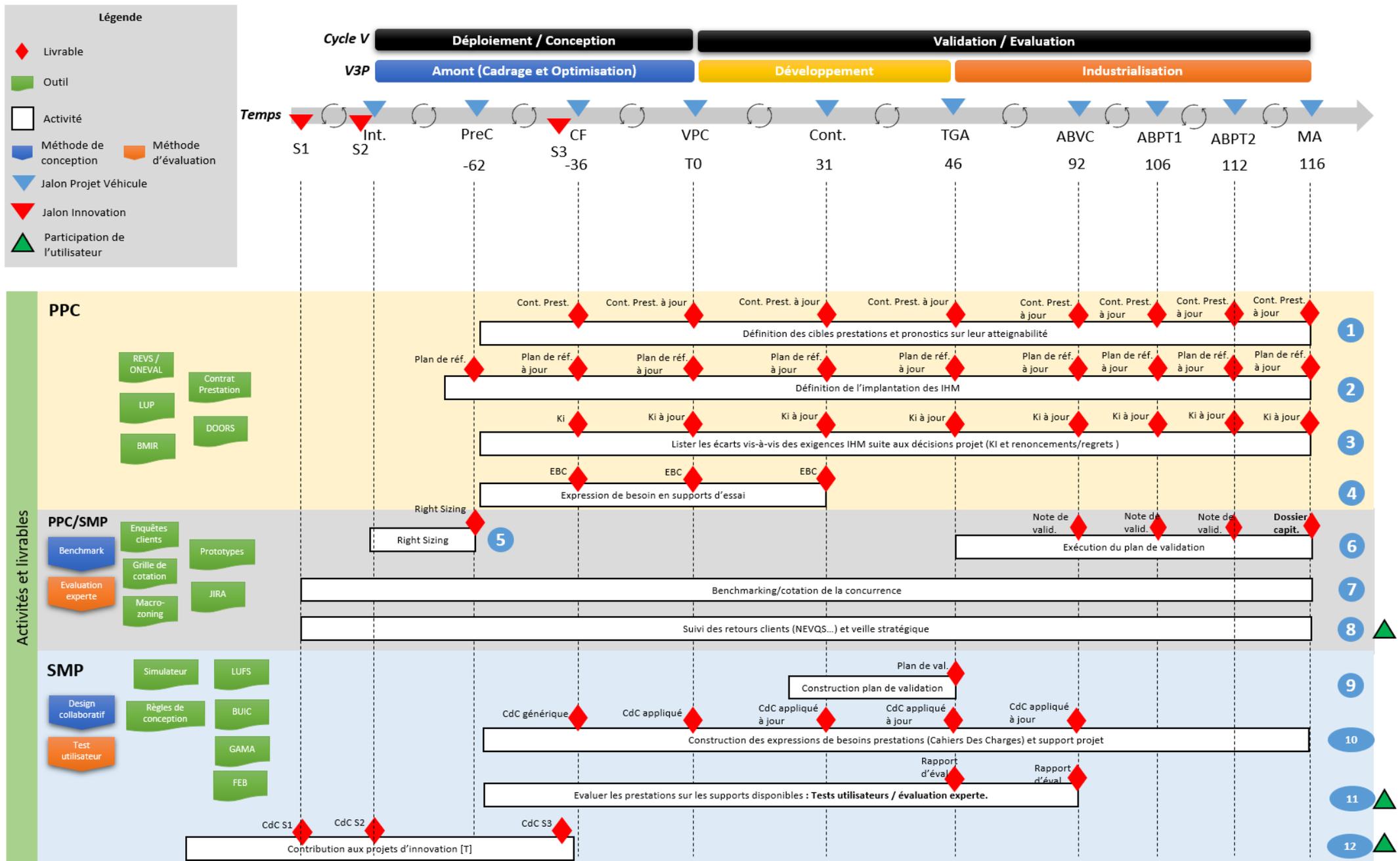


Figure 32. Représentation formelle des activités de l'équipe.

Comme illustré par la figure ci-haut, le PPC est en charge de quatre activités principales et exclusives. L'activité n°1 consiste à **définir les cibles prestations ainsi que les pronostics sur leurs atteignabilité à chaque jalon du projet**. Il s'agit, à partir notamment du *Right Sizing* (qui est le livrable de l'activité n°5) et des règles métiers, de formaliser la cotation de chaque prestation en s'appuyant sur le barème d'évaluation subjectif de l'entreprise (cf. Annexe n°2). Le livrable de cette activité est le Contrat Prestation<sup>32</sup> qui est remis à jour par le PPC à chaque jalon. L'activité n°2 consiste à **définir l'implantation des IHM**. Il s'agit, en s'appuyant sur le *Macro zoning*<sup>33</sup>, de définir l'emplacement des organes de commandes et affichages dans le cockpit du véhicule. Le livrable de cette activité est le Plan de référence, remis à jour par le PPC à chaque jalon. L'activité n°3 consiste à **lister les écarts de conception vis-à-vis des exigences IHM à la suite des décisions Projet**. Il s'agit, en ayant en référence les cahiers des charges (CdC) produits par les SMP dans le cadre de l'activité n°8, de lister les écarts de conception et les hiérarchiser en Ki<sup>34</sup> dans l'outil LUP<sup>35</sup>. Le livrable de cette activité est une liste d'écarts hiérarchisés par niveau de criticité ainsi que le plan d'action associé pour les corriger. L'activité n°4 consiste à **exprimer les besoins en supports d'essai**. Il s'agit d'effectuer les demandes en supports numériques et/ou physiques nécessaires au plan de validation (Livrable de l'activité n°6) et à la validation des prestations. Le livrable de cette activité est l'EBC (Expression de Besoins Client) qui est saisi dans l'outil REVS<sup>36</sup>(*Renault Engineering Validation System*).

Les activités n° 5, 6, 7 et 8 sont conduites conjointement par les SMP et PPC. **Le Right Sizing** (activité n°5) est crucial, car elle permet de construire les cibles et objectifs prestations à atteindre. Durant cette étape, les SMP et PPC analysent les véhicules concurrents et les véhicules Renault qui seront remplacés. Pour cela, ils s'appuient sur une grille interne d'analyse concurrence. Ensuite, l'ensemble des cotations est discuté avec la Direction du Produit et la Synthèse pour, finalement, converger et définir les cibles à atteindre sous le livrable : *Right Sizing*. L'activité n°6 consiste à **exécuter les plans de validations**. Il s'agit, on se basant sur les cahiers des charges (CdC) produits par les SMP dans le cadre de l'activité n°10 et le plan de validation construit par le SMP dans le cadre de l'activité n° 9, de s'assurer que les exigences IHM sont respectées. Ces validations sont réalisées par le PPC, à partir du jalon TGA, en s'appuyant sur des supports numériques (plans de forme, *software*...) et/ou physiques (prototypes, pièces...). L'activité n°7 (**Benchmarking/cotation de la concurrence**) consiste, hors cycle de conception, à analyser la concurrence tout au long de l'année. Il s'agit, en s'appuyant sur une grille d'analyse et des use cases, de conduire une évaluation experte de l'IHM de divers véhicules. Ainsi, chaque périmètre et prestation sont évalués, de la même manière que lors du *Right Sizing*, en rapportant les points positifs/négatifs des IHM analysées. L'activité n°8 consiste en une veille stratégique. Il s'agit, sur la base des enquêtes clients (NEVQS, NCBS...) et d'analyses de la presse spécialisée, de suivre les feedbacks de clients et spécialistes de l'automobile concernant les IHM du Groupe.

Quant aux activités n° 9, 10, 11 et 12, elles sont exclusivement conduites par les SMP. **La construction des plans de validation** (activité n°9) consiste à décrire, par le SMP, l'ensemble des étapes et ainsi que les éléments IHM à vérifier pour avoir l'assurance que les exigences IHM exprimées initialement dans les CdC du SMP sont bien respectées. Le livrable de cette étape (c.-à-d. plan de validation) est renseigné dans l'outil REVS par le PPC. **La construction des expressions de besoins** (activité n°10) consiste à rédiger les exigences ergonomiques IHM pour chacune des prestations dont est responsable le SMP. Pour cela, il s'appuie sur des données d'entrées fournies, notamment, par les métiers du Fonctionnel et le Produit. Aussi, le SMP s'appuie

---

<sup>32</sup> Outil de l'entreprise dans lequel est consigné pour un projet donné l'ensemble des objectifs prestations et pronostics de leur atteignabilité.

<sup>33</sup> Standard de conception qui fournit un cadre de référence pour le choix de l'implantation des IHM.

<sup>34</sup> Caractérisation des problèmes par niveau de criticité du K1 au K4. Cf. Annexe n° 3.

<sup>35</sup> Liste Unique des Problèmes. Outil regroupant l'ensemble des problèmes et des propositions identifiés au cours du développement, industrialisation, fabrication et commercialisation des véhicules.

<sup>36</sup> REVS (*Renault Engineering Validation System*) est un outil de Renault permettant de piloter les validations des véhicules et assurer leur traçabilité. N.B. : l'outil REVS est progressivement remplacé par l'outil OneVal qui se veut plus performant.

sur son expertise et sa connaissance de la concurrence et de leurs solutions IHM (cf. le *Right Sizing*) ainsi que sur des règles de conception génériques. Par ailleurs, le SMP doit converger avec les autres acteurs de l'IHM (Architecture, Design, Système...) dans le cadre de *Workshops* (groupes de co-conception) où les solutions de conception sont passées en revue, discutées puis validées/modifiées. Le livrable de cette activité est un cahier des charges comportant les exigences en matière d'ergonomie cognitive des IHM pour les différentes prestations. Une autre activité majeure du SMP est la n°11 : **évaluation des prestations sur les supports disponibles**. Il s'agit ici de conduire soit des évaluations expertes (inspection heuristique), notamment pour évaluer les solutions IHM de la concurrence ; soit des tests utilisateurs, dans la plupart des cas sur des simulateurs, auprès d'utilisateurs naïfs et experts, pour évaluer les solutions IHM en cours de définition. À la suite de ces différentes évaluations, les CdC sont ajustés et mis à jour à chaque jalon projet. La dernière activité, la n°12, consiste à **contribuer aux projets d'innovation**. Il s'agit ici d'apporter un support, en matière d'ergonomie cognitive et IHM, pour les projets amont de Recherche et d'Études Avancées (R&AE) que l'entreprise considère comme stratégiques et prioritaires, les [T]<sup>37</sup>. Le livrable de cette activité hors cycle, comme illustré la figure 36, est un CdC permettant le cadrage des solutions IHM dès l'amont, mis à jour à chaque jalon innovation (S1, S2 et S3).

#### 5.2.2.1.3. Processus de bas niveau

Les processus de bas niveau, qui constituent le troisième type de processus que nous distinguons dans le cadre de nos recherches, ont pour finalité de cadrer la/les activité(s) de développement d'aspects et problématiques ergonomiques précis des IHM.

Le premier processus de bas niveau identifié est le « **BUIC process** ». Ce dernier définit les acteurs, et leurs rôles respectifs, impliqués dans la validation des informations à communiquer au conducteur par les différents systèmes embarqués via le combiné d'instruments (c.-à-d. tableau de bord). Le processus est initié par la création d'une FEB (Fiche Expression Besoin), qui est un document définissant le besoin informationnel, sa nature (textuel, visuel, sonore), le label associé... Ensuite, la FEB est discutée en RIME (Revue IHM Métier), qui est l'instance de validation des informations conducteur impliquant différents acteurs de l'entreprise. Par la suite, une fois la FEB validée, elle est intégrée dans la BUIC (Base Unique des Informations Conducteur).

Le deuxième processus de bas niveau identifié est le processus « **Traduction pour le tableau de bord et le multimédia** », qui s'appuie sur l'outil GAMA. Étant donné la présence internationale du Groupe Renault, il est nécessaire que les informations transmises par les IHM des véhicules du Groupe, notamment via le tableau de bord et le multimédia, soient correctement traduites pour assurer un niveau de qualité ergonomique optimale (clarté et compréhensibilité). Pour cela, le SMP concerné définit, par exemple, le message à afficher au tableau de bord, en français, et le transmet à l'entité *Renault UK* pour qu'il soit traduit en anglais. Par la suite, *Renault UK* transmet le message en version française ET anglaise aux correspondants natifs d'autres langues qui, à leur tour, traduisent et vérifient le message.

Le troisième processus de bas niveau identifié est le processus « **IHM sonores** », dont l'objectif est notamment de garantir une qualité ergonomique optimale des IHM sonores. Ce processus implique divers métiers comme le Design, le Produit, l'Acoustique et l'Ergonomie cognitive et s'appuie sur divers outils comme la LUFS (Liste Unique Fonctionnelle des Sons) et la BUIC (Base Unique des Informations de Conduite).

Concernant les processus bas niveau en lien avec les problématiques ergonomiques présentées dans la deuxième étape du diagnostic, nous en avons identifié deux. Le premier processus, « **HMI Text Label** », concerne les labels utilisés dans les systèmes d'info-divertissement. Ce processus définit les différentes étapes

---

<sup>37</sup> Lire square T

de création et mise à jour d'un label ainsi que le rôle des acteurs impliqués (PFS<sup>38</sup> et ergonome IHM). Le deuxième processus identifié concerne les **pictogrammes**. Il permet le partage des responsabilités entre les métiers du Design et l'Ergonomie cognitive dans la conception/évaluation des pictogrammes, notamment utilisés dans les systèmes d'info-divertissement du Groupe. Cependant, ce processus n'est pas formalisé/standardisé.

#### 5.2.2.2. Méthodes et outils

Tout comme les processus, nous faisons ici la distinction entre deux types de méthodes : les **méthodes de conception** et les **méthodes d'évaluation**.

La principale différence, comme le précise la norme ISO 16982 (2002), portant sur les méthodes d'utilisabilité, est une différence de focalisation. Là où les méthodes de conception permettent de guider la conception de manière à identifier les exigences utilisateurs, les méthodes d'évaluation, quant à elles, permettent d'apprécier les solutions/hypothèses de conception selon certaines dimensions (ex. facilité de découverte) ou par rapport à un modèle (ex. nombre de clics pour une tâche donnée sous le système R-Link 2 VS le système Nissan CONNECT).

##### 5.2.2.2.1. Méthodes de conception

On constate, comme illustré par le tableau 4, l'usage de deux méthodes de conception, notamment lorsqu'il s'agit de garantir le respect des six dimensions problématiques (cf. chapitre 5.2.2) : **Benchmarking** et **Design collaboratif**.

Dans le cadre des activités de l'équipe, le **benchmarking** (cf. chapitre 3.2) est largement utilisé, par exemple, pour produire le livrable *Right Sizing*. Elle s'appuie sur deux outils : un référentiel de *use cases*, permettant de s'assurer que l'ergonome couvre tous les cas d'usage des différentes IHM, et une grille de cotation, organisée par fonctions et/ou périmètres (ex. ADAS, Tableau de bord...) et permettant de récolter la cotation et les observations de l'ergonome.

L'usage intensif du *Benchmarking* pourrait s'expliquer par l'objectif, entre autres, de l'équipe de développer une bonne connaissance de la concurrence et son rapport qualité/prix attractif. En effet, le *Benchmarking* permet d'acquérir une bonne connaissance des solutions de conception de la concurrence et définir des orientations de conception sans investissement élevé.

Tout comme le *Benchmarking*, la méthode du design collaboratif est largement utilisée au sein de Renault. Cela se traduit notamment par des *workshops* et groupes de travail qui durent, généralement, une demi-journée. Durant ces ateliers, différents métiers de l'entreprise (Ergonomie, Design, Produit, Système...) discutent, critiquent, affinent les solutions de conception. Cependant, il est à noter qu'à l'heure actuelle, l'utilisateur final ne participe pas à ces *workshops*.

Par ailleurs, comme on vient de le rappeler, le Design collaboratif est largement utilisé au sein de Renault. Cela pourrait s'expliquer par le contexte industriel automobile incertain et hautement concurrentiel qui a poussé les constructeurs, début des années 1990, à recourir à l'ingénierie concurrente (Decreuse, 1998) dans l'optique de réduire le « *time to market* ». En effet, pour devenir compétitifs, les constructeurs ont adopté une nouvelle organisation simultanée (division des procédures), concurrente (concourir vers le même objectif) et

---

<sup>38</sup> Pilote Fonction Système

pluridisciplinaire, qui se cristallise, entre autres, par des groupes de travail incorporant divers métiers de l'amont et l'aval.

#### 5.2.2.2.2. Méthodes d'évaluation

Quant aux méthodes d'évaluation, on constate le recours systématique à deux méthodes différentes : le **test utilisateur** et l'**évaluation experte**.

L'équipe, et en particulier le périmètre info-divertissement, conduit un nombre important de tests utilisateurs tout au long du cycle de développement. À titre d'exemple, huit tests utilisateurs sont réalisés courant de l'année 2017 dans le cadre du développement du système d'info-divertissement *Easy Link*<sup>39</sup> ; à l'échelle de l'équipe, une vingtaine de tests sont conduits annuellement. Ces tests sont d'abord réalisés en interne puis, à partir d'un certain niveau de maturité du projet, en externe auprès de cabinets indépendants (ex. Eurosyn, JDPower...).

Les tests utilisateurs conduits en interne ont pour objectifs, globalement, d'orienter les choix de conception et faciliter la prise de décision. Le recrutement des sujets se fait en interne, en sollicitant des collaborateurs Renault. Ces tests se déroulent, généralement, sur des simulateurs avec une vingtaine de sujets en moyenne, qui doivent réaliser un ensemble de tâches. Généralement, les données récoltées sont subjectives/attitudinales (c.-à-d. ce que les sujets déclarent), non objectives/comportementales (c.-à-d. ce que les sujets font). Pour cela, on s'appuie notamment sur des échelles de Likert plutôt que sur les questionnaires standardisés (SUS, NASA-TLX, AttrakDif...). Par ailleurs, il est à noter que des tests utilisateurs sont conduits dans certains marchés locaux (ex. Corée) et qu'il n'existe pas de standard/guide de conduite de test. Quant aux tests utilisateurs externes, ils sont conduits par des cabinets indépendants (Eurosyn, JD Power...) tardivement dans le cycle de développement. Ici, les objectifs consistent généralement à évaluer la perception globale du système, évaluer son utilisabilité et identifier les lacunes ergonomiques à corriger avant le lancement du système. Pour réaliser ces tests, une trentaine d'utilisateurs représentatifs sont recrutés. Ils sont ensuite amenés à réaliser un ensemble de tâches couvrant les usages principaux du système, suivi d'entretiens, sur des maquettes représentatives, voir le produit final. Cependant, là aussi, les données récoltées sont subjectives/attitudinales, non objectives/comportementales, et on ne s'appuie pas sur des mesures de performances (temps de tâches, nombre de clics...).

La deuxième méthode identifiée, **évaluation experte/heuristique** (Scapin & Bastien, 1997), consiste à évaluer l'IHM du système en identifiant les potentiels problèmes ergonomiques, sur la base du jugement de l'évaluateur, de *guidelines* ou de *check-lists* (Lallemand & Gronier, 2018). Dans le cadre des activités de l'équipe, cette méthode est largement utilisée. C'est, par exemple, le cas dans le cadre de l'activité n°6 où l'on déroule le plan de validation.

#### 5.2.2.2.3. Outils de développement

Les activités et méthodes décrites ci-haut s'appuient, généralement, sur un ensemble d'outils, dont nous distinguons deux types : les **outils orientés projet** et les **outils orientés métier**.

Nous considérons comme **outil projet**, tout outil mis à disposition par l'entreprise et dont les objectifs sont, notamment, d'assurer l'interface, le suivi et le *reporting* aux équipes projet. À titre d'exemple, on peut citer le « **Contrat Prestation** » (outil dans lequel est consigné les objectifs prestation pour un projet donné, les pronostics de leur *atteignabilité* et les cotations à chaque jalon) ; **LUP** (Liste Unique des Problèmes, qui

---

<sup>39</sup> Nouveau système d'info-divertissement du Groupe Renault qui équipe, entre autres, la Clio 5.

regroupe l'ensemble des problèmes et des propositions identifiés tout au long du développement du projet permettant ainsi de piloter en continu la résolution des problèmes et la capitalisation du point de vue du produit et process) ; **BMIR** (Base Métier Ingénierie Renault, qui est un outil destiné à stocker et consulter la documentation et standards certifiés de l'ingénierie de Renault) et **OneVal** (*Alliance Validation and Prototype Management* est un outil de l'Alliance Renault-Nissan-Mitsubishi permettant d'assurer le suivi des validations numériques et physiques ainsi que de l'optimisation des prototypes, essentiel pour gérer le processus de validation au global).

Par opposition aux outils projet, nous considérons comme **outil métier**, tout outil, qu'il soit tiré de la littérature ou développé par les ergonomes internes, dont les objectifs sont d'appuyer l'ergonome interne dans l'identification et/ou résolution des questions relatives à l'utilisabilité des IHM et permettre, in fine, de garantir la qualité ergonomique du produit développé. Concernant ce type d'outils, notamment ceux dont se sert l'ergonome en charge du périmètre info-divertissement pour garantir le respect des six dimensions problématiques exposées dans les chapitres précédents, ils sont au nombre de trois.

Le premier outil, « **HMI Text Labels** » référencé sous le N° 64811-2015-009, est une base de données Excel contenant l'ensemble des labels utilisés dans les systèmes d'info-divertissement du Groupe. Cet outil est partagé par les SMP, les PFS IHM et est administré par l'AMS système IHM. Par ailleurs, l'outil rappelle le processus de création des labels, abordé dans la partie précédente.

Le deuxième outil, « **Moulinette\_Font** », est une macro Excel permettant de calculer le nombre de pixels d'un label en fonction, notamment, de la police et taille de caractères.

Le troisième outil, « **AIVI\_Icons\_Database** », est une base de données sous Excel qui répertorie tous les pictogrammes du système d'info-divertissement AIVI. Il est partagé par les métiers du Design et l'Ergonomie Cognitive permettant ainsi une meilleure collaboration entre ces deux métiers responsables de la conception et évaluation des pictogrammes.

#### 5.2.2.3. Discussion

Dans cette troisième étape du diagnostic (Investigation), l'objectif était d'identifier puis analyser les processus, méthodes et outils de conception/évaluation dont se sert, notamment, l'ergonome en charge du périmètre de l'info-divertissement lui permettant de garantir le bon respect du top six des dimensions ergonomiques problématiques. Dans cette optique, nous avons conduit une analyse ciblée sur les processus, méthodes et outils.

Concernant les processus, on constate trois éléments majeurs : une complexité notable, mais justifiable vue la nature et enjeux, notamment sécuritaires, liés au produit développé et vu le nombre considérable de métiers à synchroniser de l'amont (ex. innovation, R&D...) jusqu'à l'aval (ex. industrialisation, commerce...) ; une orientation client manifeste ; et, enfin, une superposition de plusieurs couches/niveaux de processus.

En effet, à l'échelle de l'entreprise (processus de haut niveau), le modèle en V se traduit par le **SCR**, qui a pour finalité de **garantir la satisfaction des clients**. Le SCR définit un ensemble d'éléments comme le **V3P**, qui orchestre toutes les activités de l'entreprise, et les **processus opérationnels**, qui sont les référentiels des activités de l'ingénierie et constituent l'ossature du SCR. Le processus opérationnel impactant directement les activités de l'équipe, le O24, a pour finalité de garantir la bonne **prise en compte et la déclinaison des attentes client** en les traduisant en paramètres de conception compréhensibles par le métier Système.

À l'échelle des équipes (processus intermédiaires), les activités sont prescrites par le PRM. Ce dernier, suivant la logique et cadence du V3P, liste l'ensemble des livrables à produire pour un projet donné et le « qui fait quoi ». Cependant, le PRM est un prescrit « orienté projet », qui ne précise pas le « comment » des

activités, ni sur quels moyens métiers (méthodes et outils) l'ergonome interne s'appuie pour exécuter ses missions. Face à ces constats, nous avons formalisé l'activité réelle de l'équipe (cf. Figure 36) en y faisant figurer les méthodes et outils à disposition de l'ergonome interne. Enfin, concernant les processus de bas niveau, on en a identifié cinq, dont deux relatifs aux problématiques ergonomiques relevées précédemment. Le premier processus porte sur les labels et le deuxième sur les pictogrammes.

**Tableau 4. Synthèse des processus, méthodes et outils spécifiques au top six des dimensions ergonomiques problématiques.**

		Processus	Méthode		Outil	
			Conception	Evaluation		
C5	Terminologie/Labels	Oui	Bench et Design coll.	Test utilisateur et évaluation experte	« HMI Text Labels »	
	Arborescence	/ <sup>40</sup>			« Moulinette_Font »	
	Symbolique/Icônes	Oui			/	
C8	Modèle d'interaction	/				« AIVI_Icons_Database »
	Codification de l'info					
C17	Dispense de l'information					
	Layout/Agencement local					
C12	Séquencement des tâches					
	Nombre de choix					
C4	Accès direct					
C24	États des systèmes			/		
<b>Total</b>		2	2	2	3	

Concernant les outils, nous en avons identifié trois. Le premier, « *HMI Text Labels* », centralise l'ensemble des labels utilisés dans les systèmes d'info-divertissement du Groupe. Le deuxième, « *Moulinette\_Font* » est une macro Excel permettant de calculer le nombre de pixels d'un label. Enfin, le troisième (« *AIVI\_Icons\_Database* ») est une base de données répertoriant tous les pictogrammes du système A-IVI. Par ailleurs, on constate que les outils standardisés, à l'instar des échelles d'utilisabilité et UX (SUS, AttrakDiff, meCUE...) ne sont pas utilisés.

Concernant les méthodes, nous en avons identifié quatre au total : deux méthodes de conception (*Benchmarking* et Design collaboratif) et deux méthodes d'évaluation (test utilisateur et évaluation experte). Ces quatre méthodes, bien qu'elles soient éprouvées par des années d'application, sont :

1. Utilisées de manière systématique, indépendamment des problématiques ergonomiques sous-jacentes (compréhensibilité des labels et pictogrammes, architecture de l'information...) et de l'état d'avancement dans le processus ;
2. Génériques et non adaptées aux tops six des problématiques ergonomiques identifiées. En effet, l'état de l'art (cf. chapitre 3.2) a permis de mettre en évidence un nombre considérable de méthodes, notamment spécifiques à la conception et l'évaluation de l'architecture de l'information. *Il y a donc un écart entre les méthodes rapportées/disponibles dans la littérature (une centaine au total) et celles déployées/utilisées par les praticiens.* Or, comme le rappelle Harvey et ses collègues (Harvey & al.,

<sup>40</sup> Non identifié.

2011), le succès du développement d'IHMs ergonomiques dépend, entre autres, de la pertinence des méthodes choisies.

Quant aux deux méthodes d'évaluations, notamment le test utilisateur, leur implémentation ne permet le recueil que de données subjectives/attitudinales (c.-à-d. ce que les utilisateurs déclarent) mesurant ainsi l'utilisabilité perçue, non effective. Aussi, étant donné que le recrutement des sujets se fait en interne (collaborateurs Renault), l'interprétation des données issues de ces tests doit se faire avec précaution, car la représentativité des sujets est un enjeu majeur notamment lorsqu'il s'agit de la fiabilité des données recueillies et, in fine, des conclusions et recommandations tirées.

### 5.2.3. Action – Plan de recherche-action en vue de réduire les gaps

L'étape précédente du diagnostic a permis de mettre en évidence la problématique du *gap* recherche-pratique en conception et évaluation des IHM automobiles embarquées, grâce à l'analyse menée au sein du Groupe Renault. Comme exposé, le *gap* concerne/se situe notamment autour de la problématique de l'architecture de l'information des systèmes d'info-divertissement.

Dans cette dernière étape du diagnostic, il s'agit de planifier les actions qui permettront de réduire le *gap* constaté et remédier aux carences méthodologiques identifiées. Ainsi, après présentation et discussion des résultats du diagnostic présentés ci-haut avec l'expertise (Expert et Expert Leader IHM) et le management de Renault (CUET de l'équipe), il a été décidé de se focaliser sur le volet des méthodes, plus particulièrement, sur les méthodes de conception de l'architecture de l'information.

Cependant, avant de déployer ce type de méthodes sur le terrain, dans le but d'appuyer les ergonomes internes dans la conception des futurs projets du Groupe, il est nécessaire de démontrer leur efficacité. Pour ce faire, un plan de recherche-action a été défini avec comme hypothèse générale de travail stipulant que :

**Réduire le *gap* recherche-pratique en conception et évaluation des IHM automobiles embarquées permettrait de renforcer le processus global de conception centré utilisateur et, ainsi, améliorer l'utilisabilité de ce type ces systèmes.**

Le plan de recherche proposé est composé deux approches complémentaires – et conformes aux deux modalités de production du savoir ergonomique (cf. section 4.2) – dont la finalité est la réduction du *gap* constaté.

La première, et principale approche est la réponse directe au *gap* concernant l'architecture de l'information. Elle vise à tester l'efficacité de la méthode du « tri de cartes » dans le contexte particulier des systèmes automobiles embarqués. La question de recherche associée est la suivante :

**La méthode du tri de cartes, permettant la conception centrée utilisateur de l'architecture de l'information des systèmes interactifs, est-elle efficace en conception de l'AI des systèmes automobiles d'info-divertissement ?**

Pour répondre à cette question de recherche, nous avons planifié trois études portant sur le système d'info-divertissement du Groupe, le R-Link 2.

- La première étude vise à identifier, précisément, les composantes problématiques de l'AI actuelle du R-Link 2.

- La deuxième étude, quant à elle, vise à reconcevoir l'AI du R-Link 2 en s'appuyant sur la méthode du tri de cartes.
- Enfin, la troisième étude vise à comparer les deux AI pour déterminer, si oui ou non, le tri de cartes a permis une amélioration significative de l'utilisabilité du R-Link 2.

La deuxième approche secondaire/complémentaire, quant à elle, vise 1) à réduire le *gap* concernant d'autres aspects ergonomiques des IHM embarquées et 2) questionner les productions de la communauté scientifique, notamment leur pertinence, au travers des besoins des ergonomes praticiens. Dans le cadre de cette approche, plusieurs études de cas ont été conduites. Elles concernent divers périmètres (ADAS, tableau de bord...) et problématiques de conception (utilisabilité de l'IHM des boîtes de vitesses automatiques, compréhensibilité des pictogrammes, IHM sonore...). Nous en présentons quelques-unes en « Chapitre 7 ».

### 5.3. Discussion

Dans ce chapitre, nous avons présenté le diagnostic des plaintes clients sur les IHM embarquées du Groupe Renault.

D'abord, nous avons rappelé l'approche méthodologique déployée. Cette approche, inspirée/adaptée de la démarche *Kaizen* et la méthodologie du PDCA, est composée de quatre étapes : Cadrage, Analyse, Investigation et Action.

Ensuite, pour chacune de ces étapes, nous avons présenté les résultats associés. L'étape du cadrage a permis de mettre en exergue le périmètre multimédia, comme porteur d'enjeux ergonomiques conséquents, notamment pour les années à venir. La deuxième étape, Analyse, a permis, après analyse des *feedbacks* sur les différents systèmes multimédias du Groupe Renault, de déterminer les dimensions ergonomiques problématiques qui pénalisent leur utilisabilité, puis de sélectionner le top six pour une analyse plus approfondie dans le cadre de la troisième étape : Investigation. Cette dernière, justement, a permis d'identifier puis analyser les processus, méthodes et outils dont se servent les ergonomes internes, notamment pour garantir le respect du top six des dimensions ergonomiques problématiques. Ainsi, nous avons pu mettre en évidence la problématique du *gap* recherche-pratique dans le contexte spécifique de la conception et évaluation des IHM automobiles embarquées ; un *gap* qui concerne notamment l'architecture de l'information des systèmes d'info-divertissement. En conséquence, dans la dernière étape du diagnostic, nous proposons un plan de recherche/action en vue de réduire le *gap* constaté et remédier aux carences méthodologiques identifiées.

Dans le chapitre suivant, nous allons présenter les différentes études évoquées ci-dessus, portant sur l'architecture de l'information, ainsi qu'une sélection d'études de cas portant, par exemple, sur la compréhensibilité des pictogrammes, dont la finalité est de réduire les gaps constatés.



# VI. Architecture de l'information des systèmes automobiles d'info-divertissement

Nous avons présenté dans le chapitre précédent le diagnostic des plaintes clients sur les IHM embarquées du Groupe Renault.

Ce diagnostic a permis de mettre en évidence la problématique du *gap* recherche-pratique en conception et évaluation des IHM automobiles embarquées. Comme exposé, le *gap* principal concerne/se situe notamment autour de la problématique de l'architecture de l'information des systèmes automobiles d'info-divertissement.

Face à ce constat, nous avons construit un plan de recherche-action composé de deux approches complémentaires et conformes aux deux modalités de production du savoir ergonomique (cf. section 4.2).

Dans ce chapitre, nous présentons l'approche principale, qui est une réponse directe au *gap* recherche pratique portant sur l'architecture de l'information des systèmes automobiles d'info-divertissement. La question de recherche est la suivante :

**La méthode du tri de cartes, permettant la conception centrée utilisateur de l'architecture de l'information des systèmes interactifs, est-elle efficace en conception de l'AI des systèmes automobiles d'info-divertissement ?**

Pour répondre à cette question, nous avons planifié trois études portant sur le système d'info-divertissement du Groupe, le R-Link 2.

- La première étude (cf. section 6.1) vise à identifier, précisément, les composantes problématiques de l'AI actuelle du R-Link 2.
- La deuxième étude (cf. 6.2), quant à elle, vise à reconcevoir l'AI du R-Link 2 en s'appuyant sur la méthode du tri de cartes.
- Enfin, la troisième étude (cf. section 6.3) vise à comparer les deux AI pour déterminer, si oui ou non, le tri de cartes a permis une amélioration significative de l'utilisabilité du R-Link 2.

## 6.1. Analyse de l'architecture de l'information du système R-Link 2

### 6.1.1. Introduction et objectifs

La première étude du premier volet du plan d'action consiste en une analyse de l'architecture de l'information du système d'info-divertissement de Renault, le R-Link 2.

L'objectif de cette étude est double. En effet, il s'agit d'abord d'identifier les difficultés d'utilisation du système R-Link 2, notamment les difficultés liées à son architecture de l'information. Ensuite, à partir de l'analyse des données qualitatives et quantitatives recueillies, il s'agit de formuler des recommandations ergonomiques pour la vie série du système R-Link 2 ainsi que les futurs projets du Groupe.

Pour ce faire, nous avons réalisé un test utilisateur dans les locaux du Technocentre à Guyancourt, du 28/01/2019 au 07/02/2019, soit 10 jours. Le test s'est déroulé sur PC, avec 36 sujets. Chaque sujet est invité

à réaliser 18 tâches. Pour chacune des tâches, nous avons procédé à des mesures au travers de diverses variables dépendantes.

Dans ce qui suit, nous détaillons l'ensemble des conditions expérimentales de l'étude.

## 6.1.2. Méthodologie

### 6.1.2.1. Participants

Les participants à cette étude sont au nombre de trente-six (N=36). Ce sont tous des collaborateurs du Groupe Renault qui travaillent au Technocentre de Guyancourt. Le recrutement s'est fait via deux canaux. Le premier est au travers du « *Club des testeurs* », qui est un groupe de volontaires participant aux différentes études internes menées par la Direction de la Recherche et Innovation de Renault. Ensuite, pour compléter le panel de sujets, nous avons procédé par contact direct en sollicitant certains collaborateurs et leur réseau.

Les participants de sexe masculin représentent 77,8% (n=28) contre 22,2% de sexe féminin (n=8). Les participants âgés de 20 à 29 ans constituent 8,3% (n=3) ; de 30 à 39 constituent 19,4% (n=7) ; de 40 à 49 ans constituent 13,9% (n=5) ; de 50 à 59 ans constituent 52,8% (n=19) ; 60 ans ou plus constituent 5,6% (n=2). Les participants qui travaillent, dans le cadre de leurs fonctions Renault, sur les systèmes d'info-divertissement du Groupe constituent 27,8% (n=10).



**Figure 33. Nuage de mots représentant les fonctions les plus utilisées par les participants ayant un véhicule équipé d'un système d'info-divertissement.**

Les participants véhiculés représentent 88,6% (n=31), dont 71,8% (n=28) sont équipés d'un système d'info-divertissement. Ces systèmes sont utilisés souvent<sup>41</sup> par 16,7% (n=4) des sujets et quotidiennement<sup>42</sup> par 83,3% (n=20) des sujets. Les fonctions les plus utilisées, comme illustrées par la figure ci-dessus, sont notamment la téléphonie, la radio et la navigation (guidage par satellite « gps »).

### 6.1.2.2. Matériel

Pour mener à bien cette première étude, nous avons eu recours à différents moyens : un *questionnaire*, un *logiciel de tests utilisateur (Evalyzer)* et une *maquette du système R-Link 2* et un *PC*.

Le questionnaire (cf. Annexe n° 4) est composé de 19 questions ainsi que du SUS. Il est construit en trois parties. Chaque partie correspondant au moment d'administration du questionnaire : prétest, post-tâche et

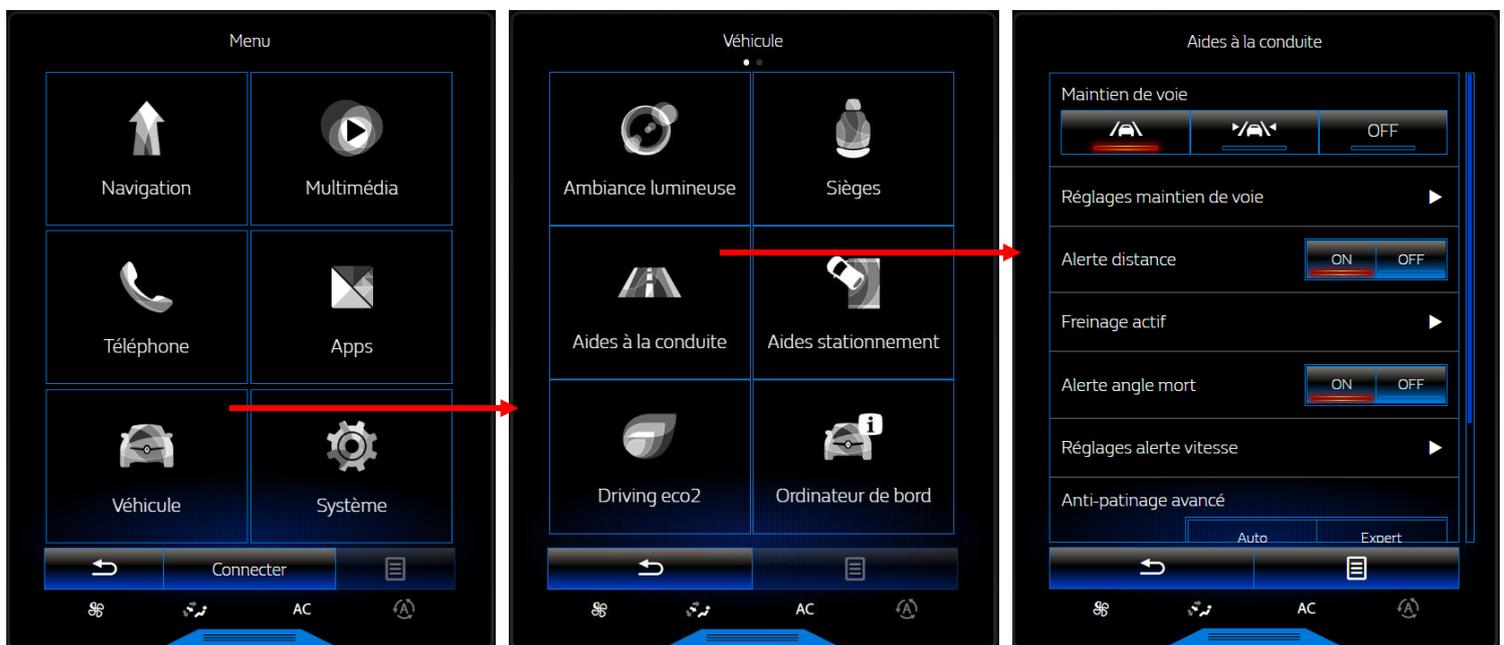
<sup>41</sup> 3 à 4 fois par semaine

<sup>42</sup> Chaque fois que le sujet conduit son véhicule.

post-test. Les questions prétest ont pour objectif de récolter des données démographiques sur les participants ; les questions post-tâche ont pour objectif de mesurer l'utilisabilité perçue de chaque tâche ainsi que la logique d'organisation des contenus et, enfin, les questions post-test ont pour objectif de mesurer l'utilisabilité perçue globale du système.

Quant au logiciel *Evalyzer*<sup>43</sup>, c'est une plateforme en ligne de tests utilisateur. Après renseignement du protocole de test (tâches, questionnaire...), de l'adresse web de la maquette/système à tester et le recrutement des utilisateurs, *Evalyzer* permet d'effectuer des enregistrements automatiques du comportement des sujets. Ainsi, il est possible, par exemple, de mesurer précisément le temps de tâche, le nombre de clics ou encore le nombre d'écrans visités.

On s'est appuyé dans le cadre de cette étude d'une maquette interactive du système R-Link 2<sup>44</sup> (version 2.0 en mode portrait) développée grâce au logiciel de maquettage Axure<sup>45</sup>. Le système R-Link 2 est lancé depuis juillet 2016 et équipe les véhicules du Groupe Renault tels que le *Koleos*, l'*Espace* ou encore le *Talisman*.



**Figure 34. Captures d'écrans de l'IHM du R-Link 2. À gauche : menu principal ; au milieu : fonctions principales du monde Véhicule ; à droite : liste des aides à la conduite et les réglages associés.**

Comme on peut le voir sur la figure ci-dessus, le R-Link 2 est composé de six mondes correspondant aux fonctions principales : Navigation, Multimédia, Téléphone, Apps, Véhicule et Système. Chaque monde est ensuite décomposé en plusieurs grandes fonctions. Par exemple, le monde véhicule englobe les fonctions telles que l'ambiance lumineuse, les aides à la conduite ou encore les fonctions et réglages liés aux sièges. De même, les fonctions « Aides à la conduite » englobent les fonctions telles que le maintien dans la voie, l'alerte d'angle mort ainsi que les réglages de certaines de ces fonctions.

Enfin, le PC, connecté à internet, permet aux sujets de réaliser les différentes tâches sous logiciel *Evalyzer* qui effectue les mesures de performances définies plus bas.

<sup>43</sup> <https://www.evalyzer.com/fr/>

<sup>44</sup> La maquette est disponible ici : [https://xrhowa.axshare.com/syst\\_me.html](https://xrhowa.axshare.com/syst_me.html)

<sup>45</sup> <https://www.axure.com/>

### 6.1.2.3. Tâches

Pour définir les tâches/*use cases* à utiliser dans le cadre de cette étude, nous nous sommes appuyés sur les standards de Renault et Nissan<sup>46</sup>. Ces standards listent les tâches les plus fréquentes en utilisation des systèmes automobiles d'info-divertissement, couvrant les différents usages clients.

Ainsi, nous avons retenu 18 tâches au total, soit 3 par monde. À titre d'exemple, pour le monde « Navigation », les tâches retenues sont les suivantes :

- Vous voulez vous rendre à une destination spécifique (ex. Rue de Rivoli). Comment feriez-vous pour programmer le GPS ?
- Vous voulez vous rendre à une destination spécifique, tout en évitant certaines routes. Comment feriez-vous pour indiquer au GPS les routes à éviter ?
- Vous voulez changer les critères de recherche d'itinéraire. Comment feriez-vous ?

Concernant le monde « Système », les tâches retenues sont les suivantes :

- Vous voulez augmenter la luminosité du tableau de bord. Comment feriez-vous ?
- Vous voulez régler l'heure affichée à l'écran central. Comment feriez-vous ?
- Vous voulez changer la langue du système. Comment feriez-vous ?

L'ensemble des 18 tâches retenues ainsi que le(s) chemin(s) pour les réaliser est disponible en annexes (cf. annexe n°5).

### 6.1.2.4. Mesures

Dans le cadre de cette étude, nous avons effectué à la fois des mesures de performances et des mesures subjectives. Pour cela, on s'est appuyé sur des variables dépendantes comportementales et attitudinales. Le tableau ci-dessous décrit chacune de ces mesures.

---

<sup>46</sup> AEK-B-20026: *Evaluation scenario for usability on HMI feature.*

**Tableau 5. Mesures effectuées dans le cadre de la première étude.**

Type	Mesure	Définition	Remarque
Variables comportementales	Réussite / Efficacité	« Précision et degré d'achèvement selon lesquels l'utilisateur atteint des objectifs spécifiés » (ISO 9241-210, 2010). Cette mesure est exprimée en taux (%).	Par ailleurs, on distingue plusieurs types de réussites/échecs : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vraie réussite : le sujet a effectivement réalisé la tâche.</li> <li>• Fausse réussite : le sujet déclare avoir réalisé la tâche avec succès, or ce n'est pas le cas.</li> <li>• Vrai échec : le sujet abandonne.</li> <li>• Faux échec : le sujet abandonne alors qu'il a visité le bon écran.</li> </ul>
	Durée	Temps de réalisation de la tâche en secondes.	/
	Clics	Nombre de clics	/
	Parcours	Nombre d'écrans visités pour réaliser la tâche.	/
	Efficience / Performance	« Rapport entre les ressources dépensées et la précision et le degré d'achèvement selon lesquels l'utilisateur atteint des objectifs spécifiques » (ISO 9241-210, 2010)	Ici, c'est une agrégation des rapports entre le coût de réalisation de la tâche (prenant en compte les métriques de durée, clics et parcours) et l'atteinte des objectifs. Ex. si la valeur min de durée de réalisation de X tâche est de 10 secondes et que la moyenne globale de réalisation de la même tâche est de 30 secondes, alors la performance ici est de 33%. N.B. : ne prends en compte que les vraies réussites.
	Désorientation	Proportion en % des écrans que les sujets ont vus plusieurs fois.	Ces deux variables sont particulièrement intéressantes pour mesurer l'impact de l'architecture de l'information sur les performances des utilisateurs.
Navigation	Taux de réussites empruntant le parcours/chemin optimal.		
Variables attitudinales	Logique de l'arborescence	Mesure de la logique d'organisation des contenus recherchés dans l'arborescence du système.	Cette mesure est effectuée à deux moments : post tâche et post test, en demandant au sujet d'évaluer la logique de localisation du contenu recherché, sur une échelle de 1 (pas du tout logique) à 7 (tout à fait logique).
	Facilité perçue	Mesure de la facilité perçue de réalisation des tâches et du système au global.	Cette mesure est effectuée à deux moments : post tâche et post test sur une échelle de 1 (pas du tout facile) à 7 (tout à fait facile).
	Satisfaction	Satisfaction globale vis-à-vis de la facilité d'utilisation du système.	Mesure post-test uniquement, sur une échelle de 1 (pas du tout satisfait) à 7 (tout à fait satisfait).
	SUS	Mesure standardisée de l'utilisabilité du système	/

#### 6.1.2.5. Procédure

Les sessions de tests sont organisées en salle de réunion, dans les locaux du Technocentre. Le déroulement global de ces sessions est décrit par la figure ci-dessous. Comme on peut le voir, elles durent environ une heure et se déroulent en trois phases.

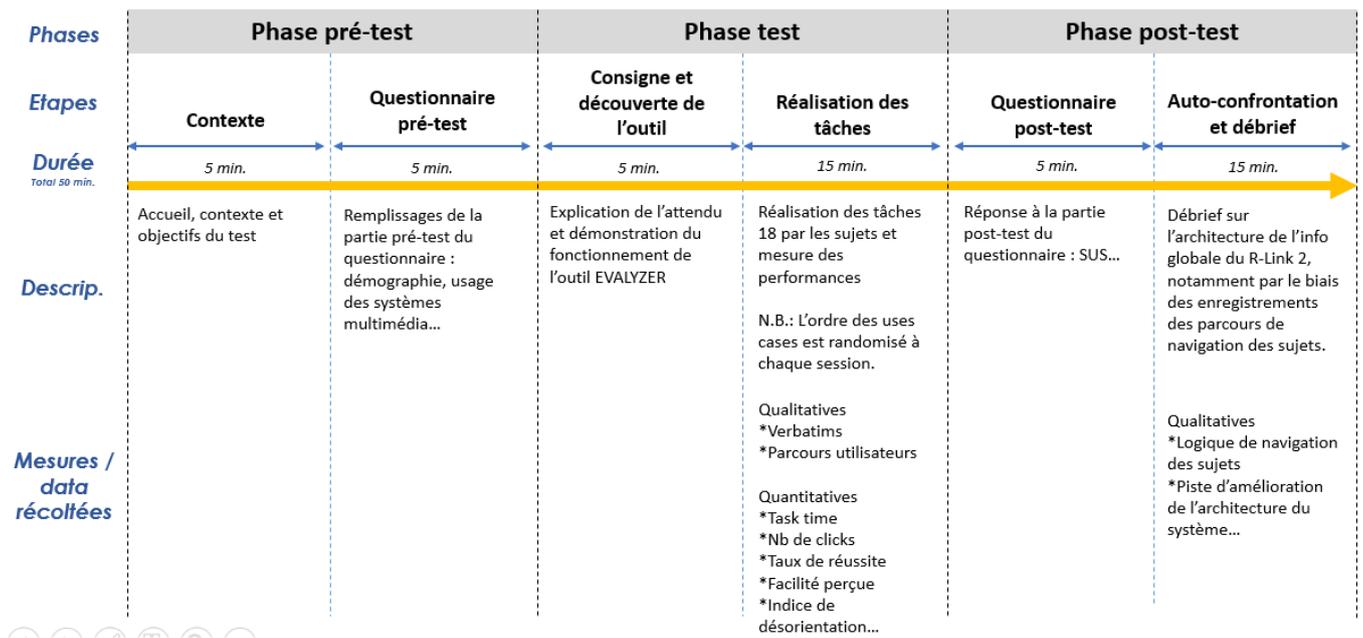


Figure 35. Déroulement des sessions de tests dans le cadre de la première étude.

La première phase (prétest) dure environ 10 minutes. Elle consiste à présenter le contexte global et les objectifs de l'étude, puis à remplir la partie prétest du questionnaire.

La deuxième phase (phase test) dure environ 20 minutes. Il s'agit ici, après présentation de l'outil *Evalyzer*, de réaliser les 18 tâches sur PC par chacun des sujets et effectuer les mesures de performances présentées précédemment. Après chaque tâche, le sujet est questionné sur la logique de l'arborescence ainsi que sur la facilité perçue de la tâche. Aussi, on procède aussi à l'enregistrement vidéo du parcours de chaque sujet, pour chaque tâche. Par ailleurs, l'ordre des tâches est randomisé à chaque session pour, notamment, neutraliser l'effet d'ordre.

La dernière phase (post-test) dure environ 20 minutes. Ici, il s'agit d'abord de remplir la partie post-test du questionnaire ainsi que le SUS. Ensuite, il s'agit de procéder à un débrief par auto-confrontation en présentant à chaque sujet les enregistrements vidéo de réalisation des tâches. Ainsi, il est possible d'engager une discussion notamment sur l'architecture de l'information du système et identifier des pistes d'amélioration.

### 6.1.3. Résultats

La norme ISO 9241-210 (2010), portant sur la conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs, définit l'utilisabilité selon trois dimensions mesurables : **efficacité**, **efficience** et **satisfaction**. Par ailleurs, l'*EQUID design process* recommande un seuil de validité, pour chacune de ces dimensions, établi à un taux de 80%. Nous allons donc nous appuyer sur ces deux éléments en tant que *framework*/cadre générique pour présenter les résultats de cette étude de manière structurée.

Tout d'abord, nous présentons les résultats globaux selon les trois dimensions : **efficacité**, **efficience** et **satisfaction**. Ensuite, nous présentons les résultats détaillés pour chacune des 18 tâches.

### 6.1.3.1. Résultats globaux

De manière globale, le premier constat que nous faisons concerne le **taux élevé d'efficacité/réussite au test utilisateur**, comme l'illustre la figure ci-dessous.



Figure 36. Taux global d'efficacité/réussite au test utilisateur.

En effet, sur l'ensemble des 18 tâches effectuées par chacun des 36 sujets, on constate un taux de réussite global de 86,4%. Ces résultats suggèrent donc que le système R-Link 2 est un système efficace (c.-à-d. il permet à ses utilisateurs d'atteindre leurs objectifs et réaliser les tâches), si l'on se réfère au seuil de 80% de réussite recommandé par l'*EQUID design process* pour les produits grand public.

Cependant, malgré ce haut niveau d'efficacité, on constate de fausses réussites, de vrais et faux échecs représentant un taux global de 13,6%.

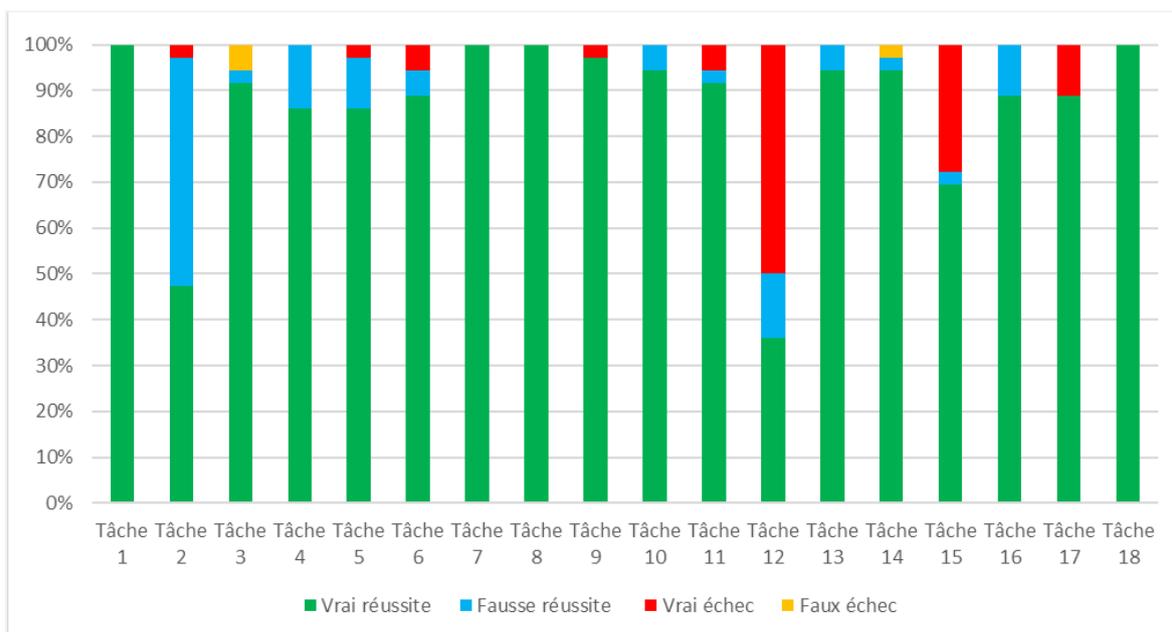


Figure 37. Taux et types de réussite par tâche.

En effet, comme illustré par la figure ci-haut, on constate par exemple un taux relativement élevé de fausses réussites (50%) à la tâche N°2 (Vous voulez vous rendre à une destination spécifique, tout en évitant certaines routes. Comment feriez-vous pour indiquer au GPS les routes à éviter ?) et un taux relativement élevé d'échecs à tâches N°12 (Vous voulez arrêter/désactiver la collecte et la transmission de vos données personnelles. Comment feriez-vous ?), où l'on constat 50% de vrais échecs, et à la tâche N°15 (Vous voulez réinitialiser la fonction de pression des pneus. Comment feriez-vous ?), où l'on constate 27,8% de vrais échecs. Plus d'informations notamment sur les raisons qui expliquent ces échecs sont apportées dans les sections suivantes.

Concernant **l'efficacité du système**, telle que définie par la norme ISO 9241-210 (2010), elle s'élève à un taux global de 72,2% (ligne orange sur la figure ci-dessous). Ces résultats suggèrent donc que l'efficacité du

Le système R-Link 2 n'est pas satisfaisant, si on considère le seuil de 80% recommandé par l'EQUID design process pour les produits grand public (ligne verte sur la figure ci-dessous).

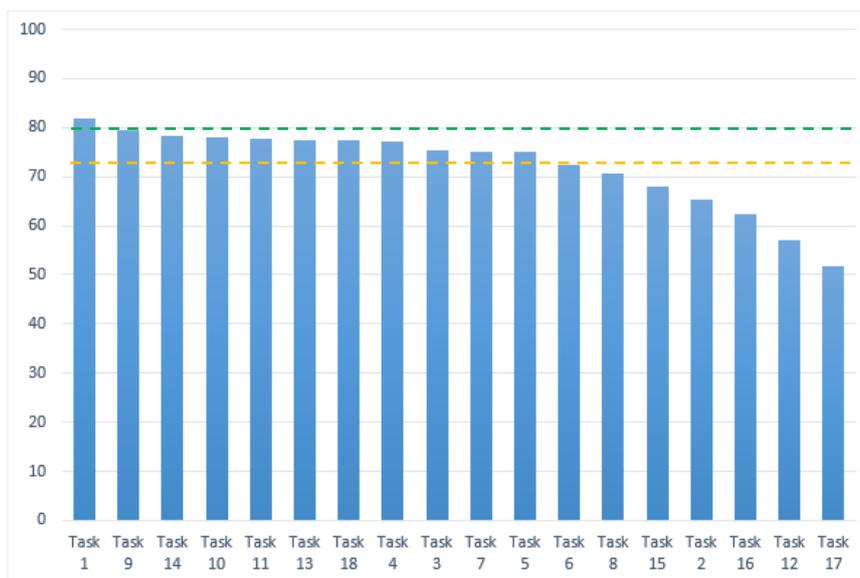


Figure 38. Taux d'efficacité par tâche.

L'efficacité du système est notamment pénalisée par les tâches N°16 (Vous voulez augmenter la luminosité du tableau de bord. Comment feriez-vous ?), N° 12 (Vous voulez arrêter/désactiver la collecte et transmission de vos données personnelles. Comment feriez-vous ?) et N°17 (Vous voulez régler l'heure affichée à l'écran central. Comment feriez-vous ?). Là aussi, plus d'informations sont apportées dans les sections suivantes.

Enfin, concernant la **satisfaction** des sujets vis-à-vis du système R-Link 2, elle s'élève à 77%. En effet, comme on peut le constater sur la figure ci-dessous, la majorité des sujets attribuent une note  $\geq$  à 5, avec une moyenne globale de 5,25. Cependant, malgré ce taux relativement élevé, le seuil de 80% recommandé par l'EQUID design process n'est pas atteint.

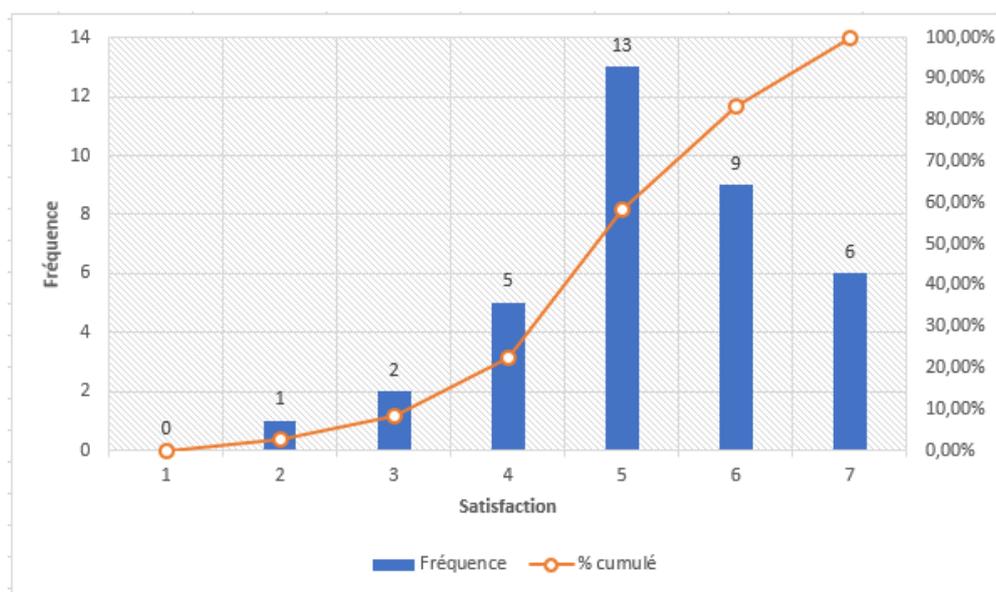


Figure 39. Distribution des réponses de satisfaction. 1 : pas du tout satisfait à 7 : tout à fait satisfait.

L'insatisfaction vis-à-vis du R-Link 2 s'explique, notamment, par une arborescence jugée profonde :

- « Je le trouve inutilement complexe, car trop de clics et de profondeur »
- « Il y a beaucoup de menus »
- « Trop d'étapes, parfois des logiques qui ne me parlent pas »
- « J'ai vraiment l'impression d'être perdu »
- « Le nombre de clics pour la navigation et USB. Je suis arrivé au point où je ne l'utilise plus à cause de ça ».

Des raccourcis peu visibles :

- « Les raccourcis sont trop petits ».
- « Top barre de raccourcis petite ».
- « Les raccourcis en haut je ne les vois pas ; du coup je ne les utilise pas ».

Un vocabulaire et des pictogrammes parfois peu clairs :

- « J'ai hésité entre véhicule et système »
- « Quelle est la différence entre véhicule et système ? »
- « J'hésite toujours entre véhicule et système »
- « Je n'ai pas compris destination versus itinéraire »
- « Entre destination et itinéraire, j'ai du mal à comprendre le distinguo ».
- « Je ne comprends pas la nature du bouton (c.-à-d. menu contextuel). Quelle est la nature du bouton ? Action ou info ? »
- « Vocabulaire système plus le pictogramme me dit que c'est des réglages ».

Par ailleurs, d'autres facteurs non ergonomiques sont aussi cités, comme un temps de réponse du système jugé lent, une procédure de mise à jour fastidieuse ou encore une qualité perçue, notamment des graphismes, datée.

Enfin, pour compléter l'évaluation globale du système R-Link 2, nous nous sommes appuyés sur le **SUS** (*System Usability Scale*), qui est administré à la fin de chaque session de test. Ainsi, le R-Link 2 obtient un score global moyen de 70,9 points.

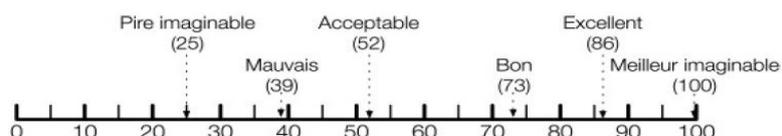


Figure 40. Échelle d'interprétation du SUS. Extraite de (Lallemand & Gronier, 2018).

Sachant que l'intervalle de confiance sur notre échantillon est de **+/- 5,6 points**, pour un niveau de cofinance de 95%, nous pouvons raisonnablement conclure que l'usabilité du R-Link 2 est dans la fourchette **Acceptable à Bon**, comme on peut le voir sur l'échelle d'interprétation ci-haut.

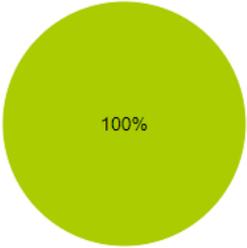
### 6.1.3.2. Résultats par tâches

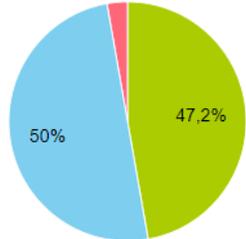
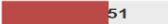
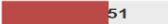
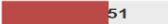
Nous avons présenté dans la section précédente les résultats globaux de l'étude. À présent, dans cette section, nous présentons les résultats détaillés pour chacune des tâches. Pour cela, on va s'appuyer sur le *template* qui suit.

1	2
[bande orange]	
[bande jaune]	
3	4
	[bande jaune]
	5
	[bande orange]
	6

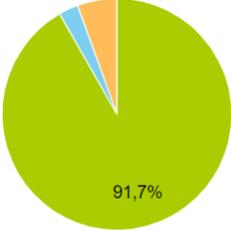
**Figure 41. Template de présentation des résultats détaillés par tâche.**

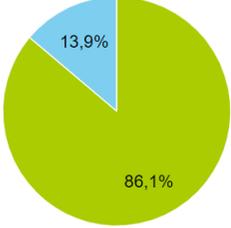
L'encadré en haut à gauche (1) indique le monde du R-Link 2 concerné (ex. navigation, véhicule...). L'encadré 2 indique la tâche concernée. Le 3 rapporte les différentes mesures de performances ainsi que leur interprétation. Le 4 rapporte les mesures actitudinales complétées par des verbatims en encadré 5 ainsi que leur interprétation. Enfin, à la lumière de toutes ces données, nous relevons dans l'encadré 6 les difficultés d'utilisation liées à l'architecture du système R-Link 2 puis formulons des recommandations ergonomiques.

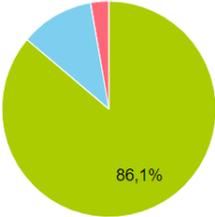
Navigation	Tâche 1 - Vous voulez vous rendre à une destination spécifique (ex. Rue de Rivoli). Comment feriez-vous pour programmer le GPS ?													
Mesures (N=36)														
Performances	Attitudinales / Subjectives													
<ul style="list-style-type: none"> <li>Taux de réussite : <b>100 %</b></li> <li>Types de réussite</li> </ul>  <p style="text-align: center;">● Vraie réussite</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Score global d'efficacité : <b>81,9/100</b></li> <li>Indicateurs/métriques et leurs scores d'efficacités :</li> </ul> <table border="1" data-bbox="378 694 822 914"> <thead> <tr> <th>Indicateur</th> <th>Moyenne</th> <th>Score </th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Durées</td> <td>00:16</td> <td> 66</td> </tr> <tr> <td>Parcours</td> <td>5.22</td> <td> 97</td> </tr> <tr> <td>Clics</td> <td>5.17</td> <td> 82</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mesures relatives à l'architecture de l'information : <ul style="list-style-type: none"> <li>Désorientation : <b>2%</b></li> <li>Taux de réussites empruntant le parcours optimal : <b>91,67%</b></li> </ul> <i>Accueil &gt; Menu &gt; Navigation &gt; Destination &gt; Adresse</i> </li> </ul>	Indicateur	Moyenne	Score 	Durées	00:16	 66	Parcours	5.22	 97	Clics	5.17	 82	<ul style="list-style-type: none"> <li>Logique de localisation du contenu : <b>6,5/7</b></li> <li>Facilité perçue : <b>6,3/7</b></li> </ul>	
Indicateur	Moyenne	Score 												
Durées	00:16	 66												
Parcours	5.22	 97												
Clics	5.17	 82												
<b>Verbatims</b>														
<p>« Par contre, c'est trop long. C'est quelque chose qu'on fait tout le temps ».  « Trop long à cause du nombre d'étapes ».  « Trop de clics ».  « Cela pourrait être plus rapide »  « La localisation je mets 3, car je passe par la carte (widget) ».</p> <div style="background-color: #e6f2ff; padding: 10px;"> <p><b>Interprétation des données qualitatives</b></p> <p>La localisation du contenu permettant de réaliser la tâche est jugée très logique (6,5), mis à part les sujets effectuant la tâche via le widget de la home page. Par ailleurs, la tâche est jugée très facile (6,3). Cependant, à cause du nombre de clics nécessaires à la réalisation de la tâche, la note de facilité est dégradée.</p> </div>														
<b>Recommandations</b>														
<p>Réduire le nombre d'étapes/clics nécessaires à la réalisation de la tâche permettrait de gagner en performances, notamment la durée de la tâche, et améliorer la facilité perçue.</p>														
<p><b>Interprétation des mesures de performances</b></p> <p>La totalité des sujets a réussi la tâche. En moyenne, ils ont mis <i>16 secondes</i>, en visitant 5,22 écrans et en cliquant 5,17 fois. Cependant, la tâche était réalisable en moins de temps (7 secondes) et moins de clics (4).  Aucune difficulté relative à l'architecture de l'information n'est relevée ici.</p>														

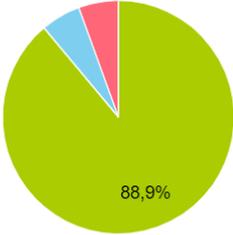
Navigation	Tâche 2 - Vous voulez vous rendre à une destination spécifique, tout en évitant certaines routes. Comment feriez-vous pour indiquer au GPS les routes à éviter ?													
Mesures (N=36)														
Performances	Attitudinales / Subjectives													
<ul style="list-style-type: none"> <li>Taux de réussite : <b>47,2 %</b></li> <li>Types de réussite :</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Logique de localisation du contenu : <b>5,6/7</b></li> <li>Facilité perçue : <b>5,3/7</b></li> </ul>													
 <p>● Vraie réussite ● Fausse réussite ● Vrai échec</p>	<p style="text-align: center;"><b>Verbatims</b></p> <p>« Je n'ai pas vu. Je n'utilise pas ça. Peut-être le mettre dans "Réglages itinéraire" ? ».</p> <p>« La fonction "Eviter" pourquoi pas la mettre dans "Réglage itinéraire" ? Il faudrait peut-être changer le label de "Réglages itinéraire". »</p> <p>« La seule façon de faire que je connaisse est de rentrer une destination intermédiaire sur la carte pour forcer un recalcul (ou exclure type de route) ».</p> <p>« Peut-être le mettre dans même page que « Destination ».</p> <p>« Il peut avoir une ambiguïté entre « réglages itinéraire » ou « itinéraire » ».</p>													
<ul style="list-style-type: none"> <li>Score global d'efficacité : <b>65,2/100</b></li> <li>Indicateurs/métriques et leurs scores d'efficacité :</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Interprétation des données qualitatives</b></p> <p>La note sur la localisation du contenu permettant de réaliser la tâche est de 5,6/7. Les participants la dégradent, car ils s'attendent à trouver le contenu au niveau du « Réglages itinéraire ».</p> <p>Par ailleurs, la tâche est jugée relativement facile. Cependant, à cause du nombre de clics nécessaires, l'ambiguïté existante entre les labels « Réglages itinéraire » et « Itinéraire », ainsi qu'une localisation perfectible, la note est dégradée à 5,3/7.</p>													
<table border="1" data-bbox="369 694 828 893"> <thead> <tr> <th>Indicateur</th> <th>Moyenne</th> <th>Score </th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Durées</td> <td>00:49</td> <td> 51</td> </tr> <tr> <td>Parcours</td> <td>7.41</td> <td> 78</td> </tr> <tr> <td>Clics</td> <td>8.82</td> <td> 57</td> </tr> </tbody> </table>	Indicateur	Moyenne	Score 	Durées	00:49	 51	Parcours	7.41	 78	Clics	8.82	 57		
Indicateur	Moyenne	Score 												
Durées	00:49	 51												
Parcours	7.41	 78												
Clics	8.82	 57												
<ul style="list-style-type: none"> <li>Performances relatives à l'architecture de l'information <ul style="list-style-type: none"> <li>Désorientation : <b>10%</b></li> <li>Taux de réussite empruntant le parcours optimal : <b>47,06%</b></li> <li><i>Accueil &gt; Menu &gt; Navigation &gt; Itinéraire &gt; Eviter</i></li> </ul> </li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Recommandations</b></p> <p>Pour un peu plus de la moitié des sujets, l'architecture de l'information pour cette tâche n'est pas adaptée. Plus précisément, il s'agit d'un problème de <b>classification</b> du contenu. En effet, les participants s'attendent à réaliser la tâche au niveau des « Réglages itinéraires » (<i>Accueil &gt; Menu &gt; Navigation &gt; Réglages &gt; Réglages itinéraires</i>).</p>													
<p><b>Interprétation des mesures de performances</b></p> <p>Moins de la moitié des sujets ont réussi la tâche (47,2%). En moyenne, ils ont mis 49 secondes, en visitant 7,41 écrans et en cliquant 8,82 fois. Cependant, la tâche était réalisable en moins de temps (14 secondes) et moins de clics (4). Aussi, 50% des participants indiquent réussir à l'écran : <i>Accueil &gt; Menu &gt; Navigation &gt; Réglages &gt; Réglages itinéraires</i> ; ce qui constitue de fausses réussites.</p> <p>Par ailleurs, l'indice de désorientation est de 10% et moins de la moitié des</p>														

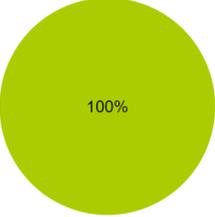
participants ont emprunté le parcours optimal. Donc, l'architecture ne semble pas adaptée au modèle mental des sujets (*type de difficulté liée l'AI : **classification***).

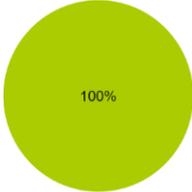
Navigation	Tâche 3 - Vous voulez changer les critères de recherche d'itinéraires. Comment feriez-vous ?													
Mesures (N=36)														
Performances	Attitudinales / Subjectives													
<ul style="list-style-type: none"> <li>Taux de réussite : <b>91,7%</b></li> <li>Types de réussite :</li> </ul>  <p style="text-align: center;">● Vraie réussite ● Fausse réussite ● Faux échec</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Score global d'efficacité : <b>75,4/100</b></li> <li>Indicateurs/métriques et leurs scores d'efficacité :</li> </ul> <table border="1" data-bbox="365 663 824 879"> <thead> <tr> <th>Indicateur</th> <th>Moyenne</th> <th>Score</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Durées</td> <td>00:35</td> <td>58</td> </tr> <tr> <td>Parcours</td> <td>6.33</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td>Clics</td> <td>7.3</td> <td>76</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>Performances relatives à l'architecture de l'information <ul style="list-style-type: none"> <li>Désorientation : <b>8%</b></li> <li>Taux de réussites empruntant le parcours optimal : <b>81,82%</b></li> </ul> <i>Accueil &gt; Menu &gt; Navigation &gt; Réglages &gt; Réglages itinéraire</i> </li> </ul>	Indicateur	Moyenne	Score	Durées	00:35	58	Parcours	6.33	90	Clics	7.3	76	<ul style="list-style-type: none"> <li>Logique de localisation du contenu : <b>5,8/7</b></li> <li>Facilité perçue : <b>5,6/7</b></li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>Verbatims</b></p> <p>« Ça c'est les critères, cependant <b>je ne suis pas sûr</b>, je pense que c'est ça. »  « <b>Hésitation</b> avec Eviter route. C'est logique a posteriori. Modifier le label ou le pictogramme ? »  « Ce n'est pas facile j'ai dû réfléchir »  « <b>J'hésite</b>, mais je vais dire que j'ai réussi »  « Ah là je suis perdu »  « <b>J'ai de gros doutes</b>. Je mets 3 étoiles, car beaucoup d'étapes »  « <b>J'ai hésité entre itinéraire et réglages</b> »  « J'ai mis moyen, car j'ai des doutes »</p> <p><b>Interprétation des données qualitatives</b></p> <p>La note sur la localisation du contenu est de 5,8/7. Les participants la dégradent, car, arrivés à l'écran « Navigation », ils hésitent entre « Itinéraire » et « Réglages ». Même si la localisation leur semble logique a posteriori, les labels portent à confusion. <b>C'est donc ici une difficulté liée à l'AI (type : labélisation)</b>. Par ailleurs, la tâche est jugée relativement facile. Cependant, à cause notamment des hésitations ressenties et du temps de tâche, les participants dégradent la note à 5,6/7.</p> <p style="text-align: center;"><b>Recommandations</b></p> <p>Même si les participants hésitent au niveau de l'écran « Navigation », on constate qu'ils arrivent à effectuer la tâche avec succès, moyennant plus de temps. La flexibilité du système à ce niveau (c.-à-d. 2 accès possibles) y contribue. Cependant, on constate aussi que le fait d'avoir des accès/chemins différents pour la même tâche peut provoquer une certaine incompréhension qui pénalise les sujets dans la construction d'un modèle mental du système. Les doubles accès sont donc à utiliser avec parcimonie.</p>	
Indicateur	Moyenne	Score												
Durées	00:35	58												
Parcours	6.33	90												
Clics	7.3	76												
<p><b>Interprétation des mesures de performances</b></p> <p>La majorité des sujets ont réussi la tâche (91,7%). En moyenne, ils ont mis 35 secondes, en visitant 6,33 écrans et en cliquant 7,3 fois. Cependant, la tâche était réalisable en moins de temps (8 secondes) et moins de clics (4). Les sujets ont donc mis beaucoup plus de temps, à cause d'hésitations, et cliqués plus que nécessaire.</p>														

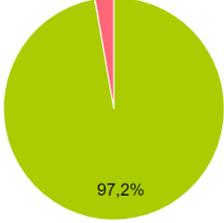
Multimédia	Tâche 4 - Vous écoutez la radio dans votre véhicule. Comment feriez-vous pour changer le type de fréquence (FM, AM...)?													
Mesures (N=36)														
Performances	Attitudinales / Subjectives													
<ul style="list-style-type: none"> <li>Taux de réussite : <b>86,1%</b></li> <li>Types de réussite :</li> </ul>  <p style="text-align: center;">● Vraie réussite    ● Fausse réussite</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Score global d'efficacité : <b>77,2/100</b></li> <li>Indicateurs/métriques et leurs scores d'efficacité :</li> </ul> <table border="1" data-bbox="398 662 792 874"> <thead> <tr> <th>Indicateur</th> <th>Moyenne</th> <th>Score <sup>①</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Durées</td> <td>00:28</td> <td>62</td> </tr> <tr> <td>Parcours</td> <td>5.26</td> <td>96</td> </tr> <tr> <td>Clics</td> <td>7.19</td> <td>68</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>Performances relatives à l'architecture de l'information <ul style="list-style-type: none"> <li>Désorientation : <b>3%</b></li> <li>Taux de réussites empruntant le parcours optimal : <b>3,23%</b></li> </ul> <i>Accueil &gt; Radio &gt; Bande</i> </li> </ul>	Indicateur	Moyenne	Score <sup>①</sup>	Durées	00:28	62	Parcours	5.26	96	Clics	7.19	68	<ul style="list-style-type: none"> <li>Logique de localisation du contenu : <b>5,9/7</b></li> <li>Facilité perçue : <b>5,5/7</b></li> </ul>	
Indicateur	Moyenne	Score <sup>①</sup>												
Durées	00:28	62												
Parcours	5.26	96												
Clics	7.19	68												
	<b>Verbatims</b>													
	<p>« Changer le <b>label de "Bande"</b> en AM/FM ? »</p> <p>« Le <b>label « Bande »</b> n'est pas très évocateur. En plus, <b>radio dans multimédia</b> ? ce n'est pas évident »</p> <p>« Trop long. Ce qui me perturbe c'est avoir la <b>radio dans multimédia</b> ».</p> <p>« Pour le coup ce n'est pas évident. Bande est caché à part ».</p> <p>« Je cliquerai sur « FM ».</p> <p>« <b>Label « bande</b> » à revoir ».</p>													
	<b>Interprétation des données qualitatives</b>													
	<p>Globalement, la localisation du contenu est jugée assez logique, sauf pour certains participants qui estiment que classer « <b>Radio</b> » dans « <b>Multimédia</b> » <b>n'est pas logique</b>. Cela fait donc baisser la note de localisation du contenu à 5,9/7.</p> <p>Par ailleurs, la tâche est jugée relativement facile. Cependant, le <b>label « Bande » n'est pas évocateur</b> pour certains participants qui dégradent la note de facilité à 5,5/7.</p>													
	<b>Recommandations</b>													
	<p>On constate ici trois difficultés d'utilisation relatives à l'architecture de l'information :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Navigation</i> : 1 seul participant a utilisé le raccourci en haut de l'écran, notamment car il est peu visible. Il faudrait donc augmenter la taille de ces raccourcis.</li> <li><i>Classification</i> : certains sujets estiment que la « Radio » devrait se situer au niveau du menu principal, non dans « Multimédia ».</li> <li><i>Label</i> : le label « Bande » est jugé peu évocateur. Les sujets proposent, par exemple : « AM/FM ».</li> </ul>													
<p><b>Interprétation des mesures de performances</b></p> <p>La majorité des sujets ont réussi la tâche (86,1%). En moyenne, ils ont mis 28 secondes, en visitant 5.26 écrans et en cliquant 7,19 fois. Cependant, la tâche était réalisable en moins de temps (11 secondes) et moins de clics (3).</p> <p>Par ailleurs, on constate qu'un seul participant a emprunté le parcours optimal, en utilisant les raccourcis en haut de l'écran. C'est donc une difficulté d'utilisation liée à d'AI du système (type : <b>Navigation</b>).</p>														

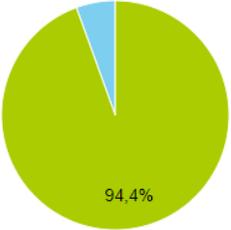
Multimédia	Tâche 5 - Vous voulez changer de source audio. Comment feriez-vous ?													
Mesures (N=36)														
Performances	Attitudinales / Subjectives													
<ul style="list-style-type: none"> <li>Taux de réussite : <b>86,1%</b></li> <li>Types de réussite :</li> </ul>  <p>● Vraie réussite ● Fausse réussite ● Vrai échec</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Score global d'efficacité : <b>75/100</b></li> <li>Indicateurs/métriques et leurs scores d'efficacité</li> </ul> <table border="1" data-bbox="407 641 784 829"> <thead> <tr> <th>Indicateur</th> <th>Moyenne</th> <th>Score</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Durées</td> <td>00:22</td> <td>54</td> </tr> <tr> <td>Parcours</td> <td>3.55</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td>Clics</td> <td>4.42</td> <td>82</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>Performances relatives à l'architecture de l'information <ul style="list-style-type: none"> <li>Désorientation : <b>4%</b></li> <li>Taux de réussites empruntant le parcours optimal : <b>6,45%</b> <i>Accueil &gt; Radio (raccourci en zone 1) &gt; Bande</i></li> </ul> </li> </ul>	Indicateur	Moyenne	Score	Durées	00:22	54	Parcours	3.55	90	Clics	4.42	82	<ul style="list-style-type: none"> <li>Logique de localisation du contenu : <b>6/7</b></li> <li>Facilité perçue : <b>5,8/7</b></li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Verbatims</b></p> <p>« Je ne me sers pour cela que du bouton volant. C'est le seul moyen dont je me souviens ».</p> <p>« J'ai zappé le menu contextuel. C'est long. Mettre USB au niveau de l'écran multimédia ? ».</p> <p>« Je change toujours avec le satellite ».</p> <p>« C'est trop compliqué de l'avoir dans le menu contextuel ».</p> <p>« Je n'utilise pas le satellite, car je me plante de bouton ».</p> <p>« J'utilise souvent le satellite pour ça ».</p> <p>« Moi je fais ça avec la commande sou volant ».</p> <p><b>Interprétation des données qualitatives</b></p> <p>La localisation du contenu est jugée assez logique. Cependant, les participants mettent du temps pour identifier le bouton changer de source qui se trouve au niveau du menu contextuel. En conséquence, ils dégradent la note de facilité. Par ailleurs, il est intéressant de noter que plusieurs participants déclarent utiliser le satellite pour cette tâche.</p>
Indicateur	Moyenne	Score												
Durées	00:22	54												
Parcours	3.55	90												
Clics	4.42	82												
<p><b>Interprétation des mesures de performances</b></p> <p>La majorité des sujets ont réussi la tâche (86,1%). En moyenne, ils ont mis 22 secondes, en visitant 3,55 écrans et en cliquant 4,42 fois. Cependant, la tâche était réalisable en moins de temps (8 secondes) et moins de clics (3) ; ils ont mis plus de temps que nécessaire.</p> <p>Par ailleurs, on constate que 2 sujets ont emprunté le parcours optimal, en passant par les <b>raccourcis en zone 1</b>. C'est donc une difficulté d'utilisation liée à l'AI du système (type : <b>Navigation</b>).</p>	<p style="text-align: center;"><b>Recommandations</b></p> <p>On constate un problème relatif à l'AI, qui est de l'ordre de la « navigation ». En effet, seulement 17% des 29 participants possédant un véhicule Renault déclarent utiliser le satellite pour cette tâche. De plus, seulement 5,5% des participants au total ont recouru au raccourci en zone 1.</p> <p>En conséquence, mettre en évidence les raccourcis en haut de l'écran et valoriser le satellite optimiserait la navigation dans le système et réduirait le temps de tâche qui est actuellement très élevé.</p>													

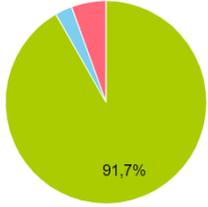
Multimédia	Tâche 6 - Vous voulez régler le paramètre relatif à la balance sonore. Comment feriez-vous ?												
Mesures (N=36)													
Performances	Attitudinales / Subjectives												
<ul style="list-style-type: none"> <li>Taux de réussite : <b>88,9%</b></li> <li>Types de réussite :</li> </ul>  <p>● Vraie réussite ● Fausse réussite ● Vrai échec</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Score global d'efficacité : <b>72,3/100</b></li> <li>Indicateurs/métriques et leurs scores d'efficacité</li> </ul> <table border="1" data-bbox="392 675 799 882"> <thead> <tr> <th>Indicateur</th> <th>Moyenne</th> <th>Score</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Durées</td> <td>00:33</td> <td>53</td> </tr> <tr> <td>Parcours</td> <td>6.97</td> <td>89</td> </tr> <tr> <td>Clics</td> <td>8.03</td> <td>72</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>Performances relatives à l'architecture de l'information <ul style="list-style-type: none"> <li>Désorientation : <b>6%</b></li> <li>Taux de réussites empruntant le parcours optimal : <b>56%</b></li> </ul> <i>Accueil &gt; Menu &gt; Multimédia &gt; Réglages &gt; Son</i> </li> </ul> <p><b>Interprétation des mesures de performances</b>  La majorité des sujets ont réussi la tâche (88,9%). En moyenne, ils ont mis 33 secondes, en visitant 6,97 écrans et en cliquant 8,03 fois. Cependant, la tâche était réalisable en moins de temps (9 secondes) et moins de clics (4) ; ils ont mis plus de temps que nécessaire, car ils hésitent entre plusieurs mondes. Par ailleurs, on constate 2 abandons pour cette tâche (car ils n'arrivent pas identifier la localisation du bon écran et 56% des participants ayant réussi la tâche ont emprunté le parcours optimal.</p>	Indicateur	Moyenne	Score	Durées	00:33	53	Parcours	6.97	89	Clics	8.03	72	<ul style="list-style-type: none"> <li>Logique de localisation du contenu : <b>5,4/7</b></li> <li>Facilité perçue : <b>5,6/7</b></li> </ul>
Indicateur	Moyenne	Score											
Durées	00:33	53											
Parcours	6.97	89											
Clics	8.03	72											
	Verbatims												
	<p>« Je n'ai pas trouvé la logique pour effectuer la tâche. »  « <b>Système ? Ou véhicule ?</b> Ordinateur de bord peut-être ? Dans là-dedans, ça ne peut-être que dans système ».  « <b>Dans système ?</b> car c'est générique. Je regarde partout ».  « <b>Dans système ou téléphone ? Mais parfois on duplique.</b> »  « J'ai 10 milliards de possibilités et <b>j'hésite avec le système.</b> Il y a plein d'étapes ».  « Quand je ne trouve pas quelque chose, je vais dans système ».  « Est-ce que dans <b>véhicule ? Système ou multimédia ?</b> ».  « <b>J'hésite</b> entre multimédia et véhicule ».  « Grosse hésitation entre <b>multimédia et système</b> ».</p> <p><b>Interprétation des données qualitatives</b>  La localisation du contenu est jugée globalement logique. Cependant, on constate beaucoup d'hésitation entre « Système », « Véhicule » et « Multimédia », ce qui allonge le temps de tâche et dégrade la note de localisation. Par ailleurs, la tâche est jugée relativement facile, mis à part le temps et nombre d'étapes qui dégradent la note.</p>												
	Recommandations												
	<p>On constate un problème relatif à l'AI, qui est de l'ordre de la « classification ». En effet, plusieurs participants hésitent entre les mondes « Système », « Véhicule » et « Multimédia ». L'AI pour cette tâche n'est donc pas adaptée aux utilisateurs. Par ailleurs, on constate que les doubles chemins/accès peuvent porter à confusion. En effet, comme pour la tâche N°3, quand plusieurs chemins sont possibles, certains participants expriment de l'incompréhension vis-à-vis de l'organisation du système et provoquent de la confusion. En conséquence, même si cela favorise la flexibilité du système et la découverte, l'usage au quotidien est pénalisé.</p>												

Téléphone	Tâche 7 - Vous voulez passer un appel téléphonique en composant un numéro. Comment feriez-vous ?													
Mesures (N=36)														
Performances	Attitudinales / Subjectives													
<ul style="list-style-type: none"> <li>Taux de réussite : <b>100%</b></li> <li>Types de réussite :</li> </ul>  <p style="text-align: center;">100%</p> <p style="text-align: center;">● Vraie réussite</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Score global d'efficacité : <b>75,1/100</b></li> <li>Indicateurs/métriques et leurs scores d'efficacité</li> </ul> <table border="1" data-bbox="389 655 808 879"> <thead> <tr> <th>Indicateur</th> <th>Moyenne</th> <th>Score ⓘ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Durées</td> <td>00:14</td> <td><div style="width: 62%;"><div style="width: 62%;"></div></div> 62</td> </tr> <tr> <td>Parcours</td> <td>3,89</td> <td><div style="width: 89%;"><div style="width: 89%;"></div></div> 89</td> </tr> <tr> <td>Clics</td> <td>4,44</td> <td><div style="width: 68%;"><div style="width: 68%;"></div></div> 68</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>Performances relatives à l'architecture de l'information <ul style="list-style-type: none"> <li>Désorientation : <b>1%</b></li> <li>Taux de réussites empruntant le parcours optimal : <b>11,11%</b> <i>Accueil &gt; Téléphone (raccourcis en haut de l'écran) &gt; Composer_num</i></li> </ul> </li> </ul>	Indicateur	Moyenne	Score ⓘ	Durées	00:14	<div style="width: 62%;"><div style="width: 62%;"></div></div> 62	Parcours	3,89	<div style="width: 89%;"><div style="width: 89%;"></div></div> 89	Clics	4,44	<div style="width: 68%;"><div style="width: 68%;"></div></div> 68	<ul style="list-style-type: none"> <li>Logique de localisation du contenu : <b>6,8/7</b></li> <li>Facilité perçue : <b>6,4/7</b></li> </ul>	
Indicateur	Moyenne	Score ⓘ												
Durées	00:14	<div style="width: 62%;"><div style="width: 62%;"></div></div> 62												
Parcours	3,89	<div style="width: 89%;"><div style="width: 89%;"></div></div> 89												
Clics	4,44	<div style="width: 68%;"><div style="width: 68%;"></div></div> 68												
	<b>Verbatims</b>													
	<p>« C'est infaisable en conduisant. Il faut un support pour la main ».</p> <p>« <b>Il n'y a pas de raccourcis</b> ».</p> <p>« <b>Pas de raccourcis</b>, il faut aller dans beaucoup de menus ».</p> <p>« <b>Beaucoup d'étapes</b>. C'est assez à plat ».</p> <div style="background-color: #e6f2ff; padding: 10px; margin-top: 10px;"> <p><b>Interprétation des données qualitatives</b></p> <p>La localisation du contenu correspond à la logique des sujets (6,8/7). Concernant la facilité perçue, la note, même si elle est assez haute, est dégradée à cause de la durée de la tâche et un nombre d'étapes jugé élevé, ce qui aurait pu être évité si on utilise les raccourcis en haut de l'écran.</p> </div>													
<div style="background-color: #e6f2ff; padding: 10px;"> <p><b>Interprétation des mesures de performances</b></p> <p>La totalité des sujets a réussi la tâche. En moyenne, ils ont mis 14 <i>secondes</i>, en visitant 3,89 <i>écrans</i> et en <i>cliquant</i> 4,44 <i>fois</i>. Cependant, la tâche était réalisable en moins de temps (6 secondes) et moins de clics (2) ; ils ont mis plus de temps et de clics que nécessaire.</p> <p>Par ailleurs, on constate un très faible taux (11,11%) de participants ayant eu recours au raccourci en haut de l'écran. C'est donc une difficulté d'utilisation liée à l'AI du système (type : <b>Navigation</b>).</p> </div>	<b>Recommandations</b>													
	<p>On constate un seul problème relatif à l'AI, qui est de l'ordre de la « navigation ». En effet, seulement 11,11% des participants ont eu recours au raccourci en haut de l'écran, ce qui augmente la durée et nombre de clics nécessaires. En conséquence, mettre en exergue la zone des raccourcis permettrait d'optimiser la navigation dans le système et augmenter son efficacité.</p>													

Téléphone	Tâche 8 - Vous venez de recevoir un SMS. Comment feriez-vous pour le consulter ?													
Mesures (N=36)														
Performances	Attitudinales / Subjectives													
<ul style="list-style-type: none"> <li>Taux de réussite : <b>100%</b></li> <li>Types de réussite :</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Logique de localisation du contenu : <b>6,3/7</b></li> <li>Facilité perçue : <b>6/7</b></li> </ul>													
 <p>100%</p> <p>● Vraie réussite</p>	<b>Verbatims</b>													
<ul style="list-style-type: none"> <li>Score global d'efficacité : <b>70,6/100</b></li> <li>Indicateurs/métriques et leurs scores d'efficacité</li> </ul> <table border="1" data-bbox="398 627 795 831"> <thead> <tr> <th>Indicateur</th> <th>Moyenne</th> <th>Score</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Durées</td> <td>00:20</td> <td>55</td> </tr> <tr> <td>Parcours</td> <td>4.75</td> <td>72</td> </tr> <tr> <td>Clics</td> <td>4.08</td> <td>85</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>Performances relatives à l'architecture de l'information <ul style="list-style-type: none"> <li>Désorientation : <b>6%</b></li> <li>Taux de réussites empruntant le parcours optimal : <b>13,89%</b></li> </ul> </li> </ul> <p><i>Accueil &gt; Téléphone (raccourcis en haut de l'écran) &gt; SMS</i></p>	Indicateur	Moyenne	Score	Durées	00:20	55	Parcours	4.75	72	Clics	4.08	85	<p>« C'est facile mais <b>trop long</b> ».</p> <p>« Ce serait plus facile d'avoir une <b>icône qui clignote</b> ».</p> <p>« C'est super simple ».</p> <p>« <b>Trop de clics</b> ».</p> <p>« J'utilise les <b>notifications</b> ».</p> <p>« Il devrait apparaitre dans les <b>notifications</b> »</p> <p>« Il y a une <b>notification</b> »</p> <p>« Je dégrade la note, car <b>j'aimerais avoir un raccourci</b> ».</p> <p>« Je note 3 étoiles, car <b>petit raccourci et il faut le savoir</b> ».</p>	
Indicateur	Moyenne	Score												
Durées	00:20	55												
Parcours	4.75	72												
Clics	4.08	85												
<p><b>Interprétation des mesures de performances</b></p> <p>La totalité des sujets a réussi la tâche. En moyenne, ils ont mis <i>20 secondes</i>, en visitant <i>4,75 écrans</i> et en <i>cliquant 4,06 fois</i>. Cependant, la tâche était réalisable en moins de temps (6 secondes) et moins de clics (2) ; ils ont mis plus de temps et de clics que nécessaire.</p> <p>Par ailleurs, on constate un faible taux (13,89%) de participants ayant eu recours au raccourci en zone 1. C'est donc une difficulté d'utilisation liée à l'AI du système (type : <b>Navigation</b>)..</p>	<p><b>Interprétation des données qualitatives</b></p> <p>La localisation du contenu correspond plutôt bien à la logique des sujets (6,3/7). Concernant la facilité perçue, la note, même si elle est assez élevée, est dégradée à cause notamment d'un temps de tâche jugé long, ce qui aurait pu être évité si l'on recourait au raccourci en haut de l'écran.</p>													
	<b>Recommandations</b>													
	<p>On constate un seul problème relatif à l'AI, qui est de l'ordre de la « navigation ». En effet, seulement 13,89% des participants ont eu recours au raccourci en haut de l'écran, ce qui augmente la durée et nombre de clics nécessaires.</p> <p>En conséquence, mettre en exergue la zone des raccourcis permettrait d'optimiser la navigation dans le système et augmenter son efficacité.</p>													

Téléphone	Tâche 9 - Vous voulez régler le volume de la sonnerie du téléphone. Comment feriez-vous ?													
Mesures (N=36)														
Performances	Attitudinales / Subjectives													
<ul style="list-style-type: none"> <li>Taux de réussite : <b>97,2%</b></li> <li>Types de réussite :</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>Score global d'efficacité : <b>79,4/100</b></li> <li>Indicateurs/métriques et leurs scores d'efficacité</li> </ul> <table border="1" data-bbox="414 670 779 842"> <thead> <tr> <th>Indicateur</th> <th>Moyenne</th> <th>Score</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Durées</td> <td>00:24</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>Parcours</td> <td>5.26</td> <td>96</td> </tr> <tr> <td>Clics</td> <td>5.51</td> <td>83</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>Performances relatives à l'architecture de l'information <ul style="list-style-type: none"> <li>Désorientation : <b>3%</b></li> <li>Taux de réussites empruntant le parcours optimal : <b>5,71%</b></li> </ul> <i>Accueil &gt; Téléphone (raccourcis) &gt; Réglages &gt; Réglages volumes sonores</i> </li> </ul>	Indicateur	Moyenne	Score	Durées	00:24	60	Parcours	5.26	96	Clics	5.51	83	<ul style="list-style-type: none"> <li>Logique de localisation du contenu : <b>6,3/7</b></li> <li>Facilité perçue : <b>6,3/7</b></li> </ul>	
Indicateur	Moyenne	Score												
Durées	00:24	60												
Parcours	5.26	96												
Clics	5.51	83												
	<b>Verbatims</b>													
	<p>« Pas trouvé le menu ».  « J'utilise le satellite »  « C'est assez riche il faut bien le dire »  « Quelle est la distinction entre les réglages des fonctions et les settings transversaux ? »  « J'utilise le commodo »</p> <p><b>Interprétation des données qualitatives</b></p> <p>La localisation du contenu correspond bien à la logique des sujets (6,3/7). Concernant la facilité perçue, la note, même si elle est assez élevée, est dégradée à cause notamment d'un temps de tâche jugé long, ce qui aurait pu être évité si l'on recourait au raccourci en haut de l'écran.</p>													
<p><b>Interprétation des mesures de performances</b></p> <p>Quasiment la totalité des sujets a réussi la tâche. En moyenne, ils ont mis <i>24 secondes</i>, en visitant <i>5,26 écrans</i> et en <i>cliquant 5,51 fois</i>. Cependant, la tâche était réalisable en moins de temps (8 secondes) et moins de clics (3).</p> <p>Par ailleurs, on constate un très faible taux (5,71%) de participants ayant eu recours au raccourci en haut de l'écran. C'est donc une difficulté d'utilisation liée à l'AI du système (type : <b>Navigation</b>).</p>	<b>Recommandations</b>													
	<p>On constate un seul problème relatif à l'AI, qui est de l'ordre de la « navigation ». En effet, seulement 5,71% des participants ont eu recours au raccourci en zone 1, ce qui augmente le temps de tâche. En conséquence, mettre en exergue la zone des raccourcis permettrait d'optimiser la navigation dans le système et augmenter son efficacité.</p>													

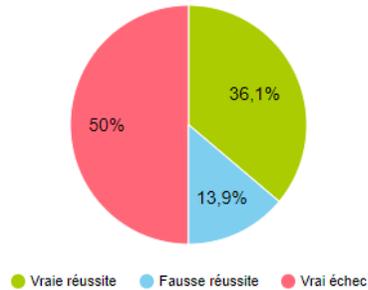
Application	Tâche 10 - Vous voulez lancer une application préalablement installée. Comment feriez-vous ?													
Mesures (N=36)														
Performances	Attitudinales / Subjectives													
<ul style="list-style-type: none"> <li>Taux de réussite : <b>94,4%</b></li> <li>Types de réussite :</li> </ul>  <p style="text-align: center;">● Vraie réussite ● Fausse réussite</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Score global d'efficacité : <b>78/100</b></li> <li>Indicateurs/métriques et leurs scores d'efficacité :</li> </ul> <table border="1" data-bbox="405 730 786 938"> <thead> <tr> <th>Indicateur</th> <th>Moyenne</th> <th>Score</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Durées</td> <td>00:14</td> <td>58</td> </tr> <tr> <td>Parcours</td> <td>4.26</td> <td>96</td> </tr> <tr> <td>Clics</td> <td>4.24</td> <td>80</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>Performances relatives à l'architecture de l'information <ul style="list-style-type: none"> <li>Désorientation : <b>3%</b></li> <li>Taux de réussites empruntant le parcours optimal : <b>88,24%</b> <i>Accueil &gt; Menu &gt; Apps &gt; Mes Apps</i></li> </ul> </li> </ul>	Indicateur	Moyenne	Score	Durées	00:14	58	Parcours	4.26	96	Clics	4.24	80	<ul style="list-style-type: none"> <li>Logique de localisation du contenu : <b>6,5/7</b></li> <li>Facilité perçue : <b>6,3/7</b></li> </ul>	
Indicateur	Moyenne	Score												
Durées	00:14	58												
Parcours	4.26	96												
Clics	4.24	80												
	<b>Verbatims</b>													
	<p>« C'est un peu long. Je vais sur le store ».  « Je mets 5 étoiles, car les applis en on a besoin rapidement ».  « Dans gestionnaire des apps ».</p> <p><b>Interprétation des données qualitatives</b></p> <p>La localisation du contenu correspond assez bien à la logique des sujets (6,5/7). Concernant la facilité perçue, la note, même si elle est assez élevée, est dégradée à cause notamment d'un nombre de clics important.</p>													
<p><b>Interprétation des mesures de performances</b></p> <p>Quasiment la totalité des sujets a réussi la tâche (94,4%). En moyenne, ils ont mis <i>14 secondes</i>, en visitant <i>4,26 écrans</i> et en <i>cliquant 4,24 fois</i>. Cependant, les participants ont mis plus de temps que nécessaire pour réaliser la tâche.  Par ailleurs, on constate un bon taux (88,24%) de participants ayant emprunté le parcours optimal.</p>	<b>Recommandations</b>													
	/													

Application	Tâche 11 - Vous voulez installer une nouvelle application sur le système (ex. application pour la météo). Comment feriez-vous ?													
Mesures (N=36)														
Performances		Attitudinales / Subjectives												
<ul style="list-style-type: none"> <li>Taux de réussite : <b>91,7%</b></li> <li>Types de réussite :</li> </ul>  <p>● Vraie réussite ● Fausse réussite ● Vrai échec</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Score global d'efficacité : <b>77,6/100</b></li> <li>Indicateurs/métriques et leurs scores d'efficacité :</li> </ul> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Indicateur</th> <th>Moyenne</th> <th>Score</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Durées</td> <td>00:26</td> <td>64</td> </tr> <tr> <td>Parcours</td> <td>4.82</td> <td>96</td> </tr> <tr> <td>Clics</td> <td>6.03</td> <td>66</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>Performances relatives à l'architecture de l'information <ul style="list-style-type: none"> <li>Désorientation : <b>3%</b></li> <li>Taux de réussites empruntant le parcours optimal : <b>93,94%</b> <i>Accueil &gt; Menu &gt; Apps &gt; R-Link Store</i></li> </ul> </li> </ul>		Indicateur	Moyenne	Score	Durées	00:26	64	Parcours	4.82	96	Clics	6.03	66	<ul style="list-style-type: none"> <li>Logique de localisation du contenu : <b>6/7</b></li> <li>Facilité perçue : <b>5,6/7</b></li> </ul>
Indicateur	Moyenne	Score												
Durées	00:26	64												
Parcours	4.82	96												
Clics	6.03	66												
		Verbatims												
		<p>« Gestionnaire des Apps ou R-Link Store ? Je ne fais pas la différence ».</p> <p>« Soit gestionnaire des Apps soit dans R-Link Store ».</p> <p>« Je pense que c'est dans le store ».</p> <p>« Alors là j'hésite entre gestionnaire des apps et le R-Link store ».</p> <p>« On ne fait pas de distinction entre les deux : gestionnaire des apps et R-Link store ».</p> <p>« Gestionnaire des apps je suppose ».</p>												
		Interprétation des données qualitatives												
		<p>La localisation du contenu correspond assez bien à la logique des sujets (6/7). Concernant la facilité perçue, la note est dégradée à cause notamment d'hésitations entre les fonctionnalités du « Gestionnaire des Apps » versus le « R-Link Store ». Cela est dû à des labels qui ne sont pas assez révélateurs du contenu de chacun des éléments.</p>												
		Recommandations												
		<p>On constate un seul problème d'AI, qui est de l'ordre de la compréhension des « Labels ». En effet, plusieurs participants ont des difficultés à différencier et deviner le contenu des éléments « Gestionnaire des Apps » et « R-Link Store », notamment aussi du fait qu'ils sont sur le même écran.</p> <p>En conséquence, modifier les labels ou fusionner le contenu des deux éléments résoudrait le problème.</p>												
Application	Tâche 12 - Vous voulez arrêter/désactiver la collecte et transmission de vos données. Comment feriez-vous ?													

## Mesures (N=36)

### Performances

- Taux de réussite : **36,1%**
- Types de réussite :



- Score global d'efficacité : **57,1/100**
- Indicateurs/métriques et leurs scores d'efficacité :

Indicateur	Moyenne	Score
Durées	00:49	43
Parcours	7.77	65
Clics	11.77	52

- Performances relatives à l'architecture de l'information
  - Désorientation : **22%**
  - Taux de réussites empruntant le parcours optimal : **30,77% (n=4)**  
*Accueil > Menu > Apps > Vie privée*

### Interprétation des mesures de performances

Un peu plus du tiers des participants ont réussi la tâche (36,1%). En moyenne, ils ont mis *49 secondes*, en visitant *7,77 écrans* et en *cliquant 11,77 fois*. Cependant, la tâche était réalisable en moins de temps (9 secondes), moins de clics (4) et d'écran à visiter (4).

Par ailleurs, on constate un faible taux de sujets (30,77%, n= 4) ayant emprunté le parcours optimal et un fort niveau de désorientation (22%). Cela souligne un problème d'AI (type : **classification**).

### Attitudinales / Subjectives

- Logique de localisation du contenu : **2,7/7**
- Facilité perçue : **3/7**

### Verbatims

« Je n'ai pas trouvé la fonction. Je cherchais plutôt dans les réglages **système** ou **profil utilisateur**... »

« **Perdu dans les sous-menus** »

« Je ne sais pas où aller chercher l'information : **profil utilisateur** puis profil véhicule. »

« Pour moi j'avais deux possibilités : soit profil utilisateur soit réglages smartphone »

« C'est des données perso. Donc **profil utilisateur** ».

« **Je m'attends à le trouver dans système, profil utilisateur** »

« Je mets une étoile, car ce n'est pas sa place »

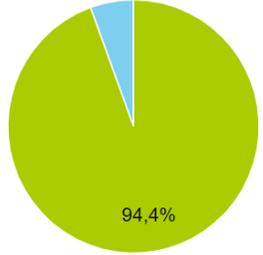
### Interprétation des données qualitatives

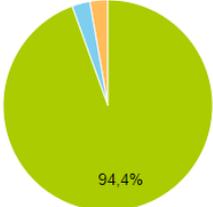
La localisation du contenu ne correspond pas à la logique des sujets (2,7/7). En effet, 83% des sujets se dirigent intuitivement vers le monde « Système », puis « profil utilisateur », au lieu du monde « Apps ».

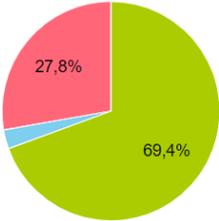
En conséquence, même la note de facilité est dégradée, car la tâche prend plus de temps et de clics.

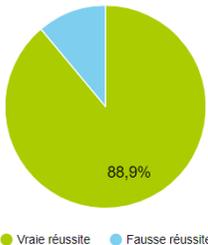
### Recommandations

Le problème d'AI (type : classification) concernant cette tâche est manifeste. En effet, la majorité des sujets (83%) s'attendent à accomplir la tâche au niveau du monde « Système », puis « profil utilisateur ». Il faudrait donc réorganiser l'AI du système en conséquence pour qu'elle soit adaptée au modèle mental des utilisateurs.

Véhicule	Tâche 13 - Vous voulez désactiver la caméra de recul. Comment feriez-vous ?													
Mesures (N=36)														
Performances	Attitudinales / Subjectives													
<ul style="list-style-type: none"> <li>Taux de réussite : <b>94,4%</b></li> <li>Types de réussite :</li> </ul>  <p style="text-align: center;">● Vraie réussite ● Fausse réussite</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Score global d'efficacité : <b>77,5/100</b></li> <li>Indicateurs/métriques et leurs scores d'efficacité</li> </ul> <table border="1" data-bbox="407 691 792 879"> <thead> <tr> <th>Indicateur</th> <th>Moyenne</th> <th>Score</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Durées</td> <td>00:24</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>Parcours</td> <td>5.35</td> <td>97</td> </tr> <tr> <td>Clics</td> <td>6.35</td> <td>72</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>Performances relatives à l'architecture de l'information <ul style="list-style-type: none"> <li>Désorientation : <b>2%</b></li> <li>Taux de réussites empruntant le parcours optimal : <b>91,18%</b></li> </ul> <p><i>Accueil &gt; Menu &gt; Véhicule &gt; Aides au stationnement &gt; Caméra de recul</i></p> </li> </ul>	Indicateur	Moyenne	Score	Durées	00:24	60	Parcours	5.35	97	Clics	6.35	72	<ul style="list-style-type: none"> <li>Logique de localisation du contenu : <b>6/7</b></li> <li>Facilité perçue : <b>6,1/7</b></li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>Verbatims</b></p> <p>« J'ai un <b>doute entre véhicule et système</b> ».  « Pour moi c'est dans système. Peut-être dans affichage ? Ou dans tableau de bord ? C'est une aide à la conduite ».  « <b>J'hésite entre véhicule et système</b> ».  « <b>Spontanément j'irais dans véhicule</b> ».  « <b>Toujours véhicule versus système</b> ».  « J'hésite entre <b>aides à la conduite et aides au stationnement</b> ».  « Est-ce que c'est dans <b>aides à la conduite ou aides au stationnement</b> ».  « J'hésite entre aides à la conduite et aides au stationnement ».  « Aides à la conduite ou au stationnement ? ».  « Tu ne peux pas deviner que c'est dans <b>aides au stationnement</b> ».</p> <p><b>Interprétation des données qualitatives</b></p> <p>Même si on constate une hésitation entre les mondes « <b>Véhicule</b> » vs « <b>Système</b> », ainsi que pour « <b>Aides à la conduite</b> » vs « <b>Aides stationnement</b> », la localisation du contenu est jugée assez logique (6/7) et la tâche facile à réaliser (6,1/7). Les sujets mettent en œuvre une stratégie/raisonnement par élimination qui les conduit au bon écran.</p>	
Indicateur	Moyenne	Score												
Durées	00:24	60												
Parcours	5.35	97												
Clics	6.35	72												
<p><b>Interprétation des mesures de performances</b></p> <p>La majorité des participants ont réussi la tâche (94,4%). En moyenne, ils ont mis 24 secondes, en visitant 5.35 écrans et en cliquant 6,35 fois. Cependant, la tâche était réalisable en moins de temps (8 secondes), moins de clics (4). Par ailleurs, on constate un bon taux de participants ayant emprunté le parcours optimal (91,18%).</p>	<p style="text-align: center;"><b>Recommandations</b></p> <p>Même s'il existe une hésitation concernant l'AI (type : <b>classification</b>), le problème n'est pas dimensionnant. Les sujets, moyennant un raisonnement par élimination et un peu plus de temps/clics, arrivent à réaliser la tâche. La distinction « Aides à la conduite » vs « Aides stationnement » est donc à maintenir dans le cas où l'on a beaucoup de prestations à classer.</p>													

Véhicule	Tâche 14 - Vous voulez changer les lumières intérieures de votre voiture. Comment feriez-vous ?													
Mesures (N=36)														
Performances	Attitudinales / Subjectives													
<ul style="list-style-type: none"> <li>Taux de réussite : <b>94,4%</b></li> <li>Types de réussite :</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Logique de localisation du contenu : <b>6,1/7</b></li> <li>Facilité perçue : <b>6,4/7</b></li> </ul>													
 <p>● Vraie réussite ● Fausse réussite ● Faux échec</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Score global d'efficacité : <b>78,3/100</b></li> <li>Indicateurs/métriques et leurs scores d'efficacité</li> </ul> <table border="1" data-bbox="403 710 795 917"> <thead> <tr> <th>Indicateur</th> <th>Moyenne</th> <th>Score</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Durées</td> <td>00:19</td> <td>63</td> </tr> <tr> <td>Parcours</td> <td>4.59</td> <td>93</td> </tr> <tr> <td>Clics</td> <td>4.76</td> <td>76</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>Performances relatives à l'architecture de l'information <ul style="list-style-type: none"> <li>Désorientation : <b>3%</b></li> <li>Taux de réussites empruntant le parcours optimal : <b>85,29%</b></li> <li><i>Accueil &gt; Menu &gt; Véhicule &gt; Ambiance lumineuse</i></li> </ul> </li> </ul>	Indicateur	Moyenne	Score	Durées	00:19	63	Parcours	4.59	93	Clics	4.76	76	<h3 data-bbox="1568 406 1713 438">Verbatims</h3> <p>« Regrouper les fonctions de réglages d'affichage avec l'ambiance lumineuse ? ».  « La localisation est logique. Il faut tout ce qui est affichage dans un seul bloc ».  « Ça me paraît <b>bizarre dans véhicule</b> ».  « <b>Soit dans système, soit dans véhicule</b> ».  « <b>Système ou véhicule</b> ».  « Moi l'ambiance je l'associe à confort ».  « <b>Système ou véhicule ?</b> ».  « <b>Je bute contre système et véhicule</b>, mais ça concerne le véhicule ».  « Pour deviner, <b>je pense que c'est dans véhicule...</b> »</p>	
Indicateur	Moyenne	Score												
Durées	00:19	63												
Parcours	4.59	93												
Clics	4.76	76												
<h3 data-bbox="89 1109 638 1141">Interprétation des mesures de performances</h3> <p>La majorité des participants ont réussi la tâche (94,4%). En moyenne, ils ont mis <i>19 secondes</i>, en visitant <i>4,59 écrans</i> et en <i>cliquant 4,76 fois</i>. Cependant, la tâche était réalisable en moins de temps (7 secondes), moins de clics (3). Par ailleurs, on constate un bon taux de participants ayant emprunté le parcours optimal (85,29%).</p>	<h3 data-bbox="1131 805 1624 837">Interprétation des données qualitatives</h3> <p>Même si on constate une hésitation entre les mondes « <b>Véhicule</b> » vs « <b>Système</b> », la localisation du contenu est jugée assez logique (6,1/7) et la tâche facile à réaliser (6,4/7). Les sujets mettent en œuvre une stratégie/raisonnement par élimination qui les conduit au bon écran.</p>													
	<h3 data-bbox="1523 1093 1758 1125">Recommandations</h3> <p>Même s'il existe une hésitation concernant l'AI de cette tâche (type : <b>classification</b>), le problème n'est pas dimensionnant. Les sujets, moyennant un raisonnement par élimination et un peu plus de temps/clics, arrivent à réaliser la tâche.  <b>La distinction « Véhicule » vs « Système », même si elle n'est pas totalement intuitive, reste efficace.</b></p>													

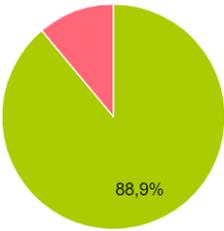
Véhicule	Tâche 15 - Vous voulez réinitialiser la fonction de pression des pneus. Comment feriez-vous ?													
Mesures (N=36)														
Performances	Attitudinales / Subjectives													
<ul style="list-style-type: none"> <li>Taux de réussite : <b>69,4%</b></li> <li>Types de réussite :</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Logique de localisation du contenu : <b>4,7/7</b></li> <li>Facilité perçue : <b>4/7</b></li> </ul>													
 <p>● Vraie réussite ● Fausse réussite ● Vrai échec</p>	<b>Verbatims</b>													
<ul style="list-style-type: none"> <li>Score global d'efficacité : <b>68,1/100</b></li> <li>Indicateurs/métriques et leurs scores d'efficacité</li> </ul>	<p>« <b>Je ne trouve pas la commande</b> dans les menus »  « <b>Je n'ai pas trouvé le moyen de réaliser la consigne</b> »  « Pas d'icone correspondant à la fonction pression des pneus »  « Je n'ai pas trouvé la fonction. Pour moi, ça serait logiquement en véhicule... »  « Je pensais que c'était dans véhicule »  « Il n'y a rien qui ressemble à des pneus. <b>Je n'ai pas vu la 2<sup>ème</sup> page</b> ».  « <b>J'ai vu qu'une page</b> donc je me suis dit ce n'est pas là »  « <b>Ah ! j'ai une autre page</b> »  « Je n'ai jamais pensé avoir une <b>2<sup>ème</sup> page</b> »  « Je n'ai pas vu la <b>2<sup>ème</sup> page</b>, mais après si ».  « Ah ! je n'ai pas vu qu'il y a une <b>2<sup>ème</sup> page</b> »  « <b>On a qu'une page c'est ça ?</b> »  « Il faut être fou pour faire des <b>choses aussi microscopiques</b> ».</p>													
<table border="1" data-bbox="392 715 810 912"> <thead> <tr> <th>Indicateur</th> <th>Moyenne</th> <th>Score</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Durées</td> <td>00:42</td> <td>52</td> </tr> <tr> <td>Parcours</td> <td>5.84</td> <td>81</td> </tr> <tr> <td>Clics</td> <td>9.12</td> <td>65</td> </tr> </tbody> </table>	Indicateur	Moyenne	Score	Durées	00:42	52	Parcours	5.84	81	Clics	9.12	65	<p><b>Interprétation des données qualitatives</b>  La note sur la logique de localisation du contenu est assez faible (4,7/7), car quasiment 1/3 des participants n'arrivent pas à accéder à la 2<sup>ème</sup> page où se situe la fonction recherchée. Cela est dû à l'indicateur de pages qui n'est pas assez visible. Par ailleurs, le fait de passer trop de temps sur la tâche, sans identifier le bon contenu, et se sentir perdu dans le système, fait baisser la note de facilité fortement.</p>	
Indicateur	Moyenne	Score												
Durées	00:42	52												
Parcours	5.84	81												
Clics	9.12	65												
<ul style="list-style-type: none"> <li>Performances relatives à l'architecture de l'information <ul style="list-style-type: none"> <li>Désorientation : <b>14%</b></li> <li>Taux de réussites empruntant le parcours optimal : <b>60%</b>  <i>Accueil &gt; Menu &gt; Véhicule &gt; Pression pneus</i></li> </ul> </li> </ul>	<b>Recommandations</b>													
<p><b>Interprétation des mesures de performances</b>  Un peu plus du tiers des participants a réussi la tâche (69,4%). En moyenne, ils ont mis <i>42 secondes</i>, en visitant <i>5,84 écrans</i> et en <i>cliquant 9,12 fois</i>. Cependant, la tâche était réalisable en moins de temps (8 secondes), moins de clics (3). Ils ont donc mis plus de temps que nécessaire.  Par ailleurs, on constate un taux moyen de participants ayant emprunté le parcours optimal (60%) et un indice de désorientation relativement élevé (14%). Il y a donc un problème d'AI (type : <b>Navigation</b>).</p>	<p>Le problème d'AI sur cette tâche est de type « <b>Navigation</b> ». En effet, le fait de ne pas identifier l'existence d'une 2<sup>ème</sup> page grâce à l'indicateur de pages en haut de l'écran fait que les participants quittent le monde et, in fine, abandonnent.  En conséquence, changer la représentation graphique de l'indicateur de page permettrait d'augmenter le taux de réussite à cette tâche d'environ 27%.</p>													

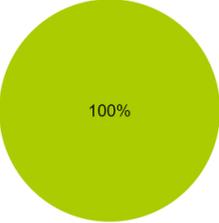
Système	Tâche 16 - Vous voulez augmenter la luminosité du tableau de bord. Comment feriez-vous ?													
Mesures (N=36)														
Performances	Attitudinales / Subjectives													
<ul style="list-style-type: none"> <li>Taux de réussite : <b>88,9%</b></li> <li>Types de réussite :</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Logique de localisation du contenu : <b>5,5/7</b></li> <li>Facilité perçue : <b>6/7</b></li> </ul>													
<ul style="list-style-type: none"> <li>Score global d'efficacité : <b>62,5/100</b></li> <li>Indicateurs/métriques et leurs scores d'efficacité :</li> </ul> <table border="1" data-bbox="398 687 792 895"> <thead> <tr> <th>Indicateur</th> <th>Moyenne</th> <th>Score</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Durées</td> <td>00:30</td> <td>56</td> </tr> <tr> <td>Parcours</td> <td>5.78</td> <td>63</td> </tr> <tr> <td>Clics</td> <td>7.41</td> <td>56</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>Performances relatives à l'architecture de l'information <ul style="list-style-type: none"> <li>Désorientation : <b>11%</b></li> <li>Taux de réussites empruntant le parcours optimal : <b>15,63%</b> <i>Accueil &gt; Affichage (boutons capacitifs) &gt; Tableau de bord</i></li> </ul> </li> </ul>	Indicateur	Moyenne	Score	Durées	00:30	56	Parcours	5.78	63	Clics	7.41	56	<p style="text-align: center;"><b>Verbatims</b></p> <p>« ... Pour moi plutôt <b>dans véhicule</b> et vie à bord ».</p> <p>« <b>Véhicule &gt; Ambiance Lumineuse</b>. Je pense que c'est là ».</p> <p>« Dans ordinateur de bord ? (Se trouvant dans <b>véhicule</b>) ».</p> <p>« Je me pose question : <b>véhicule ou système ?</b> ».</p> <p>« <b>J'hésite entre système et véhicule</b> »</p> <p>« C'est ça que je ne trouve pas logique : <b>le rangement n'est pas logique entre véhicule et système</b> ».</p> <p>« Tout ce qui est tableau de bord <b>c'est lié au véhicule</b> ».</p> <p>« <b>Pas très logique, car dans système</b> et pas facile ».</p> <p>« Est-ce que c'est <b>dans système ou véhicule ?</b> ».</p> <p>« J'ai vraiment l'impression d'être perdu ».</p>	
Indicateur	Moyenne	Score												
Durées	00:30	56												
Parcours	5.78	63												
Clics	7.41	56												
<p><b>Interprétation des mesures de performances</b></p> <p>Une majorité de participants a réussi la tâche (88,9%). En moyenne, ils ont mis <i>30 secondes</i>, en visitant <i>5,78 écrans</i> et en <i>cliquant 7,41 fois</i>. Cependant, la tâche était réalisable en moins de temps (7 secondes), moins de clics (2). Ils ont donc mis plus de temps/clics que nécessaire.</p>	<p><b>Interprétation des données qualitatives</b></p> <p>La note sur la logique de localisation du contenu est relativement faible (5,7/7), car plusieurs participants se rendent intuitivement dans le monde véhicule. En conséquence, même s'ils réussissent à réaliser la tâche, ils mettent plus de temps et de clics que nécessaire et se sentent désorientés/perdus. Malgré cela, la tâche est jugée plutôt facile à réaliser (6/7).</p>													
<b>Recommandations</b>														

Par ailleurs, on constate un faible taux de participants ayant emprunté le parcours optimal (15,63%) et un indice de désorientation relativement élevé (11%). Il y a donc deux difficultés d'utilisations relatives à l'AI (types : **Classification** et **Label**).

Globalement, on constate deux problèmes d'AI sur cette tâche :

- **Label** : seulement 5 sujets ont utilisé le raccourci à droite de l'écran qui conduit à la page « Affichage », car le pictogramme est peu compréhensible. Le pictogramme est donc à revoir.
- **Classification** : pour cette tâche, plusieurs participants hésitent entre les mondes « Véhicule » et « Système ». Pour eux, le réglage de la luminosité du tableau de bord devrait se situer dans « Véhicule ».

Système	Tâche 17 - Vous voulez régler l'heure affichée à l'écran central. Comment feriez-vous ?													
Mesures (N= 36)														
Performances	Attitudinales / Subjectives													
<ul style="list-style-type: none"> <li>Taux de réussite : <b>88,9%</b></li> <li>Types de réussite :</li> </ul>  <p style="text-align: center;">● Vraie réussite ● Vrai échec</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Score global d'efficacité : <b>51,9/100</b></li> <li>Indicateurs/métriques et leurs scores d'efficacité :</li> </ul> <table border="1" data-bbox="403 630 795 837"> <thead> <tr> <th>Indicateur</th> <th>Moyenne</th> <th>Score</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Durées</td> <td>00:40</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Parcours</td> <td>6,97</td> <td>49</td> </tr> <tr> <td>Clics</td> <td>10,38</td> <td>56</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>Performances relatives à l'architecture de l'information <ul style="list-style-type: none"> <li>Désorientation : <b>19%</b></li> <li>Taux de réussites empruntant le parcours optimal : <b>25%</b> <i>Accueil &gt; Date et Heure (via menu contextuel)</i></li> </ul> </li> </ul> <p><b>Interprétation des mesures de performances</b>  Une majorité de participants a réussi la tâche (88,9%). En moyenne, ils ont mis 40 secondes, en visitant 6,97 écrans et en cliquant 10,38 fois. Cependant, la tâche était réalisable en moins de temps (4 secondes), moins de clics (2). Ils ont donc mis plus de temps/clics que nécessaire.  Par ailleurs, on constate un faible taux de participants ayant emprunté le parcours optimal (25%) et un indice de désorientation élevé (19%). Il y a donc plusieurs problèmes d'AI (types : <b>Label</b> et <b>Classification</b>).</p>	Indicateur	Moyenne	Score	Durées	00:40	40	Parcours	6,97	49	Clics	10,38	56	<ul style="list-style-type: none"> <li>Logique de localisation du contenu : <b>4,5/7</b></li> <li>Facilité perçue : <b>4,8/7</b></li> </ul>	
Indicateur	Moyenne	Score												
Durées	00:40	40												
Parcours	6,97	49												
Clics	10,38	56												
	<p style="text-align: center;"><b>Verbatims</b></p> <p>« J'aurais bien aimé cliquer sur l'heure et que ça marche »  « Soit dans système, soit dans véhicule »  « On ne peut pas cliquer sur l'horloge ? »  « J'irais dans système. J'ai réussi, par contre c'est difficile à voir la 2<sup>ème</sup> page ».  « Je n'ai pas vu la 2<sup>ème</sup> page »  « Je mets 3 étoiles, car menu contextuel pas compréhensible »  « Alors là, même question, véhicule ou système ? »  « J'appuie sur l'horloge en haut à gauche ».  « On ne peut pas directement cliquer sur l'horloge ? »  « Bah non, ça ne marche pas (clic sur l'horloge) ».  « Pas très logique, car dans système et pas facile »</p> <p><b>Interprétation des données qualitatives</b>  La note sur la logique de localisation du contenu est faible (4,5/7). Plusieurs sujets ont hésité entre « Véhicule » vs « Système ». De plus, le réglage se trouvant en 2<sup>ème</sup> page, les sujets ont eu du mal à l'identifier. Alors, même si la majorité d'entre eux réussissent la tâche, les 2 notes de localisation et facilité sont dégradées. Par ailleurs, deux raisons baissent la note de facilité : le fait que les sujets s'attendent à réaliser la tâche directement en appuyant sur l'horloge et le fait que la fonction soit « cachée » dans le menu contextuel.</p>													
	<p style="text-align: center;"><b>Synthèse/Recommandations</b></p> <p>Globalement, on constate deux problèmes d'AI sur cette tâche :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Label</b> : seulement 9 sujets ont utilisé le raccourci du menu contextuel au niveau de la home page, car le pictogramme n'est pas tout à fait compréhensible.</li> <li><b>Classification</b> : Plusieurs participants hésitent entre les mondes « Véhicule » et « Système ».</li> </ul>													

Système	Tâche 18 - Vous voulez changer la langue du système. Comment feriez-vous ?													
Mesures (N=36)														
Performances	Attitudinales / Subjectives													
<ul style="list-style-type: none"> <li>Taux de réussite : <b>100%</b></li> <li>Types de réussite :</li> </ul>  <p style="text-align: center;">100%</p> <p style="text-align: center;">● Vraie réussite</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Score global d'efficacité : <b>77,4/100</b></li> <li>Indicateurs/métriques et leurs scores d'efficacité :</li> </ul> <table border="1" data-bbox="376 651 813 858"> <thead> <tr> <th>Indicateur</th> <th>Moyenne</th> <th>Score</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Durées</td> <td>00:16</td> <td>56</td> </tr> <tr> <td>Parcours</td> <td>4.25</td> <td>96</td> </tr> <tr> <td>Clics</td> <td>4.14</td> <td>81</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>Performances relatives à l'architecture de l'information <ul style="list-style-type: none"> <li>Désorientation : <b>3%</b></li> <li>Taux de réussites empruntant le parcours optimal : <b>89%</b> <i>Accueil &gt; Menu &gt; Système &gt; Langue</i></li> </ul> </li> </ul>	Indicateur	Moyenne	Score	Durées	00:16	56	Parcours	4.25	96	Clics	4.14	81	<ul style="list-style-type: none"> <li>Logique de localisation du contenu : <b>6,5/7</b></li> <li>Facilité perçue : <b>6,5/7</b></li> </ul>	
Indicateur	Moyenne	Score												
Durées	00:16	56												
Parcours	4.25	96												
Clics	4.14	81												
<p><b>Interprétation des mesures de performances</b></p> <p>Tous les participants ont réalisé la tâche avec succès. En moyenne, ils ont mis <i>16 secondes</i>, en visitant <i>4,25 écrans</i> et en <i>cliquant 4,14 fois</i>. Cependant, la tâche était réalisable en moins de temps (4 secondes) Ils ont donc mis plus de temps/clics que nécessaires.</p> <p>Par ailleurs, on constate un taux important de participants ayant emprunté le parcours optimal (89%) et un indice de désorientation relativement bas (3%).</p>	<p style="text-align: center;"><b>Verbatims</b></p> <p>« <b>Je vais dans système</b>, affichage »  « Ça c'est quelque chose de global, <b>je passe par système</b> »  « <b>On hésite toujours entre véhicule et système</b>, du coup je mets 4 étoiles à la logique »  « <b>Je ne trouve pas logique véhicule et système</b> »  « Même problème, <b>mon cœur bascule entre véhicule et système</b> »</p> <p><b>Interprétation des données qualitatives</b></p> <p>La note sur la logique de localisation du contenu est assez élevée (6,5/7). Cependant, certains sujets hésitent entre les mondes « Système » et « Véhicule », ce qui les a conduits à explorer certains écrans et, in fine, augmenter le temps de tâche (difficulté liée à l'AI : type classification). Par ailleurs, la tâche est jugée facile à réaliser (6,5/7).</p>													
	<p style="text-align: center;"><b>Recommandations</b></p> <p style="text-align: center;">/</p>													

#### 6.1.4. Discussion

L'objectif de cette étude était double. D'abord, il s'agit d'identifier les difficultés d'utilisation du système R-Link 2, notamment liées à son architecture de l'information. Ensuite, il s'agit de produire des recommandations ergonomiques pour améliorer l'utilisabilité des systèmes actuellement commercialisés ainsi que pour la conception des futurs systèmes d'info-divertissement du Groupe Renault.

Pour recueillir les données nécessaires, nous avons conduit un test utilisateur auprès de 36 participants. Chaque participant réalise 18 tâches. Pour chacune des tâches, des mesures de performances (taux de réussite, durée, nombre de clics, indice de désorientation...) et actitudinales (logique perçue de l'arborescence, facilité perçue, satisfaction...) sont effectuées.

Globalement, on constate que le R-Link 2 est un système **efficace**. En effet, il permet aux utilisateurs d'atteindre les objectifs spécifiés (c.-à-d. réalisation des tâches) avec un taux global de réussites de 86,4%. Il respecte donc la recommandation de *l'EQUID design process*. Cependant, on constate certains échecs, notamment à la tâche N°12 (Vous voulez arrêter/désactiver la collecte et transmission de vos données personnelles. Comment feriez-vous ?) et N°15 (Vous voulez réinitialiser la fonction de pression des pneus. Comment feriez-vous ?).

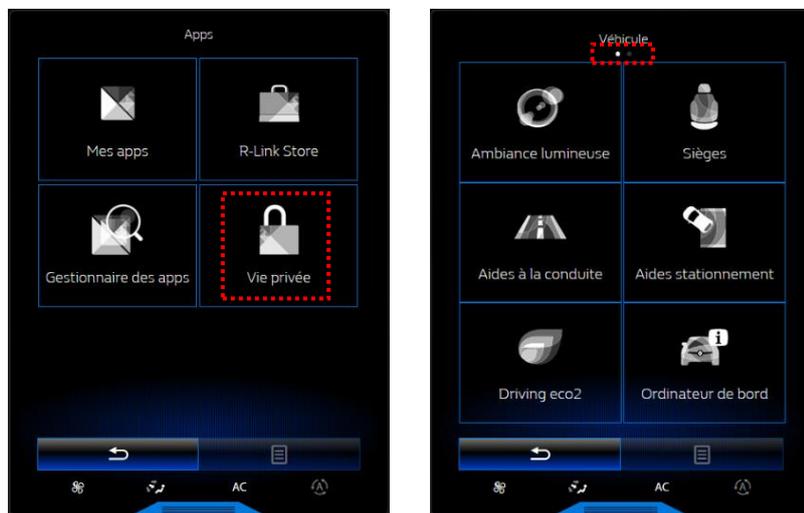


Figure 42. Illustrations des causes des difficultés d'utilisation concernant la tâche N°12 (à gauche) et N°15 (à droite).

Dans le cas de la tâche N°12, les échecs sont causés par une difficulté liée à l'architecture de l'information du système (type : classification). En effet, les utilisateurs s'attendent à trouver le contenu recherché dans le monde « Système », puis « Profil utilisateur ». Or, dans la version actuelle du R-Link 2, le contenu est classé dans le monde « Apps ». Par ailleurs, en ce qui concerne la tâche N°15, les échecs sont causés aussi par une difficulté liée à l'architecture de l'information du R-Link 2 (type : navigation). En effet, on constate que les utilisateurs se dirigent vers le bon monde (i.e. « Véhicule »), mais n'arrivent pas à identifier l'existence d'une deuxième page, où se situe le contenu recherché, à cause d'un indicateur de page trop petit. Corriger ces deux difficultés permettrait d'optimiser le taux d'efficacité du R-Link 2.

Concernant l'**efficacité** globale du système, elle s'élève à un taux de 72,2%. Le R-Link 2 ne satisfait donc pas le taux de 80% recommandé par *l'EQUID design process* pour les produits grand public. L'efficacité globale du système est notamment pénalisée par les tâches N°17 (Vous voulez régler l'heure affichée à l'écran central. Comment feriez-vous ?). En effet, on constate que les sujets mettent en moyenne 40 secondes en cliquant 10,38 fois. Or, la tâche est réalisable en moins de temps (4 secondes) et de clics

(2). Cela s'explique par le très faible taux d'utilisation du raccourci au niveau de la *home page* (25%), car il est jugé peu compréhensible, et une hésitation manifeste entre le monde « Véhicule » et « Système ».

Le taux de **satisfaction** des sujets (c.-à-d. ayant attribué au moins une note de 5) vis-à-vis du R-Link 2 s'élève à 77%. Là aussi, malgré un taux relativement élevé, le seuil de 80% recommandé par l'*EQUID design process* n'est pas atteint. Plusieurs facteurs ergonomiques et non ergonomiques expliquent ce résultat. Concernant les facteurs ergonomiques, l'arborescence jugée profonde ; les raccourcis en haut de l'écran jugés peu visibles ; un vocabulaire et labels jugés parfois peu clairs pénalisent la satisfaction globale. Concernant les facteurs non ergonomiques, cela concerne le temps de réponse du système, jugé lent, une procédure de mise à jour fastidieuse ou encore une qualité perçue, notamment des graphismes, datés.

Le **score SUS** du R-Link 2, quant à lui, s'élève à 70,9 points, ce qui le place dans la fourchette « acceptable à bon », selon l'échelle d'interprétation présentée précédemment. Cependant, l'interprétation des résultats doit se faire avec précaution, car, bien que le SUS soit utilisé par les professionnels de l'UX automobile (« SBD » ou « Strategy Analytics » ...), il reste un outil générique ; non spécialement développé pour les IHM automobiles embarquées. Comment peut alors interpréter, de manière un peu plus fiable, le score obtenu par le R-Link ? En 2014, le cabinet indépendant SBD a conduit une étude comparative de plusieurs systèmes d'info-divertissement (SBD, 2014). Au total, sept systèmes ont été évalués, notamment grâce au SUS. Les différents scores obtenus sont présentés dans la figure ci-dessous.

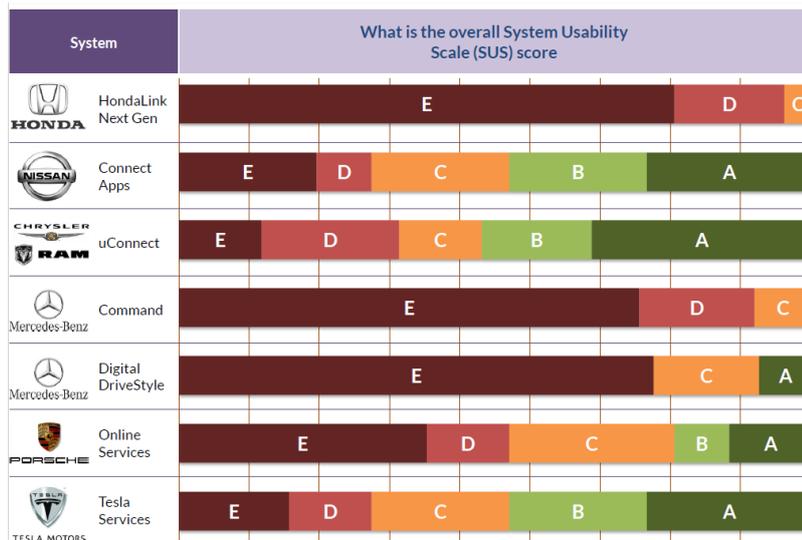


Figure 43. Scores SUS des différents systèmes évalués. Extraite de (SBD, 2014).

Il est à noter que SBD utilise un système de *ranking* particulier, que nous réutilisons ici afin de comparer et situer le R-Link 2 par rapport aux autres systèmes. Ainsi, après transformation des scores SUS du R-Link 2, nous obtenons la figure ci-dessous.

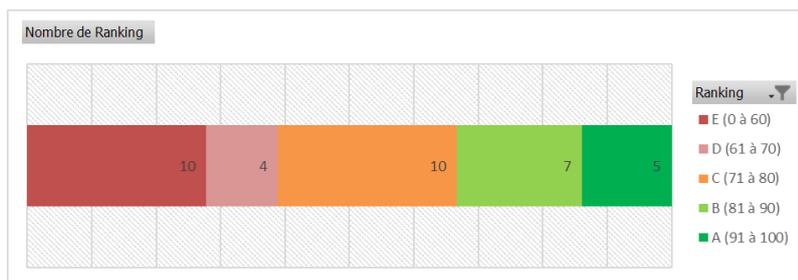


Figure 44. Répartition des scores SUS du R-Link 2 en fonction du ranking de SBD.

Après cette transformation des données, il nous est possible de positionner le R-Link 2 par rapport aux systèmes testés par SBD. On constate alors qu'il se positionne en 3<sup>ème</sup> ou 4<sup>ème</sup> position sur la totalité des 7 systèmes. Il est donc moins utilisable que les systèmes de Chrysler, Nissan et Tesla ; plus ou moins égale au système de Porsche ; et meilleur que ceux de Mercedes-Benz (2 systèmes différents testés) et Honda.

Par ailleurs, l'analyse détaillée des tâches au travers des mesures de performances ainsi que des données qualitatives (verbatim...) a permis de mettre en évidence certaines difficultés d'utilisation liées à l'architecture de l'information du R-Link 2. Au total, comme illustrées par le tableau ci-dessous, dix-huit difficultés sont identifiées.

**Tableau 6. Synthèse des difficultés d'utilisation du système R-Link 2 liées à son architecture de l'information.**

		Architecture de l'information				<b>Total</b>	
		Classification	Labélisation	Navigation	Recherche		
Navigation	Tâches 1					0	2
	Tâches 2	1				1	
	Tâches 3		1			1	
Multimédia	Tâches 4	1	1	1		3	5
	Tâches 5			1		1	
	Tâches 6	1				1	
Téléphone	Tâches 7			1		1	3
	Tâches 8			1		1	
	Tâches 9			1		1	
Apps	Tâches 10					0	2
	Tâches 11		1			1	
	Tâches 12	1				1	
Véhicule	Tâches 13					0	1
	Tâches 14					0	
	Tâches 15			1		1	
Système	Tâches 16	1	1			2	5
	Tâches 17	1	1			2	
	Tâches 18	1				1	
<b>Total</b>		<b>7</b>	<b>5</b>	<b>6</b>		<b>18</b>	

Les difficultés d'utilisation relatives à la classification des contenus (n=7) concernent notamment le monde « Système ». En effet, par exemple, on constate une hésitation entre les mondes « Véhicule » et « Système » lorsqu'il s'agit de trouver le réglage de la luminosité du tableau, dont les participants déclarent qu'il devrait se situer dans le monde « Véhicule » au lieu de « Système ». Les difficultés d'utilisation relatives aux labels (n= 5) sont disparates. Par exemple, concernant le monde « Application », on constate que les participants hésitent entre les fonctionnalités du « Gestionnaire des Apps » et les fonctionnalités du « R-Link Store ». Ils déclarent que les deux labels ne sont pas assez explicites et, en conséquence, dégradent la note de facilité perçue. Les difficultés d'utilisation relatives à la navigation dans le système (n=6) concernent principalement le monde « Téléphonie ». En effet, on constate un taux moyen de participants empruntant le parcours optimal de 10,23%. Ce faible taux s'explique par le fait que les participants n'arrivent pas identifier les raccourcis en « zone 1 » (haut de l'écran) à cause de leur taille.

Toutefois, cette étude présente certaines limites. La première est liée aux participants. En effet, tous les sujets ayant participé à cette étude sont des collaborateurs Renault. Même si leur profil correspond plus ou moins à celui des clients du Groupe Renault, le fait qu'ils travaillent dans le monde automobile peut

constituer un biais. Afin d'obtenir des résultats encore plus fiables, l'étude pourrait être conduite avec des sujets n'ayant pas de connaissance de l'automobile.

La deuxième limite concerne l'utilisation du SUS, pour deux raisons. La première étant le fait qu'il n'est pas développé pour le contexte spécifique des IHM automobiles, même s'il est utilisé et par les praticiens et par les chercheurs afin de mesurer l'utilisabilité de ce type d'IHM. La deuxième raison concerne la pertinence et adaptation du SUS quand il s'agit d'évaluer des aspects relatifs à l'architecture de l'information. En effet, même si le SUS permet une évaluation globale du système, aucun des 10 items le composant ne porte directement sur l'architecture de l'information. Afin d'obtenir une évaluation plus fine, qui cible l'architecture de l'information, l'étude pourrait être reconduite avec le questionnaire DEEP (Yang & al., 2012), présenté précédemment.

## 6.2. Reconception de l'architecture de l'information du système R-Link 2

### 6.2.1. Introduction et objectifs

Cette deuxième étude du premier volet du plan d'action consiste à reconcevoir l'architecture de l'information actuelle du R-Link 2 à l'aide de la méthode du tri de cartes.

L'objectif de cette étude est double. En effet, il s'agit d'abord de saisir les représentations mentales des utilisateurs en ce qui concerne, notamment, les labels des différents mondes du R-Link 2. Autrement dit, il s'agit d'identifier ce que les labels utilisés dans le R-Link 2 évoquent aux utilisateurs. Ensuite, il s'agit de proposer une nouvelle architecture de l'information, plus adaptée au modèle mental des utilisateurs.

Pour cela, nous avons réalisé un *tri de cartes hybride* dans les locaux du Technocentre à Guyancourt, du 18 au 22/03/2019, soit 5 jours. L'étude s'est déroulée sur PC, avec 20 sujets. Chaque sujet est invité à organiser 44 cartes, soit en se servant des catégories préalablement définies, soit en créant d'autres si nécessaire.

Dans ce qui suit, nous détaillons l'ensemble des conditions expérimentales de l'étude.

### 6.2.2. Méthodologie

#### 6.2.2.1. Sujets

Les participants à cette étude sont au nombre de vingt (N=20). Ce sont tous des collaborateurs du Groupe Renault qui travaillent au Technocentre de Guyancourt. Le recrutement s'est fait via les mêmes canaux que pour la première étude : « Club des testeurs » et contact direct en sollicitant certains collaborateurs et leur réseau, pour compléter le panel de participants.

Les participants de sexe masculin représentent 70% (n=14) contre 30% de sexe féminin (n=6). Les participants âgés de 20 à 29 ans constituent 10% (n=2) ; de 30 à 39 constituent 10% (n=2) ; de 40 à 49 ans constituent 40% (n=8) ; de 50 à 59 ans constituent 40% (n=8). Un seul participant travaille dans le cadre de ses fonctions Renault sur les systèmes d'info-divertissement du Groupe.



**Figure 45. Nuage de mots représentant les fonctions les plus utilisées par les participants ayant un véhicule équipé d'un système d'info-divertissement.**

Les participants véhiculés représentent 90% (n=18), dont 61% (n=11) sont équipés d'un système d'info-divertissement. Ces systèmes sont utilisés rarement<sup>47</sup> par 17% (n=3) ; souvent<sup>48</sup> par 7% (n=1) et

<sup>47</sup> 1 à 2 fois par semaine

<sup>48</sup> 3 à 4 fois par semaine

quotidiennement<sup>49</sup> par 33% (n=33) des sujets. Les fonctions les plus utilisées, comme illustrées par la figure ci-dessus, sont notamment la radio, la navigation (guidage par satellite « gps ») et la téléphonie.

#### 6.2.2.2. Matériel

Pour mener à bien cette deuxième étude, nous avons eu recours à différents moyens : un questionnaire, un ensemble de cartes à trier, un logiciel de tri de cartes et un PC.

Dans cette étude, nous avons réutilisé une partie du questionnaire de l'étude précédente (cf. annexe 4). Il s'agit, plus précisément, de la partie prétest qui permet de récolter les données démographiques des participants, leurs usages des smartphones et des systèmes automobiles d'info-divertissement.

Pour définir les cartes à trier, nous avons tout d'abord reconstitué l'architecture actuelle du R-Link 2, comme illustré par la figure ci-dessous. Puis, les items (menus et/fonctions) de « Niveau 2 » de l'arborescence du système sont retenus. Ainsi, ils constituent les cartes à trier et sont au nombre de quarante-quatre (44). Enfin, pour chaque carte, une description est produite, comme illustrée ci-dessous. La description des 44 cartes est disponible en « annexe 12 ».

Niveau 0	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4	Niveau 5	Niveau 6
Menu	Navigation	Destination				
		Adresse				
		Destinations précédentes				
		Points d'intérêt				
		Favoris		Domicile		
					Position GPS	
					Points d'intérêts	
					Adresse	
					Destinations précédentes	
					Carnet d'adresses	
					Autre	
						Sur carte
						Coordonnées
				Travail		
				Carnet d'adresse		
					Coordonnées	
					Sur la carte	
		Itinéraire				
		Créer Itinéraire				
				Position GPS actuelle		
				+		
				Arrêter guidage		
				Trafic sur itinéraire		
				Evénements		

Niveau 1	Niveau 2	Description
Navigation	Destination	Le menu « Destination » propose différentes manières d'introduire une destination: adresse, destinations ptécédentes, points d'intérêt...
	Itinéraire	Le menu "Itinéraire" permet d'accéder aux fonctions suivantes : « Modifier itinéraire », « Arrêter guidage », « Trafic sur itinéraire », « Éviter », « Vue d'ensemble », « Réglages itinéraire » .
	Trafic	Le menu permet d'accéder aux informations routières actualisées. Vous pouvez aussi accéder aux réglages suivants: "Détour" (suggestion par le système de détour si l'itinéraire est perturbé), "Types d'événements" (considérer X événement pour le recalcul d'itinéraire).
	Carte	Le menu permet d'accéder à la carte de guidage.
	Réglages de Navigation	Le menu permet d'accéder à plusieurs types de paramètres relatifs au GPS: « Sons et alertes », « Réglages itinéraire », « Trafic », « Réglages carte », « Guidage visuel ».
Multimédia	Radio	Le menu permet d'accéder à la fonction Radio et ses paramètres (changer de fréquence, accéder aux favoris...)
	Media	Ce menu permet d'écouter de la musique provenant d'une source auxiliaire (CD audio, USB, carte SD...)
	Photo	Le menu permet de sélectionner une source d'entrée connectée au système (USB, carte SD...) pour accéder aux photos.
	Vidéo	Le menu permet de sélectionner une source d'entrée connectée au R-Link 2 (USB, carte SD...) pour accéder aux vidéos.
	Réglages Multimédia	Le menu permet d'accéder aux paramètres de différentes fonctions: « Radio », « Média », « Photo », « Vidéo », « Son ».

Figure 46. Extraits des cartes à trier et leurs descriptions. À droite : arborescence actuelle du R-Link 2 ; à gauche : description de chacune des cartes utilisées dans l'étude.

Pour cette étude, nous avons choisi un mode de passation informatisé, en ayant recours au logiciel de tri de cartes *OptimalSort* (cf. figure ci-dessous). L'ensemble des cartes et leurs descriptions sont implémentés dans cet outil en ligne, développé par *OptimalWorkshop*<sup>50</sup> spécialement pour les tris de cartes.

<sup>49</sup> Chaque fois que le sujet conduit son véhicule.

<sup>50</sup> <https://www.optimalworkshop.com/>

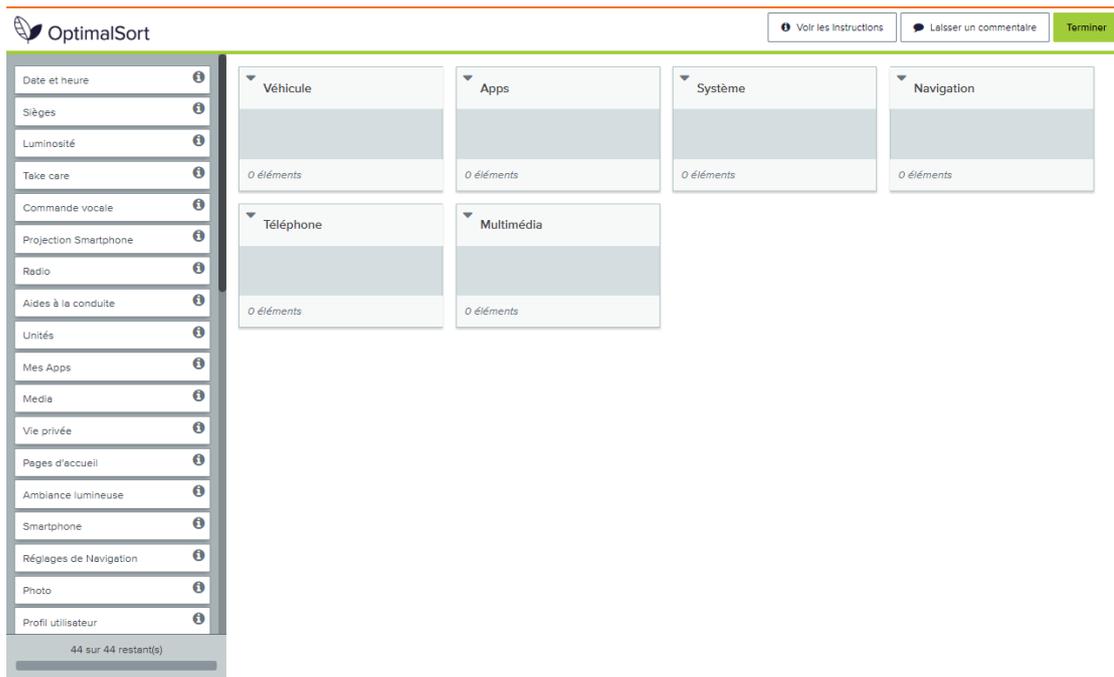


Figure 47. Capture d'écran de l'interface du logiciel OptimalSort.

Enfin, le dernier matériel utilisé dans le cadre de cette étude est un PC. Il nous a permis de collecter les verbatims des participants.

### 6.2.2.3. Procédure

Les sessions de tris sont organisées en salle de réunion, dans les locaux du Technocentre. Les participants sont conviés à venir avec leurs PC afin de réaliser le tri en ligne sur l'outil *OptimalSort*. Le déroulement global de ces sessions est décrit par la figure ci-dessous.

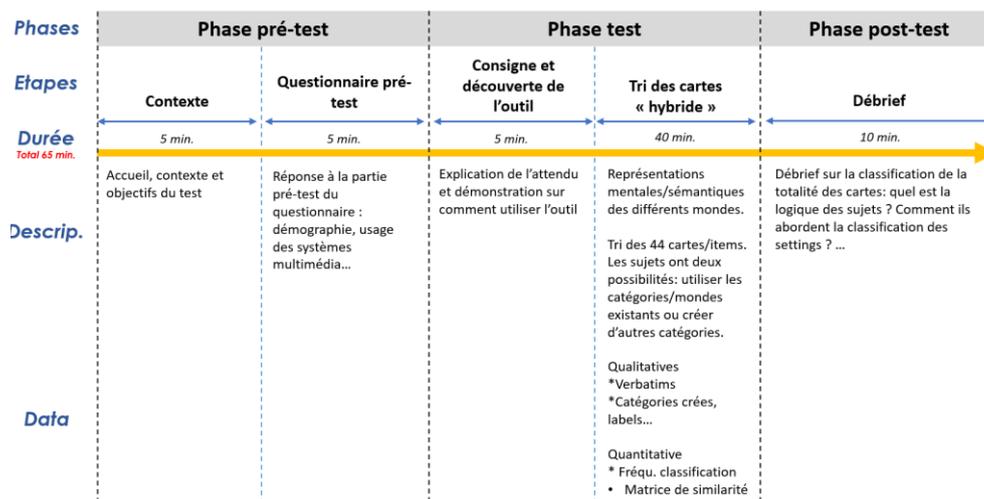


Figure 48. Déroulement des sessions de tris de cartes.

La première phase (prétest) dure environ 10 minutes. Elle consiste à présenter le contexte global et les objectifs de l'étude, puis à remplir la partie prétest du questionnaire.

La deuxième phase (phase test) dure environ 45 minutes. D'abord, il s'agit, après présentation de l'outil *OptimalSort*, de recueillir les représentations mentales et sens suggérés par les labels des six mondes du R-Link 2 (Navigation, Véhicule, Système...). Ensuite, il s'agit de procéder au tri des différentes cartes. Comme indiqué précédemment, dans cette étude, il s'agit d'un tri de cartes hybride. Autrement dit, les participants peuvent classer les cartes soit dans les six catégories préalablement définies (c.-à-d. les six mondes du R-Link 2), soit créer d'autres catégories s'ils estiment cela nécessaire. Par ailleurs, l'ordre de présentation des cartes est randomisé à chaque session pour éviter tout effet d'ordre.

La dernière phase (post-test) dure environ 10 minutes. Ici, il s'agit, sur la base de la classification finale de chaque participant, d'éliciter le raisonnement ayant permis l'organisation des cartes.

#### 6.2.2.4. Données collectées

Dans le cadre de cette étude, nous avons récolté à la fois des données quantitatives (fréquence de classification des cartes, matrice de similarité<sup>51</sup>) et qualitatives (représentations mentales, recommandations des sujets...).

L'analyse quantitative nous a permis de dresser une vue synthétique des classifications des participants. Quant à l'analyse qualitative, elle nous a permis de comprendre leurs représentations mentales et logiques de classification.

### 6.2.3. Résultats

#### **Représentations mentales des participants concernant les différents mondes du R-Link 2**

Le monde *Multimédia* évoque aux participants les fonctions « *gadgets* », non utiles, et qui ne sont pas liées à la conduite, telles que la vidéo et la photo. Exemples de verbatims :

- « *Je ne comprends pas l'utilité* ».
- « *Ça m'évoque aussi les écrans, les vidéos, les photos...* »
- « *Tout ce qui est gadget et qui ne sert pas la conduite* »

Le monde *Apps* évoque aux participants des fonctions tierces téléchargeables sur le R-Link 2. Ces fonctions sont considérées comme étant non importantes et gadgets. Par ailleurs, certains participants estiment que le label « *Apps* » n'est pas explicite et suggèrent le label « *Applications* ». Exemples de verbatims :

- « *Pour moi, c'est des trucs tiers que je télécharge* ».
- « *Ça me paraît gadget. Ça me fait penser à ça.* »
- « *C'est tout ce qui est téléchargeable. C'est des choses qui ne sont pas importantes, c'est du gadget.* »

Le monde *Véhicule* évoque aux participants une notion de réglage/paramétrage des aspects physiques et mécaniques du véhicule. Exemple de verbatims :

- « *Paramètres purement qui agissent sur la dynamique véhicule ; c'est dans véhicule* »

---

<sup>51</sup> Score en pourcentage dérivé de la fréquence de classification des cartes. Le score indique la fréquence d'association de paires de cartes.

- « *Notion de physique et mécanique* »
- « *Pour moi, ça englobe les éléments physiques, non le software* »

Le monde *Système* évoque aux participants une notion de réglages/paramétrages transversaux, qui ne concernent pas une fonction spécifique. Aussi, contrairement au monde *Véhicule*, les participants associent ce monde à des réglages/paramétrages « *software* ». Par ailleurs, certains participants estiment que le label « *Système* » n'est pas « *très parlant* » et suggèrent les labels « *Réglages ; Paramètres ; Paramètres système* ». Exemple de verbatims :

- « *Tout ce qui est paramétrage qui n'est pas à une application particulière je le cherche dans système. Je crée une catégorie "Paramétrages système".* »
- « *J'aurais dit pour modifier ou régler. Ça me fait penser à des réglages génériques. Je pars du principe que le système gère tout au global.* »
- « *Tout ce qui peut être lié à la voiture, paramétrage, réglage de l'heure. C'est le côté software. C'est pour mettre les réglages qui pilotent tout.* »

### **Classifications des cartes**

Le tableau ci-dessous présente la fréquence de distribution des 44 cartes en fonction des catégories prédéfinies (Apps, Multimédia, Navigation, Système, Téléphone, Véhicule) et non prédéfinies (*Not standardized*).

Concernant la catégorie prédéfinie « *Navigation* », on constate un taux global de correspondance au modèle mental des participants de 98%<sup>52</sup>. En effet, on constate que 100% des participants (n=20) ont classé les cartes : « *Destination* », « *Itinéraire* » et « *Trafic* » dans la catégorie prédéfinie « *Navigation* » et que 95% des participants (n=19) ont classé les cartes « *Réglages*<sup>53</sup> » et « *Carte* » dans la même catégorie. Ces résultats suggèrent donc que le monde « *Navigation* » correspond globalement bien au modèle mental des participants.

Concernant la catégorie prédéfinie « *Multimédia* », on constate un taux global de correspondance au modèle mental des participants de 93%. En effet, tous les participants (n=20) ont classé la carte « *Vidéo* » dans cette catégorie ; 95% (n=19) pour la carte « *Photo* » ; 90% (n=18) pour les cartes « *Radio* », « *Média* » et « *Réglages*<sup>54</sup> ». Ces résultats suggèrent donc que le monde « *Navigation* » correspond globalement bien au modèle mental des participants.

---

<sup>52</sup> Ce taux représente le pourcentage de classification des cartes correspondant à l'architecture effective du R-Link 2.

<sup>53</sup> Réglages des fonctions liées à la navigation.

<sup>54</sup> Réglages des fonctions liées au Multimédia.

Tableau 7. Fréquences de distribution des cartes par catégorie.

Name	↑ Apps	↓ Multimédia	↓ Navigation	↓ Système	↓ Téléphone	↓ Véhicule	↓ Not standardized
Affichage		1		9		3	7
Aides stationnement			1	1		13	5
Aides à la conduite				2		13	5
Ambiance lumineuse				3		14	3
Barre de suggestions		1		11		1	7
Carte			19				1
Clavier		4		12			4
Commande vocale		1		11	1		7
Composer numéro					20		
Date et heure	1	3		13			3
Destination			20				
Driving eco2	1		1	1		15	2
Gestionnaire des Apps	17			1	1		1
Historique des appels					20		
Informations système		1		16			3
Itinéraire			20				
Langue		2		13			5
Luminosité		1		9		5	5
Media		18			1		1
Mes Apps	19						1
Multi-Sense				4		15	1
Ordinateur de bord			1	2		15	2
Pages d'accueil				11		1	8
Photo	1	19					
Pression des pneus						20	
Profil utilisateur		1		8		5	6
Projection Smartphone		4		2	14		
R-Link Store	18			1			1
Radio		18					2
Reglages			19				
Règlages				4	17		2
Réglages		18					
Réglages utilisateur				5		11	4
Réinitialisation générale		1		16			3
Répertoire					20		
SMS		1			19		
Sièges						18	2
Smartphone				1	18		1
Take care	4		1			11	4
Trafic			20				
Unités		1	1	12		3	3
Vidéo		20					
Vie privée	1	3		6	1		9
Volume		3		11			6

Concernant la catégorie prédéfinie « Téléphone », on constate un taux global de correspondance au modèle mental des participants de 95%. En effet, tous les participants (n=20) ont classé les cartes « Répertoire », « Historique des appels » et « Composer numéro) dans cette catégorie ; 95% pour la

carte « SMS » ; 90% pour la carte « Smartphone » et 85% pour la carte « Réglages<sup>55</sup> ». Ces résultats suggèrent donc que le monde « Navigation » correspond globalement bien au modèle mental des participants. Par ailleurs, il est à noter que certains participants suggèrent de remplacer le label de la fonction « Smartphone » par « Reconnaissance vocale ».

Concernant la catégorie prédéfinie « Apps », on constate un taux global de correspondance au modèle mental des participants de 68,8%. En effet, 95% des participants ont classé la carte « Mes apps » dans cette catégorie ; 90% pour la carte « R-Link store » ; 85% pour la carte « Gestionnaire des apps » et seulement 5% pour la carte « Vie privée ». Ces résultats suggèrent donc que le monde « Apps » correspond moyennement au modèle mental des participants. Le score est dégradé à cause de la carte « Vie privée » que 60% des participants classent dans une catégorie non prédéfinie « Réglages ». Par ailleurs, il est à noter que certains participants suggèrent de remplacer le label de cette même carte par « Confidentialité ».

Concernant la catégorie prédéfinie « Véhicule », on constate un taux global de correspondance au modèle mental des participants de 67%. En effet, par exemple, tous les participants ont classé la carte « Pression des pneus » dans cette catégorie ; 90% pour la carte « Sièges » ; 75% pour la carte « Multi-Sense » ; 70% pour la carte « Ambiance lumineuse » ; 65% pour les cartes « Aides à la conduite » et « Aides stationnement » et enfin 55% pour la carte « Réglages utilisateur ». Ces résultats suggèrent donc que le monde « Véhicule » correspond, au global, moyennement au modèle mental des participants. Le score est notamment dégradé à cause de la carte « Réglages utilisateur » qu'ils classent dans des catégories non prédéfinies, mais dont le contenu s'apparente à la catégorie « Réglage ». Par ailleurs, il est à noter que certains participants suggèrent de remplacer le label de cette même carte par « Réglages conducteur ».

Enfin, concernant la catégorie prédéfinie « Système », on constate un taux global de correspondance au modèle mental des participants de 51%. En effet, par exemple, 80% des participants ont classé la carte « Informations système » dans cette catégorie ; 55% pour la carte « Volume » ; 40% pour les cartes « Affichage » et « Luminosité » et uniquement 40% pour la carte « Profil utilisateur ». Ces résultats suggèrent donc que le monde « Système » correspond moyennement au modèle mental des participants. Le faible score de correspondance est notamment dégradé à cause du label de la catégorie prédéfinie « Système ». En effet, après analyse des différentes catégories créées par les participants, on constate qu'elles s'apparentent effectivement à la catégorie « Système » mais avec une labélisation différente. D'ailleurs, les participants suggèrent de la renommer par : Réglages, Paramètres, Paramètres système.

### ***Synthèse et proposition d'une nouvelle architecture de l'information***

Sur la base des représentations mentales des participants, de leurs classifications des différentes cartes et suggestions, nous avons tiré un ensemble de recommandations et modifications à apporter à l'architecture de l'information actuelle du R-Link 2. Ces recommandations sont présentées dans le tableau qui suit.

---

<sup>55</sup> Réglages des fonctions liées à la téléphonie.

Tableau 8. Synthèse des résultats du tri de cartes et recommandations associées.

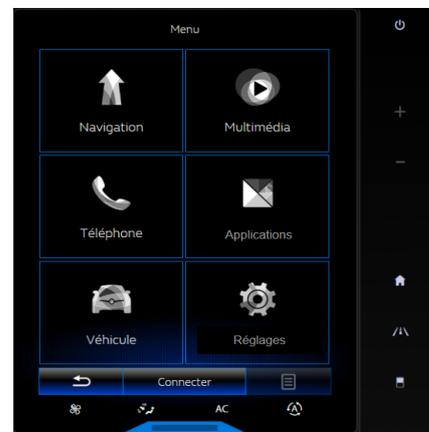
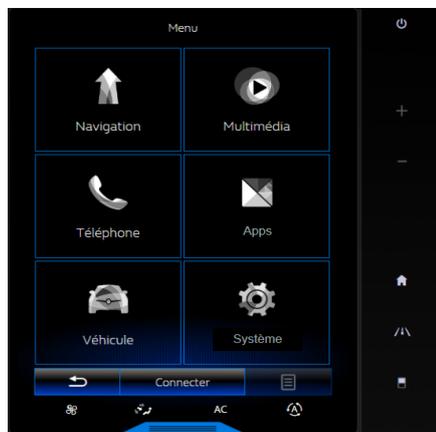
Catégorie	Carte	Classification		Recommandations	
		Fréq. <sup>56</sup>	%	Label	Classification
Navigation <b>98%</b> <sup>57</sup>	Destination	20	100	/	/
	Itinéraire	20	100		
	Trafic	20	100		
	Carte	19	95		
	Réglages	19	95		
Multimédia <b>93%</b>	Radio	18	90	/	/
	Media	18	90		
	Photo	19	95		
	Vidéo	20	100		
	Réglages	18	90		
Téléphone <b>95%</b>	Répertoire	20	100	Remplacer le label de la carte « Smartphone » par « Reconnaissance vocale ».	/
	Historique des appels	20	100		
	Composer numéro	20	100		
	SMS	19	95		
	Smartphone	18	90		
	Réglages	17	85		
Apps <b>68.8%</b>	Mes apps	19	95	Remplacer le label de la carte « Mes apps » par « Mes applications ».	Classer la carte « Confidentialité » dans la catégorie « Réglages »
	R-Link Store	18	90		
	Gestionnaire des apps	17	85		
	Vie privée	1	5	Remplacer le label de la carte « Vie privée » par « Confidentialité »	
Véhicule <b>67%</b>	Ambiance lumineuse	14	70	Remplacer le label de la carte « Réglage utilisateur » par « Réglage conducteur »	/
	Sièges	18	90		
	Multi-Sense	15	75		
	Aides à la conduite	13	65		
	Aides stationnement	13	65		
	Driving eco2	15	75		
	Ordinateur de bord	15	75		
	Take care	11	55		
	Pression des pneus	20	100		
	Réglages utilisateur	11	55		

<sup>56</sup> Fréquence

<sup>57</sup> Taux de correspondance global de la catégorie au model mental des participants.

<b>Système 51%</b>	Pages d'accueil	<b>11</b>	<b>55</b>	Remplacer le label du monde « Système » par « Réglages »	Classer la carte « Réplication smartphone » dans la catégorie « Téléphone ».
	Profil utilisateur	<b>8</b>	<b>40</b>		
	Affichage	<b>9</b>	<b>45</b>	Remplacer le label de la carte « Barre de suggestions » par « Centre de notification ».	
	Luminosité	<b>9</b>	<b>45</b>		
	Volume	<b>11</b>	<b>55</b>		
	Langue	<b>13</b>	<b>65</b>	Remplacer le label de la carte « Projection Smartphone » par « Réplication smartphone ».	
	Clavier	<b>12</b>	<b>60</b>		
	Date et heure	<b>13</b>	<b>65</b>		
	Unités	<b>12</b>	<b>60</b>		
	Commande vocale	<b>11</b>	<b>55</b>		
	Informations système	<b>16</b>	<b>80</b>		
	Barre de suggestions	<b>11</b>	<b>55</b>		
	Réinitialisation générale	<b>16</b>	<b>80</b>		
	Projection Smartphone	<b>2</b>	<b>10</b>		

Au global, nous avons formulé neuf recommandations liées à l'architecture de l'information du R-Link 2. Comme on peut le voir sur le tableau ci-haut, sept de ces recommandations portent sur les labels des menus/fonctions, tandis que deux portent sur la classification des contenus. Par la suite, l'ensemble de ces recommandations est implémenté dans une maquette interactive que nous avons développée avec le logiciel *Axure*. La figure ci-dessous présente quelques captures d'écrans de cette maquette, en la comparant à l'ancienne version du système R-Link 2. La maquette complète est disponible sur ce [lien](#).



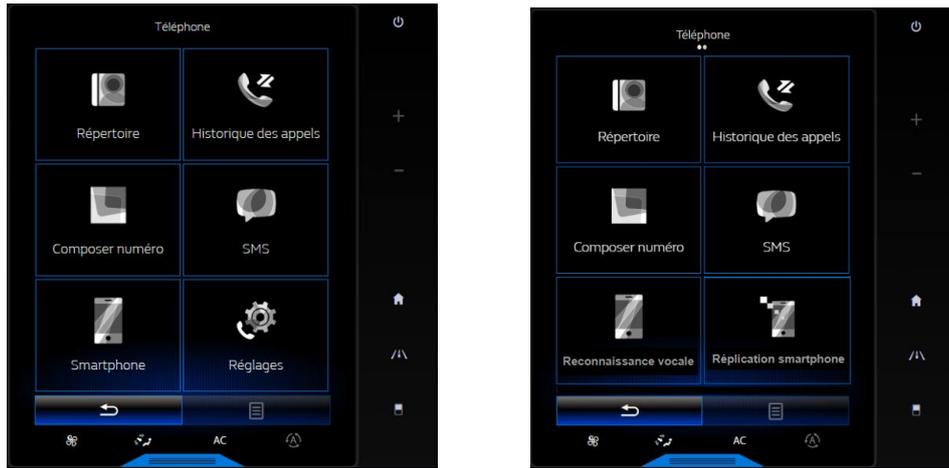


Figure 49. Captures d'écrans de l'ancienne (à gauche) versus nouvelle architecture (à droite) du système R-Link 2.

#### 6.2.4. Discussion

L'objectif de cette étude était double. D'abord, il s'agissait de saisir les représentations mentales des utilisateurs en ce qui concerne, notamment, les labels des différents mondes du R-Link 2. Puis, il s'agissait de proposer une nouvelle architecture de l'information plus adaptée à leur modèle mental.

Pour recueillir les données nécessaires, nous avons conduit un tri de cartes hybride, avec 44 cartes à trier, en sollicitant 20 personnes. Nous avons ainsi collecté des données quantitatives (fréquence de classification des cartes...) et qualitatives (représentations mentales, recommandations des sujets...).

Par la suite, sur la base des données collectées (représentations mentales des participants, de leurs classifications des différentes cartes et suggestions...) nous avons tiré un ensemble de recommandations et modifications à apporter à l'architecture de l'information actuelle du R-Link 2 : sept portent sur les labels des menus/fonctions, tandis que deux portent sur la classification des contenus. Enfin, l'ensemble de ces recommandations est implémenté dans une maquette interactive qui servira pour la prochaine étude.

Toutefois, cette étude présente une limite relative aux participants. En effet, tout comme pour la première étude, l'ensemble des sujets ayant participé à cette étude sont des collaborateurs Renault. Même si leur profil correspond plus ou moins à celui des clients du Groupe Renault, le fait qu'ils travaillent dans le monde automobile peut constituer un biais. En conséquence, afin d'obtenir des résultats encore plus fiables, l'étude pourrait être conduite avec des sujets n'ayant pas de connaissances automobiles.

## 6.3. Test de la nouvelle architecture de l'information du R-Link 2

### 6.3.1. Introduction et objectif

Cette troisième et dernière étude du premier volet du plan d'action consiste en une comparaison de l'architecture de l'information du R-Link 2 actuellement commercialisé *versus* l'architecture conçue à l'aide de la méthode du tri de cartes (c.-à-d. architecture résultante de l'étude précédente).

L'objectif de cette étude est de vérifier l'efficacité de la méthode du tri de cartes en conception de l'architecture de l'information des systèmes automobiles embarqués d'info-divertissement et si, oui ou non, le recours à cette méthode permet un gain significatif d'utilisabilité.

Pour ce faire, nous avons réalisé un test utilisateur dans les locaux du Technocentre à Guyancourt, du 16/05/2019 au 28/05/2019. Le test s'est déroulé sur PC, avec 24 participants. Chaque participant est invité à réaliser **17 tâches** sur chacune des **deux architectures**, en **deux phases**. Pour chaque tâche réalisée, nous avons procédé à des mesures au moyen de diverses variables dépendantes.

### 6.3.2. Hypothèses

La méthode du tri de cartes est une méthode éprouvée par des années de pratique/application dans divers contextes depuis 1985 (Tullis, 1985 ; Sanders & al., 2005 ; McCauley & al., 2005 ; Wentzel & al., 2016), et approuvée par la communauté scientifique/académique (Bastien & Masseroni, 2011 ; Wood & Wood, 2008).

Au vu de ce fait, nous faisons l'hypothèse générale (HG) que la méthode du « tri de cartes » impacte l'utilisabilité des systèmes automobiles embarqués d'info-divertissement de manière positive. Par ailleurs, nous dérivons, sur la base de cette hypothèse générale, les sous-hypothèses suivantes :

- H1 : La nouvelle architecture permet de réduire le **temps de tâche**.
- H2 : La nouvelle architecture permet de réduire le **nombre de clics**.
- H3 : La nouvelle architecture permet réduire le **nombre d'écrans visités**.
- H4 : La nouvelle architecture permet de réduire la **désorientation dans le système**.
- H5 : La nouvelle architecture permet d'augmenter la **logique perçue de l'arborescence** du système.
- H6 : La nouvelle architecture permet d'augmenter la **facilité perçue** du système.
- H7 : La nouvelle architecture permet d'augmenter le **niveau satisfaction**.
- H8 : La nouvelle architecture permet d'augmenter le score **SUS**.

### 6.3.3. Méthodologie

#### 6.3.3.1. Sujets

Les participants à cette étude sont au nombre de vingt-quatre (N=24). Ce sont tous des collaborateurs du Groupe Renault qui travaillent au Technocentre de Guyancourt. Le recrutement s'est fait avec la même procédure que pour les études précédentes : via le « *Club des testeurs* » puis afin de compléter le panel de sujets, nous avons procédé par contact direct en sollicitant certains collaborateurs et leur réseau.

Les participants de sexe masculin représentent 75% (n=18) contre 25% de sexe féminin (n=6). Les participants âgés de 20 à 29 ans constituent 67% (n=16) ; de 30 à 39 constituent 21% (n=5) ; de 40 à 49 ans constituent 8% (n=2) ; de 50 à 59 ans constituent 4% (n=1). Les participants qui travaillent, dans le cadre de leurs fonctions Renault, sur les systèmes d'info-divertissement du Groupe constituent 21% (n=5).



Figure 50. Nuage de mots représentant les fonctions les plus utilisées par les participants ayant un véhicule équipé d'un système d'info-divertissement

Les participants véhiculés représentent 92% (n=22), dont 41% (n=9) sont équipés d'un système d'info-divertissement. Ces systèmes sont utilisés rarement par 11% (n=1), souvent<sup>58</sup> par 22% (n=2) et quotidiennement<sup>59</sup> par 67% (n=6) des sujets. Les fonctions les plus utilisées, comme illustrées par la figure ci-dessus, sont notamment la téléphonie, la radio et la connectivité Bluetooth.

#### 6.3.3.2. Matériel

Pour mener à bien cette première étude, nous avons eu recours à différents moyens : un questionnaire, un logiciel de tests utilisateur (Evalyzer), deux maquettes du système R-Link 2 et, enfin, un PC.

Le questionnaire (cf. annexe 4) et logiciel de tests utilisés dans le cadre de cette étude sont les mêmes que ceux utilisés au cours de la première étude.

Concernant les maquettes du R-Link 2, la première est fidèle au système commercialisé en sa version 2.0, mode portrait. La deuxième maquette est celle développée au cours de l'étude précédente et dont l'architecture de l'information est conçue à l'aide de la méthode du tri de cartes. Les deux maquettes sont disponibles sous les liens suivants : [maquette 1](#) ; [maquette 2](#).

Enfin, le PC, connecté à internet, permet aux sujets de réaliser les différentes tâches sous logiciel Evalyzer qui effectue les différentes mesures de performances définies plus bas.

#### 6.3.3.3. Tâches

Pour définir les tâches/use cases à utiliser dans le cadre de cette étude, nous nous sommes appuyés sur les standards de Renault et Nissan<sup>60</sup>, tout comme pour la première étude (cf. section 6.1.2.3).

<sup>58</sup> 3 à 4 fois par semaine

<sup>59</sup> Chaque fois que le sujet conduit son véhicule.

<sup>60</sup> AEK-B-20026: Evaluation scenario for usability on HMI feature.

Cependant, afin de mesurer l'effet de la méthode du tri de cartes, nous avons défini des tâches spécifiques qui ciblent les changements apportés à l'ancienne architecture du système.

Ainsi, nous avons retenu 17 tâches au total. Des exemples sont fournis dans le tableau ci-dessous ; la globalité des tâches est disponible en annexe 13.

Tableau 9. Exemples de tâches utilisées dans le cadre de troisième étude.

Monde	Tâche	Chemin d'accès dans l'ancienne architecture	Chemin d'accès dans la nouvelle architecture	Remarque
<b>Téléphone</b>	Vous voulez lancer la réplication de vos fonctionnalités smartphone (via Android Auto ou <i>CarPlay</i> ) sur le système multimédia. Comment feriez-vous ?	Menu > <u>Système</u> > Projection <u>Smartphone</u>	Menu > <u>Téléphone</u> > <u>Réplication smartphone</u>	Le label ET la localisation ont évolué dans la nouvelle architecture, à la suite du tri de cartes.
<b>Applications</b>	Vous voulez arrêter/désactiver la collecte et transmission de vos données. Comment feriez-vous ?	Menu > <u>Apps</u> > Vie privée > <u>Partage de données</u>	Menu > <u>Réglage</u> > <u>Confidentialité</u>	Le label ET la localisation ont évolué dans la nouvelle architecture, à la suite du tri de cartes.
<b>Réglages</b>	Vous voulez activer/désactiver les notifications affichées. Comment feriez-vous ?	Menu > système > <u>Barre de suggestions</u>	Menu > Réglage > <u>centre de notification</u>	Le label a évolué pour cette tâche dans la nouvelle architecture, à la suite du tri de cartes.

#### 6.3.3.4. Plan expérimental et mesures

Comme illustré par le tableau ci-dessous, cette étude est construite selon un plan factoriel mixte (inter et intra-sujets) à deux facteurs/variables indépendantes (VI) et quatre conditions expérimentales.

Tableau 10. Plan d'expérience de la troisième étude.

		Phase		
		Phase 1	Phase 2	
Groupe	Groupe 1	OLD-AI-1	NEW-AI-2	<i>Inter-sujets</i>
	Groupe 2	NEW-AI-1	OLD-AI-2	
<i>Intra-sujets</i>				

La première VI (Groupe) correspond aux deux groupes de sujets. La première modalité de cette variable (Groupe 1) correspond au groupe de sujets ayant testé, d'abord, l'ancienne architecture (OLD-AI-1), puis la nouvelle architecture (NEW-AI-2). La deuxième modalité (groupe 2) correspond au groupe de sujets ayant testé, d'abord, la nouvelle architecture (NEW-AI-1), puis l'ancienne architecture (OLD-AI-2).

La deuxième VI (Phase) correspond aux deux phases de l'étude. La première modalité de cette variable (Phase 1) correspond, pour le Groupe 1, au test de l'ancienne architecture du R-Link 2 (OLD-AI-1) et au test de sa nouvelle architecture (NEW-AI-1) pour le Groupe 2. La deuxième modalité (Phase

2) correspond, pour le Groupe 1, au test de la nouvelle architecture du R-Link 2 (NEW-AI-2) et au test de son ancienne architecture (OLD-AI-2) pour le Groupe 2.

Par ailleurs, nous avons eu recours, dans le cadre de cette étude, aux variables dépendantes (VD) définies dans le tableau ci-dessous : quatre variables comportementales et quatre variables attitudinales (logique de l'arborescence, facilité perçue, satisfaction, SUS).

Tableau 11. Variables dépendantes utilisées dans le cadre de la troisième étude.

Type	Mesure	Définition	Remarque
Variables comportementales	Durée	Temps de réalisation de la tâche en secondes.	/
	Clics	Nombre de clics	/
	Parcours	Nombre d'écrans visités pour réaliser la tâche.	/
	Désorientation	Proportion en % des écrans que les sujets ont vus plusieurs fois.	Cette variable est particulièrement intéressante pour mesurer l'impact de l'architecture de l'information sur les performances des utilisateurs.
Variables attitudinales	Logique de l'arborescence	Mesure de la logique d'organisation des contenus recherchés dans l'arborescence du système.	Cette mesure est effectuée à deux moments : post tâche et post test, en demandant au sujet d'évaluer la logique de localisation du contenu recherché, sur une échelle de 1 (pas du tout logique) à 7 (tout à fait logique).
	Facilité perçue	Mesure de la facilité perçue de réalisation des tâches et du système au global.	Cette mesure est effectuée à deux moments : post tâche et post test sur une échelle de 1 (pas du tout facile) à 7 (tout à fait facile).
	Satisfaction	Satisfaction globale vis-à-vis de la facilité d'utilisation du système.	Mesure post-test uniquement, sur une échelle de 1 (pas du tout satisfait) à 7 (tout à fait satisfait).
	SUS	Mesure standardisée de l'utilisabilité du système	/

#### 6.3.3.5. Procédure

Les sessions de tests sont organisées en salle de réunion, dans les locaux du Technocentre. Le déroulement global de ces sessions est décrit par la figure ci-dessous. Comme on peut le constater, elles durent environ une heure et se déroulent en trois phases.

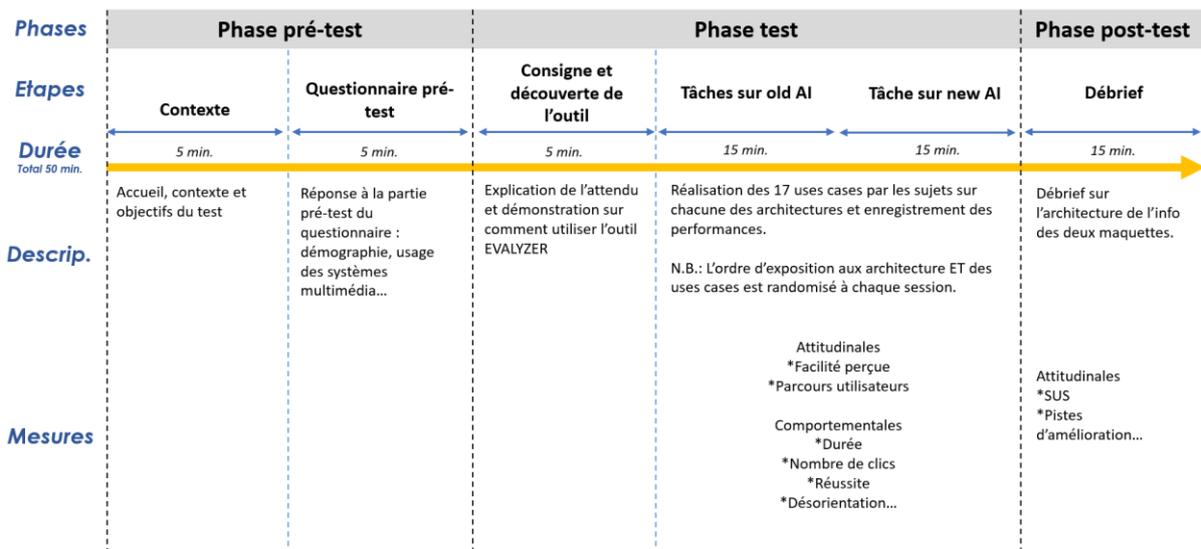


Figure 51. Déroulement de la troisième étude.

La première phase (prétest) dure environ 10 minutes. Elle consiste à présenter le contexte global et les objectifs de l'étude, puis à remplir la partie prétest du questionnaire.

La deuxième phase (phase test) dure environ 35 minutes. Après présentation de l'outil *Evalyzer*, chaque participant réalise les 17 tâches présentées ci-haut deux fois. La moitié des participants (c.-à-d. groupe 1 ; n=12) réalise les tâches d'abord sur l'ancienne architecture, puis sur la nouvelle architecture. A contrario, la deuxième moitié des participants (c.-à-d. groupe 2 ; n=12) réalise les tâches d'abord sur la nouvelle architecture, puis sur l'ancienne architecture. Des mesures comportementales sont effectuées afin de récolter les données de performances lors de la réalisation des tâches. Ensuite, après chaque phase de test, les sujets sont questionnés sur sa facilité perçue ainsi que sur la logique de l'arborescence afin de collecter les données attitudinales. Par ailleurs, afin de neutraliser les effets de *carry-over* (apprentissage, fatigue, effet d'ordre...) entre les deux phases de test, les sujets sont assignés aléatoirement aux deux groupes. De plus, l'ordre des tâches est randomisé à chaque session de test.

La dernière phase (post-test) dure environ 15 minutes. Ici, il s'agit d'abord de remplir la partie post-test du questionnaire, puis de procéder à un débrief sur les deux versions du système afin d'identifier des pistes d'amélioration.

### 6.3.4. Résultats

Afin de vérifier les hypothèses énumérées en section 6.3.2, nous nous appuyons sur l'ANOVA mixte à deux facteurs (2 x 2) avec mesures répétées. Les analyses statistiques sont réalisées sous *STATA SE* version 15.1.

Il est important de noter que les analyses statistiques présentées ici sont effectuées uniquement sur les résultats des tâches dont l'architecture de l'information a évolué, à savoir les tâches N° 5, 6, 8, 9, 13, 14, 16 et 17. Pour plus de détails sur ces tâches, se référer à l'annexe 13.

#### **H1 : La nouvelle architecture permet de réduire le temps de tâche.**

Comme l'illustre le tableau ci-dessous, l'ANOVA mixte à deux facteurs avec mesures répétées révèle un effet de *phase*, de *tâche* et un effet d'interaction *groupe/phase*.

Tableau 12. Résultats de l'ANOVA concernant le temps de tâche.

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	103312.83	31	3332.6719	8.00	0.0000
Groupe	500.57517	1	500.57517	1.20	0.2738
Phase	12452.118	1	12452.118	29.88	0.0000
Task	74112.587	7	10587.512	25.41	0.0000
Groupe#Phase	3582.2321	1	3582.2321	8.60	0.0036
Groupe#Task	5196.2161	7	742.31658	1.78	0.0899
Phase#Task	3163.1049	7	451.87214	1.08	0.3727
Groupe#Phase#Task	4305.9955	7	615.14221	1.48	0.1745
Residual	146688.34	352	416.72824		
Total	250001.17	383	652.74456		

Par ailleurs, grâce à une analyse post hoc, on observe une différence significative entre les deux architectures en termes de temps de réalisation des tâches ( $F(1, 384) = 7.8, p = .0055, \eta^2 = .3$ ).

Tableau 13. Analyse post hoc sur le temps de réalisation des tâches.

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	77694.819	8	9711.8524	21.14	0.0000
ArchiInfo	3582.2321	1	3582.2321	7.80	0.0055
Task	74112.587	7	10587.512	23.04	0.0000
Residual	172306.35	375	459.4836		
Total	250001.17	383	652.74456		

En effet, le temps moyen de réalisation des tâches sur l'ancienne architecture est de 33,8 secondes ( $ET= 27,2$ ), contre 27,7 secondes ( $ET=23,4$ ) sur la nouvelle architecture. On constate donc que les participants réalisent plus vite, et de manière plus homogène, les tâches sur la nouvelle architecture.

Ces résultats suggèrent que la nouvelle architecture permet d'améliorer le temps de tâche en le réduisant significativement.

**H2 : La nouvelle architecture permet de réduire le nombre de clics.**

Comme illustré par le tableau ci-dessous, l'ANOVA mixte à deux facteurs avec mesures répétées révèle un effet des facteurs *phase*, *tâche* et une interaction *groupe/phase*.

Tableau 14. Résultats de l'ANOVA concernant le nombre de clics.

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	4114.6432	31	132.73043	6.17	0.0000
Groupe	33.252604	1	33.252604	1.55	0.2146
Phase	194.08594	1	194.08594	9.02	0.0029
Task	3193.0807	7	456.15439	21.20	0.0000
Groupe#Phase	174.6901	1	174.6901	8.12	0.0046
Groupe#Task	222.26823	7	31.752604	1.48	0.1747
Phase#Task	137.51823	7	19.645461	0.91	0.4963
Groupe#Phase#Task	159.7474	7	22.821057	1.06	0.3886
Residual	7574.0833	352	21.517282		
Total	11688.727	383	30.518868		

Par ailleurs, grâce à une analyse post hoc, on observe une différence significative, comme illustré par le tableau ci-dessous, entre les deux architectures en termes de nombre de clics ( $F(1, 384) = 7.8, p = .0053, \eta^2 = .02$ ).

Tableau 15. Analyse post hoc sur le nombre de clics.

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	3367.7708	8	420.97135	18.97	0.0000
ArchiInfo	174.6901	1	174.6901	7.87	0.0053
Task	3193.0807	7	456.15439	20.56	0.0000
Residual	8320.9557	375	22.189215		
Total	11688.727	383	30.518868		

En effet, le nombre de clics moyen sur l'ancienne architecture est de 8,2 clics ( $ET= 5,7$ ), contre 6,9 secondes ( $ET=5,2$ ) sur la nouvelle architecture. On constate donc que les participants effectuent un peu moins de clics sur la nouvelle architecture. La taille de cet effet est faible.

Ces résultats suggèrent que la nouvelle architecture permet de réduire significativement le nombre de clics nécessaire à la réalisation des tâches.

**H3 : La nouvelle architecture permet de réduire le nombre d'écrans visités.**

Comme illustré par le tableau ci-dessous, l'ANOVA mixte à deux facteurs avec mesures répétées révèle un effet de *phase*, de *tâche* et un effet d'interaction *groupe/phase*.

Tableau 16. Résultats de l'ANOVA concernant le nombre d'écrans visités.

	Number of obs =	384	R-squared =	0.3727	
	Root MSE =	3.45757	Adj R-squared =	0.3175	
Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	2500.4557	31	80.659862	6.75	0.0000
Groupe	11.690104	1	11.690104	0.98	0.3234
Phase	47.460937	1	47.460937	3.97	0.0471
Task	2074.4349	7	296.34784	24.79	0.0000
Groupe#Phase	97.002604	1	97.002604	8.11	0.0047
Groupe#Task	112.78906	7	16.112723	1.35	0.2268
Phase#Task	70.101563	7	10.014509	0.84	0.5566
Groupe#Phase#Task	86.976562	7	12.425223	1.04	0.4031
Residual	4208.0833	352	11.954782		
Total	6708.5391	383	17.515768		

Par ailleurs, grâce à une analyse post hoc, on observe une différence significative, comme illustré par le tableau ci-dessous, entre les deux architectures en termes de nombre d'écrans visités ( $F(1, 384) = 8.02, p = .0049, \eta^2 = .20$ ).

Tableau 17. Analyse post hoc sur le nombre d'écrans visités.

	Number of obs =	384	R-squared =	0.3237	
	Root MSE =	3.47835	Adj R-squared =	0.3093	
Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	2171.4375	8	271.42969	22.43	0.0000
ArchiInfo	97.002604	1	97.002604	8.02	0.0049
Task	2074.4349	7	296.34784	24.49	0.0000
Residual	4537.1016	375	12.098937		
Total	6708.5391	383	17.515768		

En effet, le nombre d'écrans visités sur l'ancienne architecture est de 7,3 écrans ( $ET = 4,4$ ), contre 6,3 écrans ( $ET = 3,8$ ) sur la nouvelle architecture. On constate donc que les participants visitent moins d'écrans en réalisant les tâches sur la nouvelle architecture.

Ces résultats suggèrent que la nouvelle architecture permet de réduire significativement le nombre d'écrans visités.

**H4 : La nouvelle architecture permet de réduire la désorientation dans le système.**

Comme illustré par le tableau ci-dessous, l'ANOVA mixte à deux facteurs avec mesures répétées révèle un effet de *phase*, de *tâche* et un effet d'interaction *groupe/phase*.

Tableau 18. Résultats de l'ANOVA concernant la désorientation dans le système.

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	6.4547497	31	.20821773	6.65	0.0000
Groupe	.10968776	1	.10968776	3.50	0.0620
Phase	.19485026	1	.19485026	6.23	0.0130
Task	4.9268352	7	.70383359	22.49	0.0000
Groupe#Phase	.36321901	1	.36321901	11.61	0.0007
Groupe#Task	.38894766	7	.05556395	1.78	0.0911
Phase#Task	.19056849	7	.02722407	0.87	0.5305
Groupe#Phase#Task	.28064141	7	.04009163	1.28	0.2586
Residual	11.016425	352	.03129666		
Total	17.471175	383	.04561664		

Par ailleurs, grâce à une analyse post hoc, on observe une différence significative, comme illustrée par le tableau ci-dessous, entre les deux architectures en termes de désorientation dans le système ( $F(1, 384) = 11.18, p = .0009, \eta^2 = .02$ ).

Tableau 19. Analyse post hoc sur la désorientation dans le système.

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	5.2900542	8	.66125677	20.36	0.0000
ArchiInfo	.36321901	1	.36321901	11.18	0.0009
Task	4.9268352	7	.70383359	21.67	0.0000
Residual	12.181121	375	.03248299		
Total	17.471175	383	.04561664		

En effet, le taux de désorientation sur l'ancienne architecture est de 0,22 ( $ET = 0,22$ ), contre 0,16 ( $ET = 0,20$ ) sur la nouvelle architecture. On constate donc que les participants sont moins désorientés lors de la réalisation des tâches sur la nouvelle architecture.

Ces résultats suggèrent que la nouvelle architecture permet de réduire significativement la désorientation dans le système.

**H5 : La nouvelle architecture permet d'augmenter la logique perçue de l'arborescence du système.**

Comme illustré par le tableau ci-dessous, l'ANOVA mixte à deux facteurs avec mesures répétées révèle un effet de tâche et des effets d'interaction groupe/phase, groupe/tâche et groupe/phase/tâche.

Tableau 20. Résultats de l'ANOVA concernant la logique perçue de l'arborescence du système.

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	984.26823	31	31.750588	8.52	0.0000
Groupe	1.3776042	1	1.3776042	0.37	0.5437
Phase	4.3776042	1	4.3776042	1.17	0.2793
Task	777.9974	7	111.14249	29.81	0.0000
Groupe#Phase	65.835938	1	65.835938	17.66	0.0000
Groupe#Task	49.851562	7	7.1216518	1.91	0.0670
Phase#Task	31.601563	7	4.5145089	1.21	0.2958
Groupe#Phase#Task	53.226562	7	7.6037946	2.04	0.0496
Residual	1312.4167	352	3.7284564		
Total	2296.6849	383	5.9965663		

Par ailleurs, grâce à une analyse post hoc, on observe une différence significative, comme illustré par le tableau ci-dessous, entre les deux architectures en termes de logique perçue ( $F(1, 384) = 16.99$ ,  $p = .0000$ ,  $\eta^2 = .04$ ).

Tableau 21. Analyse post hoc sur la logique perçue de l'arborescence du système

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	843.83333	8	105.47917	27.23	0.0000
ArchiInfo	65.835938	1	65.835938	16.99	0.0000
Task	777.9974	7	111.14249	28.69	0.0000
Residual	1452.8516	375	3.8742708		
Total	2296.6849	383	5.9965663		

En effet, le score moyen de logique perçue de l'arborescence de l'ancienne architecture est de 4,2 ( $ET= 2,4$ ), contre 5 ( $ET=2,3$ ) sur la nouvelle architecture. On constate donc que l'organisation de l'arborescence de la nouvelle architecture est perçue comme étant plus logique que l'ancienne architecture.

Ces résultats suggèrent que la nouvelle architecture permet d'augmenter de manière significative la logique perçue d'organisation des menus du système.

**H6 : La nouvelle architecture permet d'augmenter la facilité perçue du système.**

Comme illustré par le tableau ci-dessous, l'ANOVA mixte à deux facteurs avec mesures répétées révèle un effet de *phase*, de *tâche* et un effet d'interaction *groupe/phase*.

Tableau 22. Résultats de l'ANOVA concernant la facilité perçue du système.

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	988.35156	31	31.882308	9.19	0.0000
Groupe	1.1484375	1	1.1484375	0.33	0.5655
Phase	18.815104	1	18.815104	5.42	0.0205
Task	824.95573	7	117.85082	33.95	0.0000
Groupe#Phase	50.315104	1	50.315104	14.50	0.0002
Groupe#Task	43.789063	7	6.2555804	1.80	0.0858
Phase#Task	16.955729	7	2.422247	0.70	0.6739
Groupe#Phase#Task	32.372396	7	4.624628	1.33	0.2338
Residual	1221.75	352	3.4708807		
Total	2210.1016	383	5.7705002		

Par ailleurs, grâce à une analyse post hoc, on observe une différence significative, comme illustrée par le tableau ci-dessous, entre les deux architectures en termes de désorientation dans le système ( $F(1, 384) = 14.14, p = .0002, \eta^2 = .04$ ).

Tableau 23. Analyse post hoc sur la facilité perçue du système.

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	875.27083	8	109.40885	30.74	0.0000
ArchiInfo	50.315104	1	50.315104	14.14	0.0002
Task	824.95573	7	117.85082	33.11	0.0000
Residual	1334.8307	375	3.5595486		
Total	2210.1016	383	5.7705002		

En effet, le score de facilité perçue de l'ancienne architecture est de 4,2 ( $ET = 2,3$ ), contre 4,9 ( $ET = 2,3$ ) pour la nouvelle architecture. On constate donc que la facilité perçue de la nouvelle architecture est meilleure que l'ancienne architecture.

Ces résultats suggèrent que la nouvelle architecture permet d'augmenter de manière significative la facilité perçue du système.

**H7 : La nouvelle architecture permet d'augmenter le niveau satisfaction.**

Le score moyen de satisfaction de l'ancienne architecture est de 5,08 ( $ET = 0,92$ ), contre 5,31 ( $ET = 0,99$ ) pour la nouvelle architecture.

On constate donc que la nouvelle architecture satisfait mieux les participants. Cependant, contrairement à ce que nous nous attendions, le test-T ne révèle pas d'effet significatif de l'architecture sur le score de satisfaction ( $t(23) = -1,38, p = 0,09$ ).

Ces résultats suggèrent que la nouvelle architecture n'a pas permis d'augmenter, de manière significative, le score de satisfaction.

**H8 : La nouvelle architecture permet d'augmenter le score SUS.**

Le score SUS moyen de l'ancienne architecture est de 68,02 points (ET= 17,1), contre 72,6 points (ET= 16,6) pour la nouvelle architecture.

On constate donc que la nouvelle architecture obtient un meilleur score d'utilisabilité. Cependant, contrairement à ce que nous nous attendions, le test-T ne révèle pas d'effet significatif de l'architecture sur le score SUS ( $t(23) = -1,50, p = 0,07$ ).

Ces résultats suggèrent que la nouvelle architecture n'a pas permis d'augmenter, de manière significative, le score SUS.

**H9 : la méthode du « tri de cartes » impacte l'utilisabilité des systèmes automobiles embarqués d'info-divertissement de manière positive.**

Nous avons présenté ci-haut les analyses statistiques pour chacune des sous-hypothèses formulées initialement. L'ensemble des résultats est synthétisé par le tableau qui suit.

Tableau 24. Synthèse des résultats statistiques.

	OLD AI		NEW AI		F	p
	M	SD	M	SD		
Nombre d'écrans visités	7,3	4,4	6,3	3,8	8,2	.004*
Temps de tâche	33,8	27,2	27,7	23,4	7,8	.005*
Nombre de clics	8,2	5,7	6,9	5,2	7,8	.005*
Taux de désorientation	0,22	0,22	0,16	0,20	11,18	<.001*
Logique de l'arborescence	4,2	2,4	5	2,3	16,99	<.001*
Facilité perçue	4,2	2,3	4,9	2,3	14,14	<.001*
					t	
Satisfaction	5,08	0,92	5,31	0,99	-1,38	.09
SUS <sup>2</sup>	68,02	17,1	72,6	16,6	-1,50	.07

\*significatif au niveau alpha = 0.05

Comme on peut le constater, deux hypothèses sont rejetées (en orange). En effet, la nouvelle architecture de l'information n'a pas eu d'impact significatif sur la satisfaction ainsi que sur le score SUS, malgré les améliorations constatées. A contrario, six hypothèses sont validées (en vert). En effet, la nouvelle architecture de l'information du système R-Link 2 a eu un impact positif et significatif sur le nombre d'écrans visités, le temps de tâche, le nombre de clics, le taux de désorientation, la logique d'organisation des contenus et, enfin, la facilité perçue.

En conséquence, au vu de ces résultats, nous pouvons raisonnablement conclure que l'hypothèse générale, qui soutient que la méthode du « tri de cartes » impacte l'utilisabilité des systèmes automobiles embarqués d'info-divertissement de manière positive, est partiellement validée.

#### 6.3.5. Discussion

L'objectif de cette étude était de vérifier l'efficacité de la méthode du tri de cartes en conception de l'architecture de l'information des systèmes automobiles embarqués d'info-divertissement. L'hypothèse générale (HG) formulée soutient que cette méthode impacte positivement l'utilisabilité des systèmes embarqués. Cette hypothèse est ensuite déclinée en huit sous-hypothèses.

Pour récolter les données nécessaires à la vérification des hypothèses formulées, nous avons conduit un test utilisateur auprès de 24 sujets. Chaque sujet a réalisé 17 tâches sur deux architectures : une architecture conçue à l'aide du tri de cartes, une autre conçue sans le tri de cartes. Ainsi, nous avons collecté des données de performances (temps de tâche, nombre de clics...) et attitudeles (facilité perçue, SUS...).

Les analyses statistiques des données collectées suggèrent que, malgré l'amélioration constatée, le recours à la méthode du tri de cartes n'a pas eu d'impact significatif sur la satisfaction (H7) ainsi que sur le score SUS (H8). A contrario, les analyses montrent bien un impact positif et significatif sur le nombre d'écrans visités (H3), le temps de tâche (H1), le nombre de clics (H2), le taux de désorientation (H4), la logique d'organisation du système (H5) et la facilité perçue (H6). Alors, au vu de ces résultats, nous concluons que l'hypothèse générale (HG) est partiellement validée.

Toutefois, cette troisième étude présente, tout comme la première étude, certaines limites. La première est liée aux participants. En effet, tous les sujets ayant participé à cette étude sont des collaborateurs du Groupe Renault. Même si leur profil correspond plus ou moins à celui des clients du Groupe, le fait qu'ils travaillent dans le monde automobile peut constituer un biais. Afin d'obtenir des résultats encore plus fiables, l'étude pourrait être conduite avec des sujets n'ayant pas de connaissance de l'automobile. Ensuite, la deuxième limite concerne l'utilisation du SUS, pour deux raisons. La première étant le fait qu'il n'est pas développé pour le contexte spécifique des IHM automobiles, même s'il est utilisé et par les praticiens et par les chercheurs afin de mesurer l'utilisabilité de ce type d'IHM. La deuxième raison réside dans le fait que le SUS n'est finalement pas assez précis quand il s'agit d'évaluer les aspects relatifs à l'architecture de l'information. En effet, même si le SUS permet une évaluation globale du système, aucun des 10 items le composant ne porte directement sur l'architecture de l'information. Afin d'obtenir une évaluation plus fine, qui cible l'architecture de l'information, l'étude pourrait être conduite avec le questionnaire DEEP (Yang & al., 2012), présenté en section 3.2.1.2.

## VII. Études de cas

Nous avons présenté dans le « Chapitre 5 » le diagnostic des plaintes clients sur les IHM embarquées du Groupe Renault.

Ce diagnostic a permis de mettre en évidence la problématique du *gap* recherche-pratique en conception et évaluation des IHM automobiles embarquées. Le *gap* principal concerne/se situe notamment autour de la problématique de l'architecture de l'information des systèmes automobiles d'info-divertissement. Les autres *gaps* et carences méthodologiques portent, par exemple, sur la compréhensibilité des pictogrammes, l'évaluation des IHV des boîtes de vitesses automatiques ou encore sur les IHM sonores.

Face à ce constat, nous avons construit un plan de recherche-action composé de deux approches complémentaires et conformes aux deux modalités de production du savoir ergonomique (cf. section 4.2). Dans le chapitre précédent (i.e. Chapitre 6) nous avons présenté les trois études composant l'approche principale du plan d'action, qui est une réponse directe au *gap* recherche pratique portant sur l'architecture de l'information des systèmes automobiles d'info-divertissement.

Dans le présent chapitre, nous présentons une sélection de deux études de cas menées dans le cadre du deuxième volet du plan d'action, correspondant à la deuxième modalité de production du savoir ergonomique (cf. section 4.2). La première étude (cf. section 7.1) porte sur un protocole d'évaluation de la compréhensibilité des pictogrammes et symboles graphiques. La deuxième (cf. section 7.2) porte sur un outil d'évaluation de l'IHM des boîtes de vitesses automatiques.

### 7.1. Pictogrammes et symboles graphiques

#### 7.1.1. Contexte et objectifs

Grâce aux enquêtes clients et le diagnostic présenté dans les chapitres précédents, on sait que la compréhensibilité des pictogrammes est une des dimensions ergonomiques pénalisant la facilité d'utilisation des systèmes d'info-divertissement du Groupe Renault, notamment le R-Link 2.

Par ailleurs, courant janvier 2017, le nouveau système d'info-divertissement du Groupe (*Easy Link*<sup>61</sup>) équipant, par exemple, la nouvelle Clio 5 fut en cours de développement. À cette date, le projet fut en phase de définition des pictogrammes du système. Or, l'équipe « *Ergonomie IHM et Cognitive UX* » n'a pas à disposition une méthode spécifique et standardisée d'évaluation de la compréhensibilité des pictogrammes.

Alors, dans ce contexte, les objectifs de cette intervention/étude de cas sont de :

1. Définir un protocole d'évaluation de la compréhensibilité des pictogrammes/symboles/icones graphiques
2. Déployer le protocole proposé en développement du projet *Easy Link* afin d'évaluer la compréhensibilité d'une sélection de pictogrammes.

---

<sup>61</sup> <https://easyconnect.renault.fr/systems/easy-link>

### 7.1.2. Démarche d'intervention

Comme illustré par la figure ci-dessous, l'intervention s'est déroulée en quatre étapes : état de l'art, définition du protocole, déploiement et, enfin, restitution finale et capitalisation.

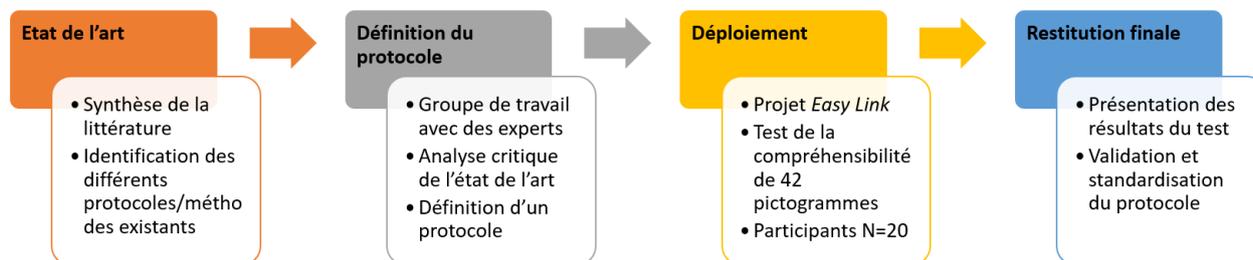


Figure 52. Démarche d'intervention dans le cadre de la 1ère étude de cas.

La première étape, *État de l'art*, a pour objectif d'identifier et synthétiser l'état de l'art en ce qui concerne les méthodes et protocoles d'évaluation de la compréhensibilité des pictogrammes. Ainsi, nous avons pu identifier quatre protocoles différents. Ils sont présentés brièvement dans la section suivante (7.1.3).

La deuxième étape, *Définition du protocole*, a pour objectif de définir un protocole qui va permettre d'évaluer la compréhensibilité des pictogrammes. Pour cela, les différents protocoles et méthodes identifiés lors de l'étape précédente sont passés en revue au sein d'un groupe de travail composé d'experts internes en ergonomie.

La troisième étape, *Déploiement*, a pour objectif de tester le protocole défini précédemment en développement du projet *Easy Link*. Ainsi, un test auprès de 20 participants a été conduit afin d'évaluer la compréhensibilité de 42 pictogrammes.

Enfin, la dernière étape, *Restitution finale*, a pour objectif de présenter les résultats du test conduit précédemment ainsi que le protocole final standardisé.

### 7.1.3. Résultats

Nous présentons ici les résultats en fonction des différentes étapes de l'intervention.

#### **Première étape de l'intervention : état de l'art**

La première étape a permis d'identifier cinq méthodes et protocoles d'évaluation de la compréhensibilité des pictogrammes/symboles/icones. L'ensemble de ces protocoles est disponible en annexe N°11. Ici, nous présentons deux exemples.

Le protocole ISO 9186 (2014) consiste, dans un premier temps, à présenter aux participants trois variantes de chaque pictogramme à évaluer ainsi que leurs contextes d'utilisation. Ensuite, deux questions sont posées aux participants concernant chacune des variantes : *que pensez-vous que ce symbole représente ?* Et, si le pictogramme implique une action, *quelle action convient-il d'exécuter en réponse à ce symbole ?*

Catégorie	Signification
1	Réponse correcte
2a	Réponse erronée
2b	Réponse erronée et contraire à la signification prévue
3	La réponse donnée est «Je ne sais pas»
4	Pas de réponse

Figure 53. Grille de codage des réponses du protocole ISO 9186. Extrait de l'ISO ISO 9186 (2014).

Enfin, les réponses récoltées sont codées en fonction de la grille ci-dessus. La variante ayant le taux de réponses correctes (catégorie 1) le plus élevé est considérée comme la plus compréhensible.

Quant au deuxième protocole identifié, le *Matching Test* (Campbell & al., 2004), il consiste en un test de correspondance entre pictogrammes vs signification. Il s'agit de présenter aux participants les pictogrammes à évaluer ainsi que leurs contextes d'utilisation. Puis on leur présente différentes significations. Enfin, les participants indiquent, selon eux, quel pictogramme correspond à quelle signification.

### Deuxième étape de l'intervention : définition du protocole

Dans cette étape, les différents protocoles et méthodes identifiés sont discutés au sein d'un groupe de travail composé d'experts. Le principe, les points positifs et limites de chaque protocole/méthode sont analysés (cf. annexe 11). Ainsi, nous avons défini un protocole basé sur les principes de l'ISO 9186 (2014) et le *Matching Test* (Campbell & al., 2004) et composé de quatre étapes, comme illustrées par la figure ci-dessous.

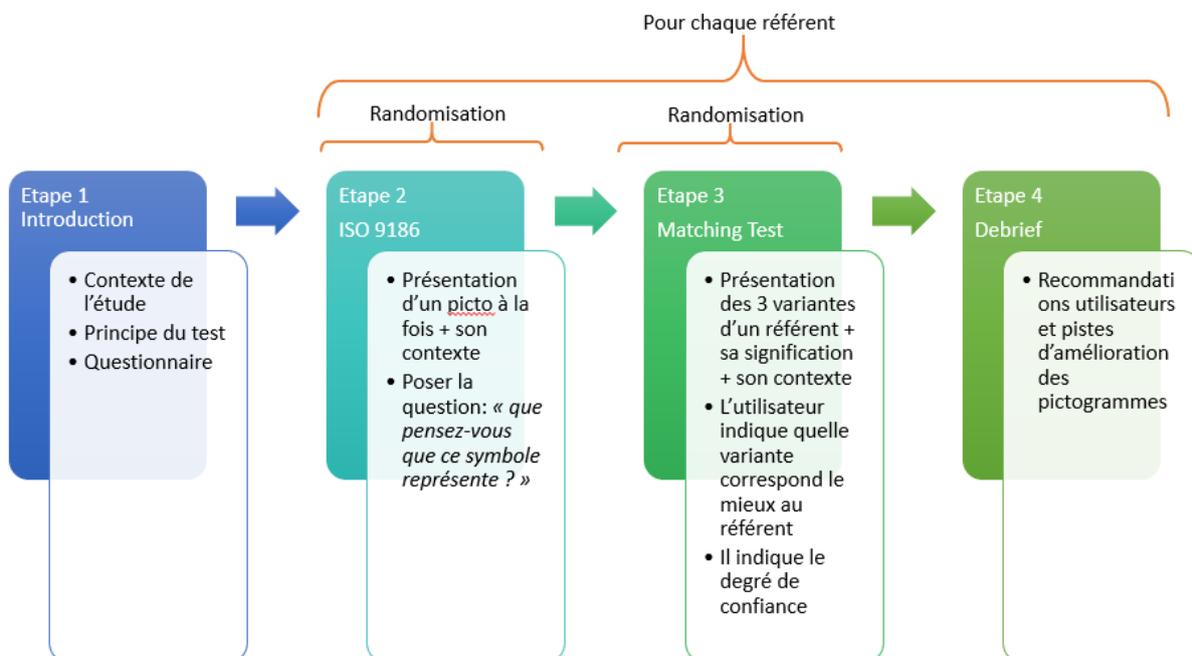


Figure 54. Protocole d'évaluation de la compréhension des pictogrammes retenu.

La première étape est introductive. Elle consiste à expliquer le contexte et principe du test. Puis, il s'agit de remplir un bref questionnaire, notamment pour recueillir les données démographiques des participants.

La deuxième étape du protocole consiste à appliquer le principe de l'ISO 9186 (2014). Chaque variante de pictogramme, une seule à la fois, est présentée avec son contexte d'utilisation. Ensuite, la première question prévue par la norme ISO 9186 est posée : *que pensez-vous que ce symbole représente ?* Cette procédure est ensuite répétée pour chaque variante de pictogramme testée, en veillant à randomiser leur ordre de présentation à chaque session de test. Cependant, l'analyse des réponses n'est pas faite suivant la grille fournie par la norme ISO, mais en s'appuyant sur la grille ci-dessous définie dans le cadre du groupe de travail.

**Tableau 25. Grille de codification des réponses.**

<b>Catégorie</b>	<b>Signification</b>
1	Réponse correcte et complète
2	Réponse correcte mais incomplète
3	Réponse erronée
4	Réponse erronée et sens contraire
5	La réponse donnée est « je ne sais pas ».

La troisième étape du protocole consiste à appliquer le principe du *Matching Test* (Campbell & al., 2004). La signification du pictogramme testé, ses trois variantes ainsi que le contexte d'utilisation pour chacun des pictogrammes sont présentés aux participants. Ensuite, les participants indiquent la variante qui, selon eux, correspond le mieux à la signification du pictogramme. Cette procédure est ensuite répétée pour chaque pictogramme testé, en veillant à randomiser leur ordre de présentation à chaque session de test.

Enfin, la dernière étape du protocole consiste à identifier des pistes d'amélioration et recommandations ergonomiques qui visent à améliorer la compréhensibilité des différents pictogrammes.

### ***Troisième étape de l'intervention : déploiement du protocole***

Dans cette étape, le protocole défini précédemment est testé dans le contexte de développement du projet d'info-divertissement *Easy Link*. Pour cela, nous avons conduit une étude sur PC, en présentiel, afin d'évaluer la compréhensibilité de 42 pictogrammes à implémenter, s'ils sont validés, dans le système *Easy Link*. L'ensemble des pictogrammes évalués est listé dans figure ci-dessous.

Menu contextuel (Open)				Nav/ View and zoom retractable button			
Bouton appel page clim (physique)				Nav/Menu Route: sub menu avoidance area			
MEX/ ambiance tab				Nav/ Menu Route: sub menu route detail			
Ambient lighting				Coverflow			
Display				Album name = Albums			
Edit Home menu 9p				Genres			
Nav/Menu de la navigation icon on guidance map				Apps (icône)			

Figure 55. Liste des 42 pictogrammes testés.

Pour mener à bien cette étude, nous nous sommes appuyés sur un ensemble d'éléments : les pictogrammes à tester, un PC, un livret de présentation des pictogrammes, un livret de recueil de données. La liste des pictogrammes constitue les éléments sur lesquels porte l'étude (cf. figure ci-haut). Le PC permet de présenter aux participants les différents pictogrammes.



Figure 56. Format de présentation des pictogrammes suivant le principe de l'ISO 9186 (2014).

Le livret de présentation des pictogrammes contient les différents pictogrammes présentés sous deux formes : la première est adaptée au test ISO (cf. figure ci-haut), la deuxième au *Matching Test* (cf. figure ci-dessous). Quant au livret de recueil des données, il permet de récolter les réponses, remarques et suggestions des participants.



**Figure 57. Format de présentation des pictogrammes suivant le principe du Matching Test.**

Enfin, concernant les participants, nous en avons recruté pour ce test vingt personnes (N=20). Ce sont tous des collaborateurs Renault qui travaillent au sein du Technocentre. Les participants de sexe féminin représentent 45% (n=9), contre 55% de sexe masculin (n=11). La moyenne d'âge est de 36,2 ans (SD= 11,4).

#### **Quatrième étape de l'intervention : restitution finale**

Les résultats de cette étude de cas ont été restitués lors d'une présentation aux métiers contribuant à la conception et évaluation des pictogrammes graphiques du Groupe Renault : les designers et les ergonomes internes.

Concernant les résultats globaux de l'étude, l'analyse des réponses des participants révèle un taux global de compréhension des pictogrammes de 57%. Cela inclut les réponses de catégories 1 (correcte et complète) et 2 (correcte mais incomplète). Le taux de réponses correctes et complètes est de 24%. Le taux de réponses correctes mais incomplètes est de 33%. Le taux de réponses erronées est 22%, alors que le taux de réponses « je ne sais pas » est de 21%.

Concernant l'analyse détaillée des résultats, nous avons synthétisé les données récoltées pour chaque pictogramme sous un format standardisé. La figure ci-dessous présente un exemple portant sur le pictogramme « Affichage ».

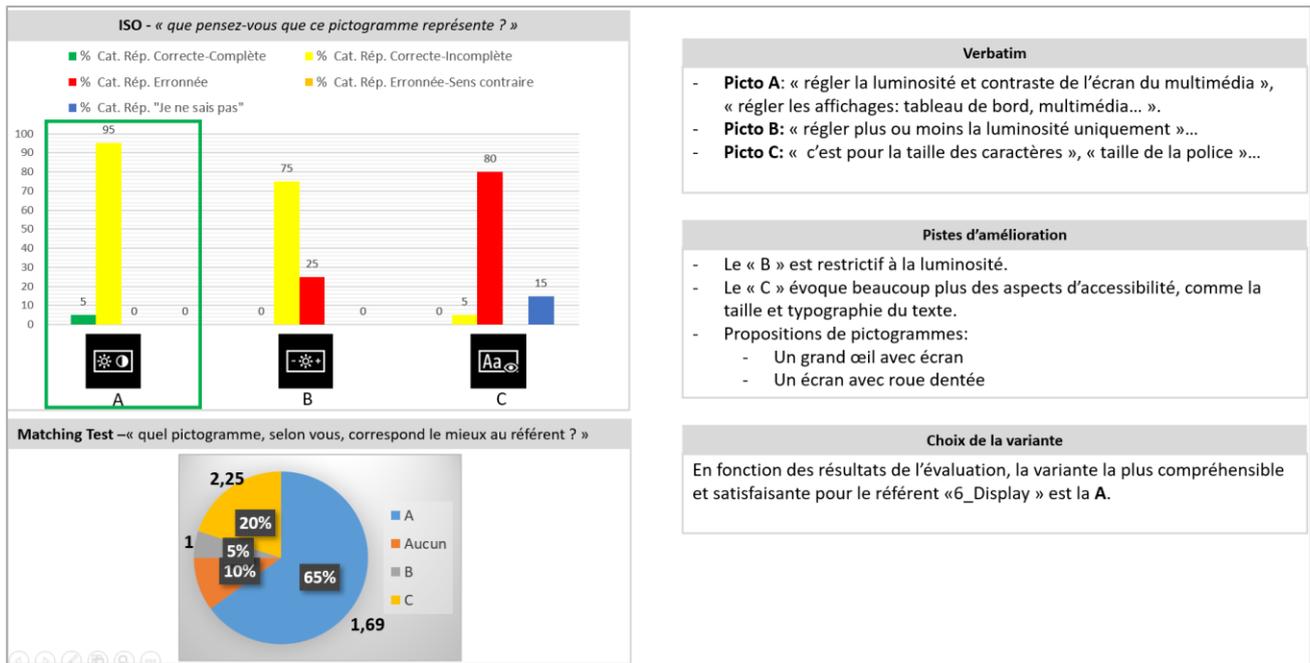


Figure 58. Format standardisé de présentation des résultats détaillés pour chaque pictogramme.

Le cadran en haut à gauche, cadran ISO, présente les résultats de l'étape 2 du protocole. Pour chacune des variantes testées pour le pictogramme « Affichage », les taux de réponse sont indiqués en fonction de la codification définie précédemment. Par exemple, la variante « A » présente un taux de 95% de « réponses correctes mais incomplètes » et un taux de 5% de réponses « correctes et complètes ». Le deuxième cadran (Matching Test), en bas à gauche, présente les résultats de l'étape 3 du protocole. Dans ce cadran, on indique le taux de correspondance pour chacune des variantes du pictogramme testé. Par exemple, on peut voir sur la figure du cadran Matching Test que la variante « A » est, selon les participants, celle qui correspond le plus à la signification du pictogramme « Affichage ». Le troisième cadran (Verbatims), en haut à droite, rapporte quelques verbatims récoltés à l'aide du livret de récolte des données. Le quatrième cadran (Pistes d'améliorations), milieu à droite, restitue les pistes d'amélioration dégagées du test. Quant au dernier cadran (Choix de la variante), en bas à droite, indique la variante la plus compréhensible en fonction des résultats du test.

	A	B	C
Menu contextuel (Open)	+	☰	⋮
Bouton appel page clim (physique)	☰	☰	☰
MEX/ ambiance tab	☰	☰	☰
Ambient lighting	☰	☰	☰
Display	☰	☰	Aa
Edit Home menu 9p	☰	☰	☰
Nav/Menu de la navigation icon on guidance map	☰	☰	☰

	A	B	C
Nav/ View and zoom retractable button	+	2D	2D
Nav/Menu Route: sub menu avoidance area	☰	☰	☰
Nav/ Menu Route: sub menu route detail	☰	☰	☰
Coverflow	☰	☰	☰
Album name = Albums	☰	☰	☰
Genres	☰	☰	☰
Apps (icône)	☰	☰	☰

Figure 59. Synthèse des résultats. En vert : les pictogrammes validés ; en rouge : les pictogrammes à reconcevoir.

Enfin, après avoir détaillé les résultats pour chaque pictogramme, une synthèse est présentée sous la forme illustrée par la figure ci-haut. Les pictogrammes dont la compréhension est satisfaisante sont validés (en vert). Ils peuvent être implémentés dans le système *Easy Link*. C'est, par exemple, le cas pour le pictogramme « Menu contextuel » dont la variante « C » est jugée compréhensible. A contrario, les pictogrammes dont la compréhension n'est pas satisfaisante (en rouge) doivent être reconçus. C'est par exemple le cas pour le pictogramme « Menu de la navigation » dont la compréhension des variantes n'est pas satisfaisante.

#### 7.1.4. Discussion

Nous avons présenté dans cette section la première étude de cas conduite dans le cadre du deuxième volet du plan de recherche-intervention.

Tout d'abord, nous avons présenté son contexte et ses objectifs. Ensuite, nous avons présenté la démarche d'intervention, composée de quatre étapes, ayant permis de conduire cette étude. Puis, en nous basant sur ces étapes, nous avons rapporté les différents résultats de l'intervention.

Cette étude de cas a permis de répondre à une demande/besoin de terrain concret, enrichir notre réflexion sur le *gap* recherche-pratique et contribuer à sa réduction. En effet, comme rappelé au début de cette section, l'équipe « Ergonomie IHM et cognitive UX » ne disposait pas, à janvier 2017, d'une méthode d'évaluation de la compréhensibilité des pictogrammes. Cette étude de cas a permis d'y pallier en proposant un protocole testé dans le contexte du projet *Easy Link*. Le protocole étant utilisé à l'heure actuelle par l'équipe, nous avons donc contribué à réduire le *gap* recherche-pratique qui, dans ce cas précis, est dû à un manque d'accessibilité/visibilité sur l'existant.

## 7.2. IHM des boîtes de vitesses automatiques

### 7.2.1. Contexte et objectifs

Les véhicules automobiles sont de plus en plus équipés de boîtes de vitesses automatiques (BVA). En fonction des constructeurs et des modèles de véhicules, l'implémentation technique de l'IHM de ce type de boîte (c.-à-d. levier de commande et retours d'informations) peut varier fortement. En effet, on constate, comme l'illustre la figure ci-dessous, une diversité IHM (ex. formes du levier de vitesses, zones d'implantation du levier...) et fonctionnelle (ex. actions de passage des rapports...) importantes.

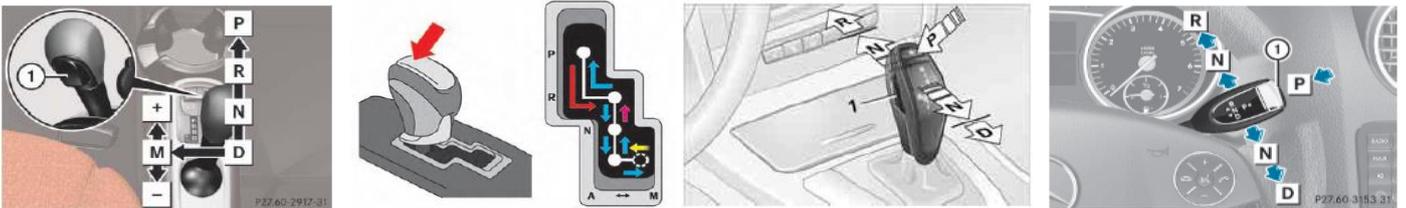


Figure 60. Diversités IHM et fonctionnelle des boîtes de vitesses automatiques. De gauche à droite : Mercedes Smart, Nissan GTR, BMW X5, Mercedes Classe A.

Face à cette multiplicité de solutions techniques et diversité IHM, il est important de pouvoir évaluer et comparer les différentes solutions techniques, du point de vue ergonomique, et se positionner par rapport à la concurrence. Dans ce contexte, cette étude de cas, menée conjointement avec l'ergonome en charge du périmètre BVA, a pour objectif de développer un outil d'évaluation de la qualité ergonomique des IHM de BVA.

Par ailleurs, l'outil doit satisfaire les exigences suivantes : facilité d'utilisation en contexte de développement ; garantir un certain niveau de validité scientifique ; permettre une évaluation quantitative (score d'utilisabilité) afin de comparer plusieurs solutions IHM, se positionner par rapport à la concurrence et communiquer facilement les résultats de l'évaluation.

### 7.2.2. Démarche d'intervention

Comme illustré par la figure ci-dessous, cette étude de cas s'est déroulée en quatre étapes : étude de l'existant, analyse théorique, conception-évaluation et, enfin, validation.

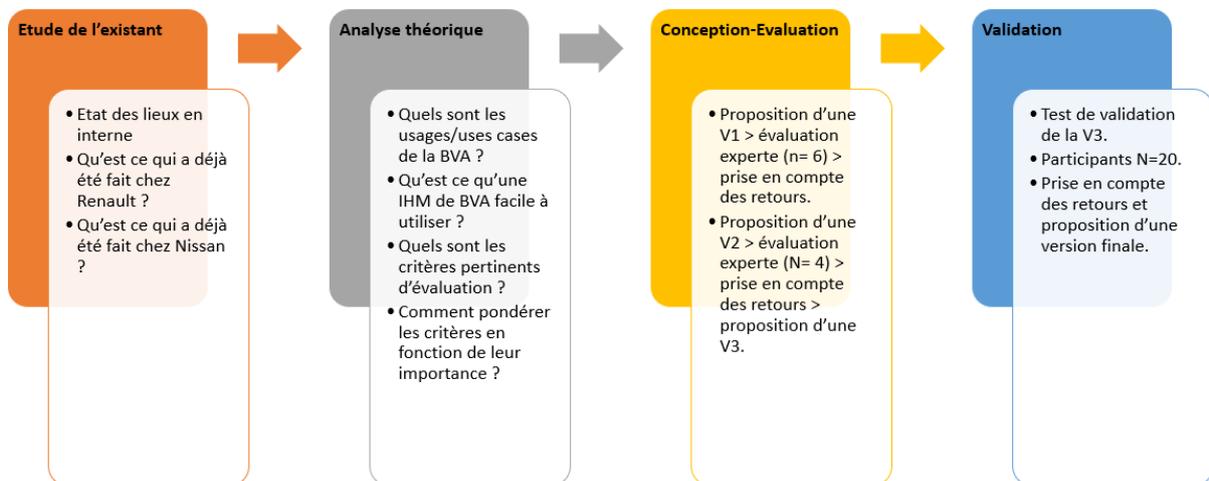


Figure 61. Démarche d'intervention dans le cadre de la 2ème étude de cas.

La première étape, *étude de l'existant*, a pour objectif d'identifier et dresser l'état des lieux interne (Renault et Nissan) des travaux menés sur la question de l'évaluation de l'IHM des BVA. Ainsi, nous avons pu identifier plusieurs tentatives de développement d'outils de cotation des BVA.

La deuxième étape, *analyse théorique*, a pour objectif de cadrer et définir les bases théoriques de l'outil à développer. Il s'agit, plus précisément, de définir ce qu'est l'utilisabilité de l'IHM d'une BVA au travers des dimensions et critères ergonomiques qui l'affectent. Ensuite, il s'agit de définir l'importance relative de chaque dimension et lui attribuer un poids/pondération. Enfin, il s'agit de dresser la liste des uses cases qui permettront de couvrir les usages des BVA et produire une évaluation globale.

La troisième étape, *Conception-Evaluation*, consiste en deux boucles itératives de conception puis évaluation. Sur la base des informations recueillies précédemment, deux versions de l'outil sont générées puis testées. Ces tests consistent en évaluations expertes, avec un nombre de participants limité, en condition réelle d'utilisation. Ensuite, il s'agit d'améliorer et d'enrichir l'outil en prenant en compte les retours des différents experts et, enfin, proposer une V3 de l'outil.

La quatrième et dernière étape, quant à elle, a pour objectif de vérifier la validité de la dernière version de l'outil (V3) sur un semble de critères avec des seuils de validité préalablement définis. Pour cela, nous avons conduit un test utilisateur auprès de 20 participants et mesuré la fiabilité, sensibilité, satisfaction et facilité perçue de l'outil. Ensuite, des recommandations et pistes d'améliorations sont formulées.

### 7.2.3. Résultats

Nous présentons ici les résultats en fonction des différentes étapes de l'intervention.

#### Première étape de l'intervention : état de l'existant.

La première étape a permis d'identifier diverses tentatives internes (Renault et Nissan), non abouties, de création d'outils de cotation des IHM de BVA. Nous présentons ici deux exemples.

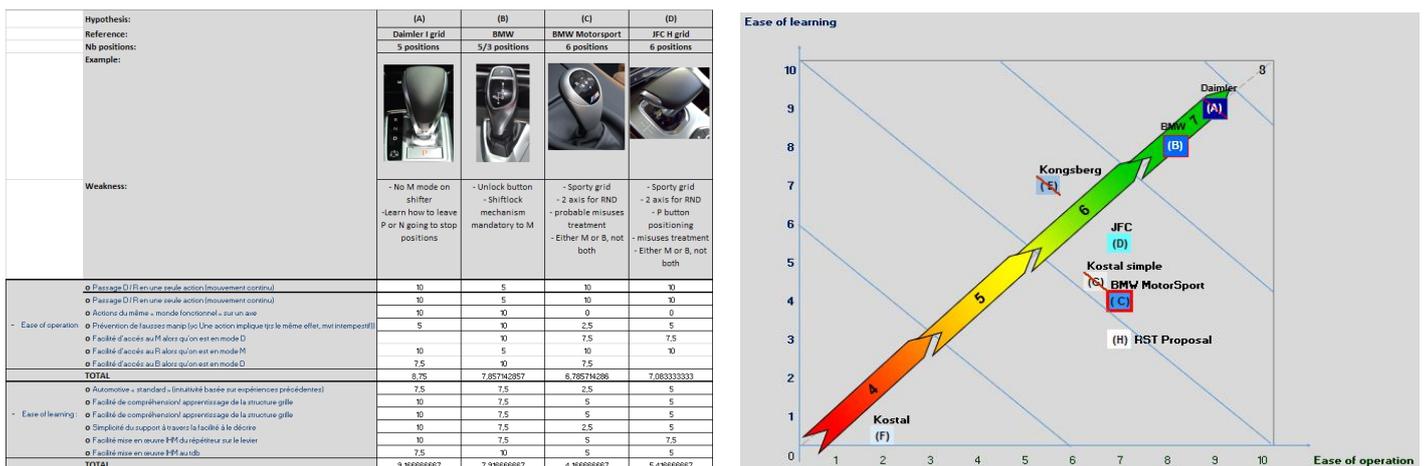


Figure 62. Outil interne Renault de cotation de l'IHM des BVA.

Le premier outil, illustré par la figure ci-haut, est un outil interne à Renault, non validé. Il permet de comparer plusieurs alternatives d'IHM sur deux dimensions : facilité d'apprentissage et facilité d'opération. La facilité d'apprentissage se décline en cinq critères de comparaison :

- Automotive « standard » (intuitivité basée sur expériences précédentes)
- Facilité de compréhension/apprentissage de la structure grille
- Simplicité du support à travers la facilité à le décrire
- Facilité mise en œuvre IHM du répéteur<sup>62</sup> sur le levier
- Facilité mise en œuvre IHM au tableau de bord

Quant à la facilité d’opération, elle se décline en six critères :

- Passage D<sup>63</sup> à R en une seule action (mouvement continu)
- Actions du même « monde fonctionnel » sur un axe
- Prévention de fausses manipulations
- Facilité d'accès au M alors qu'on est en mode D
- Facilité d'accès au R alors qu'on est en mode M
- Facilité d'accès au B alors qu'on est en mode D

À l’aide de cet outil, l’évaluation de l’IHM consiste à attribuer une note de 1 à 10 à chacun des critères listés, en s’appuyant sur la grille standard de cotation subjective de Renault (cf. annexe 2). Ensuite, la moyenne pour chaque dimension est calculée. Le score ainsi obtenu est affiché sur deux axes (cf. figure 66).

Location 配置	Console						
Operation 操作形態	Grab and push/pull			Pick and rotate	Push/pull by finger		
Shift pattern シフトパターン	RND Gate (P independent)	RND Straight (P independent)	RND Straight (P independent)	PRND Straight	PRND Rotation	PRND independent	
Interlock button インターロックボタン	Without	With (lever NOT locked)	With (lever locked)	With (lever locked)	Without	Without	
Example	 Nissan Leaf	 Toyota Prius	 BMW 5	 P71A	 Chrysler Grand Cherokee	 Chrysler 200	 ACURA TLX (Honda Legend)
Rating 評価	Recommended	Acceptable	Recommended	NG	Not recommended	NG	
Eyes off time 前方から目をもちぎ時間	○	○	○	○	○	×	
Intuitive Information display 情報のわかり易さ	○	○	○	○	○	○	
Matching level between solution type and feeling 操作形態と感覚のマチ度合	○	○	○	○	△	×	
Easy to find initial operation 入口のわかり易さ	◎	◎	◎	◎	○	○	
Easy to understand next step 次の操作のわかり易さ	○	△	○	×	△	○	
Easy to understand structure 全体構造のわかりやすさ	○	○	○	○	○	○	
Miss operation avoidance 誤操作のしにくさ (意図しない作動)	○	○	○	○	○	×	

Figure 63. Outil interne Nissan de cotation de l’IHM des BVA.

Le deuxième outil identifié, illustré par la figure ci-haut, est un outil interne de Nissan. L’outil permet de comparer diverses IHM sur un ensemble de sept critères :

- *Eyes off time* (temps de détournement du regard)

62 Le répéteur est la partie physique de l’IHM, au niveau du levier de vitesse, qui indique le rapport engagé.

63 D : mode drive. M : mode manuel. P : mode parking. R : mode reverse (marche arrière). N : mode neutral. B : mode brake (freinage régénératif permettant de récupérer de l’énergie électrique. Disponible uniquement pour les véhicules électrique).

- *Intuitive Information display* (Intuitivité des informations)
- *Matching level between solution type and feeling* (Degré de correspondance entre le fonctionnement attendu et le fonctionnement réel de l'IHM)
- *Easy to find initial operation* (Opération initiale facile à trouver)
- *Easy to understand next step* (Étape suivante facile à comprendre)
- *Easy to understand structure* (Structure facile à comprendre)
- *Miss operation avoidance* (Prévention de fausses manipulations)

À l'aide de cet outil, l'évaluation de l'IHM consiste à apprécier chacun des critères, en s'appuyant sur le codage suivant : ⊙ = exceptionnel, o = ok, △ = partiellement ok et, enfin, x = non ok. Ainsi, il est possible de formuler une appréciation subjective globale de l'IHM.

### **Deuxième étape de l'intervention : analyse théorique.**

Comme rappelé en introduction, cette étape consiste en une analyse des aspects théoriques sous-jacents à l'évaluation de l'utilisabilité de l'IHM des BVA. L'objectif ici est de définir les critères d'évaluation les plus importants ainsi que leurs poids relatifs. Puis, il s'agit de proposer une sélection de uses cases qui permettront de couvrir les usages des BVA afin produire une évaluation globale.

Weigntening system	
<b>Level 4</b>	
Repérage des groupes fonctionnels (commandes et affichages)	0,3
Identification et compréhension immédiate des fonctions et informations	0,5
Facilité de prise en main et/ou sensation d'environnement familier	0,2
Simplicité fonctionnelle des interactions / simplicité	0,3
Confort d'utilisation (Commandes et affichages)	0,7
Distraction visuelle engendrée par l'utilisation des systèmes	0,6
Sollicitation de l'attention engendrée par l'utilisation des systèmes	0,4
<b>Level 3</b>	
Découverte	0,1
Usage au quotidien	0,6
Compta. Avec la conduite	0,3

**Figure 64. Pondération des critères et dimensions d'évaluation de l'IHM des BVA.**

Comme illustré par la figure ci haut, les critères et dimensions retenus sont ceux du modèle d'utilisabilité des IHM embarqués de Renault (cf. annexe 1), plus précisément, les critères de niveau 3 et 4. Nous avons par la suite, après échange avec les ergonomes et experts internes, défini le poids relatif de chaque critère et dimension. Par exemple, on estime que « l'usage au quotidien », critère de niveau 3, est plus important que la découverte lorsqu'il s'agit de l'IHM des BVA. En conséquence, un poids plus important lui est attribué.

En ce qui concerne les uses cases, ils ont été définis selon l'activité de conduite automobile, en fonction de ce qu'effectue le conducteur :

- À l'arrêt : identification de la commande de BVA, identification des fonctions disponibles (P, R, N, D, M, B...), compréhension de la cinématique de changement de vitesses et de modes (ex. de P à D, de D à R) ...

- En roulage : identification des fonctions de marche avant (D, M, B) et de marche arrière (R) ; augmentation et diminution des rapports de vitesses en mode manuel ; changement de mondes (ex. passer de P à R, de D à M...)

Enfin, l'ensemble de ces uses cases est considéré en prenant en compte les cas de mésusages (ex. passage de P à D sans appuyer sur le frein, passage de D à R à vitesse non nulle, manipulation intempestive des commandes, passage de plusieurs rapports de vitesses en mode manuel...) ainsi que des exigences réglementaires/sécuritaires (ex. passage de marche arrière doit être sécurisé...).

**Troisième étape de l'intervention : conception-évaluation itérative.**

Sur la base des éléments et informations recueillis lors des étapes précédentes, deux versions de l'outil sont proposées, puis testées auprès d'un panel limité d'experts.

La première version de l'outil, illustré par la figure ci-dessous, est construite sur la base du modèle d'utilisabilité tridimensionnel de Renault (c.-à-d. facilité de découverte, usage au quotidien et comptabilité avec la conduite) et s'appuie sur le standard interne de cotation subjective pour l'évaluation des différents critères (en haut à gauche sur la figure ci-dessous).

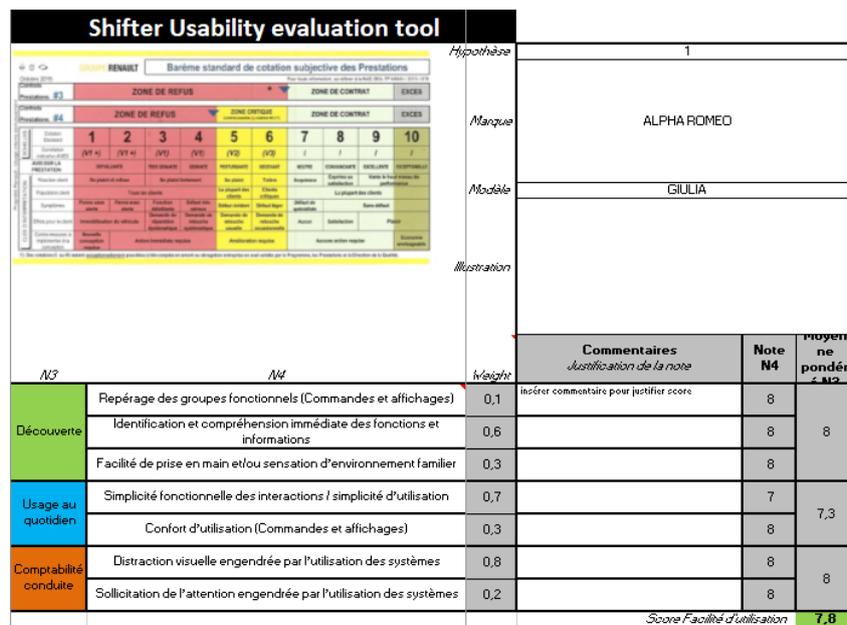


Figure 65. Première version de l'outil de cotation des IHM de BVA.

Chaque dimension se décline en critères plus fins. Par exemple, la découverte se décline en : repérage des groupes fonctionnels, identification et compréhension immédiate des fonctions et informations, facilité de prise en main et sensation d'environnement familier. À l'aide de cette version de l'outil, l'évaluation consiste, après revue de l'IHM cible, à attribuer une note à chacun des sept critères illustrés par la figure ci-haut en s'appuyant sur le standard interne de cotation subjective. Par la suite, des moyennes pondérées sont calculées en fonction du poids de chaque critère et, à lin fin, un score unique d'utilisabilité est fourni.

L'évaluation de cette première version fut réalisée auprès de 6 participants. Tous sont des collaborateurs Renault, experts de l'utilisabilité des IHM automobiles. Pour cela, nous avons demandé aux participants de réaliser une cotation de l'IHM de la BVA du modèle Giulia de la marque Alfa Romeo (cf. figure ci-dessous).



Figure 66. Modèle de véhicule ayant servi à l'évaluation de la première version de l'outil de cotation.

À la suite de l'évaluation du véhicule ci-haut à l'aide de l'outil, nous avons procédé à un débriefing avec les différents participants afin de recueillir leurs remarques et suggestions. Ainsi, les pistes d'améliorations suivantes sont identifiées :

- **Guidage de l'utilisateur** : Inclure les use cases définis, lors de l'étape précédente, directement dans l'outil afin qu'ils guident l'utilisateur de l'outil lors de la cotation.
- **Critères d'évaluation** : Le recours, uniquement, aux critères de niveau 4 pour produire une évaluation n'est pas assez fin. Il est donc nécessaire, afin de produire une évaluation plus précise, de décliner ces critères et recourir au niveau 5 (cf. annexe 1).
- **Système de notation** : Le recours à la grille interne de cotation subjective oriente les utilisateurs lors de la notation. En effet, il est d'usage que la note attribuée à l'aide de cette grille varie, généralement, entre 6 et 8. Il y a donc un risque de biais lors de la notation.

La deuxième version de l'outil prend en comptes les résultats de la première évaluation et est modifiée en conséquence. Comme on peut le voir sur la figure ci-dessous, cette deuxième version repose toujours sur le modèle d'utilisabilité de Renault (cf. première colonne).

N3	N4	Réponse	+	-
Détourner	Repérage des groupes fonctionnels (commandes et affichages)			
	Repère l'ordre de la BV			
	La commande est implantée à un endroit habituel ?	Oui		
	Se forme parment de l'identifier et l'isoler de son environnement ?	Oui		
	Identification et compréhension immédiates des fonctions et informations			
	Identifier les différentes dimensions fonctionnelles			
	J'ai identifié le P ?	Oui		
	J'ai identifié le R ?	Oui		
	J'ai identifié le N ?	Oui		
	J'ai identifié le D ?	Oui		
J'ai identifié le M ?	Oui			
J'ai identifié le S ?	Oui			
J'ai identifié le B ?	Non			
J'ai identifié s'il y avait un shift lock ?	Non			
A l'arrêt	Facilité de prise en main et/ou sensation d'environnement familier			
	Je dirais que je crois être la dynamique de commande puis je vérifie en manoeuvrant le levier (tache)			
A l'arrêt	Passer en ignition on			
	Les manoeuvres sont intuitives et logiques (je ne fais pas d'erreur) ; cinétique du levier intuitive/logique ? / lock	Au moins 1e erreur		
Roulage	Suivre chaque UC et réaliser chaque tâche en roulant...			
	Sortir du stationnement : Passer de (P > D) et/ou de (P>R)			
	Rouler quelques minutes. Retenir tous les modes de traction avant ==> passer de (D-M) (MxMx+1) (MxMx-1) (MxMx-3) (Mx0) (D>R) (B>D)...			
	Effectuer une manoeuvre afin de stationner le véhicule : Passer de (D>R) (R>D) (D>P) ou (R>P)			
	Simplicité fonctionnelle des interactions / simplicité			
	Grille écran tactile	Oui		
	Présence d'un répétiteur	Oui		
	Rapport engagé indiqué dans ToB	Oui		
	Grille complète dans ToB	Non		
	Message d'aide à l'utilisateur	Non		
Après roulage	Confort d'utilisation (Commandes et affichages)			
	La commande est visible (levier et palette). Commande physique n'est pas :	Oui		
	La grille dans la zone commande est lisible.	Oui		
	Le répétiteur est lisible. La led, surbrillance ou fonction répétiteur.	Oui		
	La grille dans le ToB est lisible	Non		
	Le rapport engagé est lisible dans le tableau de bord	Non		
	Les manoeuvres de passage de rapports sont fluides/sans à coup	Oui		
	Détournement visuelle engendrée par l'utilisation des systèmes			
	Le détournement de regard (nombre et amplitude) est faible	Nombre		
	Sollicitation de l'attention engendrée par l'utilisation des systèmes			
Les feed-back sont compréhensibles	Oui			

Figure 67. Deuxième version de l'outil de cotation des IHM de BVA

La deuxième colonne guide l'utilisateur en indiquant les grandes phases de l'évaluation : à l'arrêt, en roulage, après roulage. La troisième colonne, quant à elle, incorpore à la fois les critères de niveau 4 (lignes grisées), les critères de niveau 5 (formulés sous forme de questions dont les réponses sont majoritairement binaires) et, enfin, les uses cases spécifiques aux différents critères (lignes avec le texte en gras et encadré orange). La quatrième colonne, permet à l'utilisateur de répondre aux différentes questions sous forme binaire (oui/non), à l'exception des questions sur le détournement de regard et intuitivité des manoeuvres dont trois modalités de réponses sont possibles. Il est à noter que ce choix est justifié par la volonté de maîtriser au mieux la part de subjectivité/variabilité

interutilisateur. Enfin, les deux dernières colonnes permettent à l'utilisateur d'insérer des commentaires positifs et/ou négatifs concernant l'IHM évaluée.

L'évaluation de cette deuxième version fut réalisée auprès de 4 participants. Tous sont des collaborateurs Renault, experts de l'utilisabilité des IHM automobiles. Pour cela, nous avons d'abord demandé aux participants de réaliser une cotation de l'IHM de la BVA du modèle *Velar* de la marque *Land Rover* (cf. figure ci-dessous) et, ensuite, nous leur avons demandé répondre à un bref questionnaire afin de mesurer la facilité perçue, leur niveau de satisfaction et recueillir leurs suggestions/remarques.



Figure 68. Modèle de véhicule ayant servi à l'évaluation de la deuxième version de l'outil de cotation.

À la suite de l'évaluation du modèle ci-haut à l'aide de l'outil, nous avons procédé à un débriefing avec les différents participants afin d'échanger sur leurs suggestions/propositions. Ainsi, on constate que les forces de l'outil résident en sa simplicité (note moyenne de 4 sur 5, car il guide bien l'utilisateur et est simple à utiliser) avec un niveau de satisfaction élevé (note moyenne de 4,5/5, car la procédure d'évaluation est rapide et simple). A contrario, les faiblesses de l'outil résident notamment dans l'ambiguïté de certaines questions (ex. répéteur, Shift-lock...). Sur la base de ces retours, nous avons dégagé les pistes d'amélioration suivantes à implémenter dans la troisième version de l'outil :

- *Formulation des questions* : formuler les questions de manière plus claire et mettre des notes explicatives concernant certains termes techniques (ex. répéteur, Shift-lock).
- *Autres pistes* : produire un score selon le modèle d'utilisabilité de Nissan (c.-à-d. dimensions : *ease of use* et *safe in use*).

#### **Quatrième étape de l'intervention : validation.**

Cette étape consiste en une validation de la dernière version de l'outil. L'objectif ici est de vérifier qu'il satisfasse un certain nombre de critères (fiabilité, sensibilité, utilisabilité perçue et satisfaction).

Pour cela, nous avons réalisé un test utilisateur, au Technocentre, avec 20 participants. Ces derniers sont invités à évaluer, à l'aide de la V3 de l'outil, deux véhicules différents. Après l'évaluation de chaque véhicule, ils sont invités à répondre à un questionnaire. Ainsi, nous avons collecté les données nécessaires à cette étude.

Comme on vient de l'indiquer, le nombre total de participants est de vingt personnes (N=20). Ce sont tous des collaborateurs Renault qui travaillent au Technocentre de Guyancourt. Les participants de sexe féminin représentent 21%, contre 79% de sexe masculin. La moyenne d'âge est de 38,5 ans (ET = 10).

Pour mener à bien cette étude, nous avons eu recours à différents moyens : *deux véhicules*, la *troisième version de l'outil de cotation des BVA*, un *questionnaire*, deux *clés USB* et deux *PC*. Les véhicules supports consistent, comme illustré par la figure ci-dessous, en une *BMW Active Tourer* (à gauche) et un *Renault Espace 5* (à droite). Il est à noter que, au moins, deux véhicules sont nécessaires afin de collecter les données nécessaires pour valider le critère de sensibilité.



Figure 69. Véhicules utilisés dans la validation de l'outil de cotation des BVA.

Le questionnaire utilisé est composé de quatre parties, comme le montre la figure ci-dessous. Les deux premières parties permettent de collecter les données démographiques et d'usage des BVA par les participants.

Partie 1	1	Nom
	2	Prenom
	3	Année de naissance
	4	Genre
Partie 2	5	Possédez-vous actuellement un véhicule personnel ?
	6	Si oui, quel modèle ?
	7	BVA ou BVM ?
	8	Expérience et familiarité avec les BVA ? (Novice, Habitué, Expert)
Partie 3	9	À l'aide du barème standard de cotation subjective, quel score donneriez-vous à la BVA ?
	10	Dans l'onglet synthèse de l'outil, vous pouvez constater que votre cotation obtient un score d'utilisabilité global de ...% ?
	11	Selon vous, les deux scores (cf. question 1 et 2) sont-ils cohérents (i.e. reflètent ils votre appréciation/ressenti de la BVA testée) ?
	12	Si vous avez répondu "Non" à la question précédente, veuillez expliquer pourquoi ?
Partie 4 (Après cotation des DEUX véhi.)	13	Quel est, selon vous, le niveau de facilité d'utilisation de cet outil ?
	14	Veuillez expliquer votre note de facilité d'utilisation
	15	Quel est votre niveau de satisfaction concernant cet outil ?
	16	Veuillez expliquer votre note de satisfaction
	17	Quel est, selon vous, le niveau de clarté des questions ?
	18	Est-il nécessaire, selon vous, de recourir à plusieurs niveaux/nuances dans les réponses ?
	19	Vous avez ici les scores calculés par l'outil, en fonction des critères de niveau 4, pour les deux BVA des 2 véhicules testés aujourd'hui. Ces scores reflètent-ils, à votre avis, les similitudes et/ou différences entre les 2 BVA ?
	20	Si vous avez répondu "Non" à la question précédente, veuillez expliquer pourquoi ?
	21	Avez des remarques et/ou suggestions à nous faire part ?

Figure 70. Questionnaire utilisé dans la validation de l'outil de cotation des BVA.

Les parties 3 et 4 permettent de collecter les données nécessaires à la validation, notamment, des critères de sensibilité, facilité perçue et satisfaction. Quant aux deux PC (un par expérimentateur), ils permettent de saisir les données directement sur les questionnaires au format Excel et lancer l'outil de cotation des BVA au format Excel. Les données produites sont stockées sur les deux clés USB (une par expérimentateur). Enfin, la version de l'outil (V3) utilisée dans le cadre de cette étude est similaire à la version V2. En effet, elle reprend le même format que la V2 présentée précédemment. La différence réside dans la formulation de certaines questions ainsi que l'apport de notes explicatives des termes techniques peu compréhensibles (ex. répéteur, shift-lock...).

La validation de l'outil consiste à vérifier s'il satisfait aux exigences de fiabilité (capacité de l'outil à produire des scores homogènes pour une seule et même IHM donnée), sensibilité (capacité de l'outil à mettre en évidence les différences et/ou similitudes entre différentes IHM), utilisabilité perçue (niveau de facilité perçue de l'outil) et satisfaction (niveau de satisfaction des utilisateurs de l'outil).

Pour cela, la mesure et seuil de validité de chacun des critères sont définis en amont, comme illustré par le tableau ci-dessous.

Tableau 26. Critères et seuils de validation de l'outil de cotation des BVA.

Critère	Définition	Mesure	Seuil de validité
<b>Fiabilité</b>	Capacité de l'outil à produire des scores homogènes pour une IHM donnée.	Ce critère est mesuré au travers de la disparité/variance des scores de plusieurs participants pour une seule et même IHM. Pour cela l'écart type relatif (%RSD) est utilisé.	%RSD =< 20%
<b>Sensibilité</b>	Capacité de l'outil à mettre en évidence les différences et/ou similitudes entre plusieurs IHM.	Ce critère est mesuré au travers de la déclaration des participants (oui/non) en ce qui concerne la corrélation du score de l'outil et les différences/similitudes entre les deux IHM testées. Cf. question 11.	80% de oui.
<b>Utilisabilité perçue</b>	Niveau de facilité d'utilisation perçue de l'outil.	Échelle de Likert à 5 choix	80% des notes >= à 4.
<b>Satisfaction</b>	Niveau de satisfaction après utilisation de l'outil.	Échelle de Likert à 5 choix	80% des notes >= à 4.

Les sessions de tests sont organisées dans l'enceinte du Technocentre. Elles durent environ une heure et sont composées de deux phases de trente minutes, comme illustrées par la figure ci-dessous.

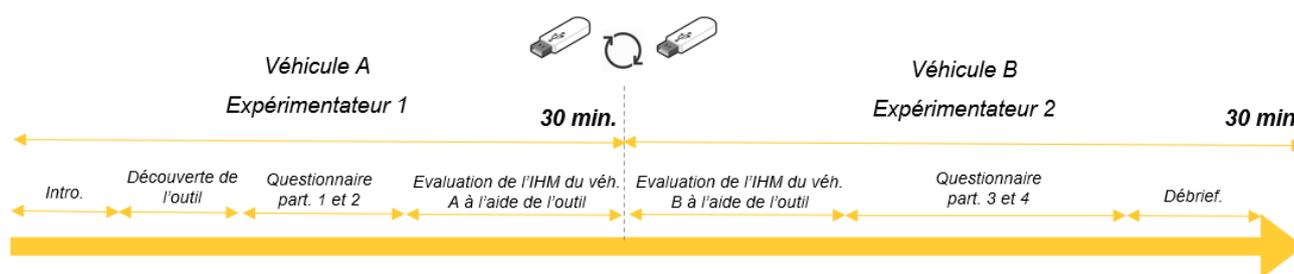


Figure 71. Déroulement des sessions de tests.

La première phase se déroule sur le véhicule « A », avec l'expérimentateur « 1 ». Ici, il s'agit de présenter aux participants le contexte et objectif de l'étude, découvrir l'outil de cotation puis remplir les parties 1 et 2 du questionnaire. Ensuite, il s'agit de procéder à l'évaluation de l'IHM de la BVA du véhicule « A » à l'aide de l'outil. Toutes les données ainsi générées sont enregistrées sur la clé USB fournie aux participants. Cette première phase complétée, les participants passent à la deuxième phase, qui se déroule sur le véhicule « B » avec l'expérimentateur « 2 ». Tout d'abord, il s'agit de procéder à l'évaluation de l'IHM de la BVA du véhicule « B » à l'aide de l'outil. Ensuite, il s'agit de compléter les parties 3 et 4 du questionnaire et, enfin, procéder à un débrief afin notamment de collecter les suggestions/remarques des participants.

Grâce au protocole décrit ci-haut, nous avons pu collecter les données nécessaires à la validation de l'outil proposé, selon des critères et seuils préalablement définis. Le tableau ci-dessous présente les résultats globaux pour chaque critère.

Tableau 27. Résultats globaux du test par critère.

<b>Critère</b>	<b>Seuil</b>	<b>Résultat</b>
<b>Fiabilité</b>	%RSD =< 20%	12,2%
<b>Sensibilité</b>	80% de « Oui »	47,2%
<b>Utilisabilité perçue</b>	80% des notes >= 4	79%
<b>Satisfaction</b>	80% des notes >= 4	73%

Comme on peut le constater, l'exigence de fiabilité est satisfaite. En effet, l'écart type relatif (%RSD) moyen des scores produits par l'outil, pour les deux véhicules testés, est de 12,2% (%RSD pour le Renault Espace 5 = 14,2% ; %RSD pour le BMW Active Tourer = 10,2%). Ces résultats suggèrent donc que l'outil produit une variabilité maîtrisée.

Cependant, l'exigence de sensibilité n'est pas satisfaite. En effet, presque la moitié des participants (47,2%) déclarent que les scores produits par l'outil ne reflètent pas leur ressenti ainsi que les différences et similitudes des deux IHM évaluées. Globalement, les participants estiment que l'outil produit un score « *généreux* », « *très élevé* » qui « *surévalue* » les IHM testées. Pour y palier, les participants suggèrent d'implémenter des questions supplémentaires dans l'outil afin d'augmenter le niveau de détail de l'évaluation et, ainsi, permettre de refléter les différentes et/ou similitude dans le score final.

L'exigence d'utilisabilité, quant à elle, est quasiment satisfaite. En effet, 79% des participants estiment que l'outil est facile à utiliser. Ce taux d'utilisabilité s'explique notamment par la structure et format de l'outil (ex. de verbatims : « *grille préremplie faisant gagner du temps, pas de prise de tête* » ; « *séquence linéaire* »).

Enfin, concernant l'exigence de satisfaction, elle est aussi quasiment satisfaite. En effet, 73% des participants déclarent être satisfaits. Ce taux s'explique notamment par la facilité d'utilisation de l'outil ainsi que le guidage qu'il apporte lors de l'évaluation.

### **Version finale de l'outil.**

L'étude présentée ci-haut a permis de tester la validité de l'outil sur un ensemble de quatre critères (fiabilité, sensibilité, utilisabilité perçue et satisfaction). Les résultats de cette étude ont, ensuite, été présentés à l'équipe « Ergonomie IHM et Cognitive UX ». Ainsi, diverses pistes d'améliorations sont définies, puis implémentées dans la dernière version de l'outil, présenté par la figure ci-dessous.

La version finale est composée de six onglets. Le premier, « *Vehicle ID* », permet de renseigner les informations de base sur la cotation (date, évaluateur...), le véhicule concerné (marque, modèle, année...) ainsi que sur la boîte de vitesses du véhicule (types, rapports disponibles...).

STEP 1 - COTATION EN STATIQUE		
<b>I Repérer l'IHM de la BV</b> <i>Answer</i>		
1	La commande est implantée dans une zone habituelle ?	Yes
2	La forme permet de l'identifier et l'isoler de son environnement	Yes
<b>II Identifier les différentes dimensions fonctionnelles</b> <i>Answer</i>		
NB: Si la réponse à l'un des items est N/A		
3	J'ai identifié la position park, P, de la boîte de vitesse ?	Yes
4	J'ai identifié la marche arrière, R (reverse) ?	N/A
5	J'ai identifié la position point mort, N (Neutral) ?	Yes
6	J'ai identifié la position de marche avant, D (Drive) ?	No
7	J'ai identifié le mode manuel, M (en l'un des positions +/ - ?	N/A
8	J'ai identifié le mode sport, S (sport) ?	No
9	J'ai identifié le mode freinage récupératif, B (brake) ?	N/A
10	J'ai identifié s'il y avait un shift lock ?	Yes
<b>III Décrire la cinématique de changement de rapport puis la vérifier en manoeuvrant le levier</b> <i>Answer</i>		
11	La cinématique correspond à ce qui est attendu? (sans obstacle/sans erreurs)	Less than 3 errors
STEP 2 - COTATION APRES ROULAGE		
Avant de procéder à la suite de la cotation, veuillez effectuer un roulage en sollicitant au maximum la BVA.		
<b>IV Simplicité fonctionnelle des interactions</b> <i>Answer</i>		
12	Y a-t-il des messages d'aides pour les actions à effectuer ?	No
13	La grille proche du levier affiche le rapport engagé (fonction répéteur).	No
14	Le rapport engagé est indiqué dans le TdB.	No
15	La grille de la boîte est complètement affichée au tableau de bord	N/A
16	La grille BVA inscrite proche du levier est rétro-éclairée.	Yes
<b>V Confort d'utilisation (Commandes et affichages)</b> <i>Answer</i>		
17	Les inscriptions se rapportant aux commandes sont lisibles.	N/A
18	Le répéteur est lisible (la LED, surbrillance ou fonction répéteur).	Yes
19	La grille dans le TdB est lisible	Yes
20	Le rapport engagé est lisible dans le tableau de bord	No
21	La(es) commande(s) est (sont) visible(s) (levier et palette)	No
22	Les manoeuvres de passage de rapports sont fluides/sans à	No
<b>VI Distraction visuelle engendrée par l'utilisation des</b> <i>Answer</i>		
23	L'utilisation de la boîte entraîne des détournements de regard impliquant de quitter la route durant un temps plutôt.	Short
24	L'utilisation de la boîte entraîne des détournements de regard impliquant de quitter la route.	Sometimes
<b>VII Sollicitation de l'attention</b> <i>Answer</i>		
25	Les feedback sont...	Easily understood
26	Je suis capable d'utiliser la commande de cette boîte à	No

Figure 72. Capture d'écran de la dernière version de l'outil d'évaluation des IHM de BVA.

Le deuxième onglet, « Cotation », constitue l'onglet principal. Il permet de réaliser l'évaluation, qui se déroule en deux phases : à l'arrêt, puis après roulage. D'abord, la première étape de l'évaluation « STEP 1 – COTATION EN STATIQUE », consiste, à l'arrêt, d'évaluer l'intuitivité et découverte de l'IHM. Ici, il s'agit de répondre à des questions dérivées du « niveau 5 » du modèle d'utilisabilité de Renault portant, par exemple, sur la facilité de repérage de l'IHM de la BVA ou encore l'identification des différents rapports de vitesses (P, R, D, B...). Ensuite, la deuxième étape, « STEP 2 – COTATION APRES ROULAGE », consiste, après roulage et utilisation de la BVA, de répondre à des questions, là aussi dérivées du « niveau 5 » du modèle d'utilisabilité de Renault, qui portent, par exemple, sur la simplicité des interactions, le confort d'utilisation, ou encore la distraction et sollicitation de l'attention par la BVA. Il est à noter que la clarté/compréhension des questions a été retravaillée notamment par des reformulations et en y apportant plus de précisions (explications entre parenthèses, notes explicatives...).

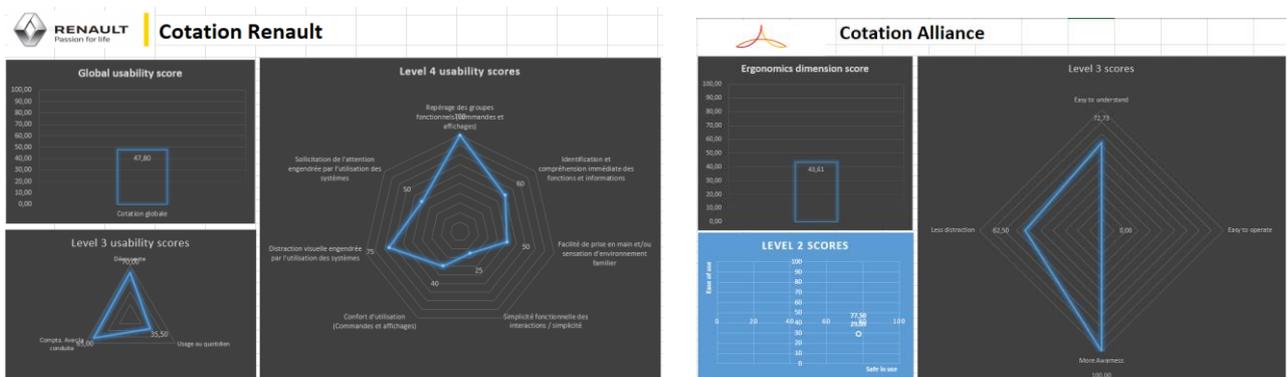


Figure 73. Graphiques des scores de l'évaluation en fonction du modèle d'utilisabilité de Renault (à gauche) et de Nissan (à droite).

Ensuite, en fonction des réponses à chacune des 26 questions, plusieurs scores sont générés (cf. figure ci-haut). Ces scores sont affichés dans les onglets « Renault Scores » et « Alliance Scores ». L'onglet « Renault Scores » affiche les résultats selon le modèle d'utilisabilité de Renault, en fonction des différents niveaux de critères : un score global d'utilisabilité (qui est une moyenne pondérée des critères de niveau 3) ; trois scores en fonction des critères de niveau 3 (qui sont des moyennes pondérées des critères de niveau 4) et enfin sept scores en fonction des critères de niveau 4 (qui sont des moyennes des points des réponses qui s'y rattachent). L'onglet « Alliance Scores », quant à lui, affiche les résultats selon le modèle d'utilisabilité de Nissan. Le calcul des scores est réalisé de la même manière que pour l'onglet précédent.

Par ailleurs, l'onglet « Calculation » permet d'afficher les scores bruts, non mis en forme, pour chacune des questions et chacun des critères des deux modèles d'utilisabilité de Renault et Nissan. Enfin, le dernier onglet « Settings » permet d'effectuer des paramétrages relatifs aux systèmes des scores (modalités de réponses pour chaque question, points attribués pour à chaque réponse...) et des pondérations (poids relatif des dimensions et critères).

#### 7.2.4. Discussion

Nous avons présenté dans cette section, une deuxième étude de cas conduite dans le cadre du deuxième volet du plan de recherche-intervention.

Tout d'abord, nous avons présenté le contexte et objectif de cette intervention. Ensuite, nous avons présenté la démarche d'intervention, constituée de quatre étapes. Puis, en nous basant sur ces étapes, nous avons présenté les différents résultats de l'intervention.

Cette étude de cas a permis, tout comme les autres études cas, de répondre à une demande/besoin de terrain, enrichir notre réflexion sur le *gap* recherche-pratique et contribuer sa réduction.

En effet, comme rappelé au début de cette section, dans un contexte où les IHM des BVA sont multiples et variées, il est important d'avoir un outil qui permet d'évaluer et comparer ces différentes solutions techniques. Or, la littérature scientifique ne propose pas, à notre connaissance, un tel outil. Cette étude de cas a permis de pallier ce fait en proposant un outil, perfectible, suite à plusieurs boucles de conception-évaluation, puis testé auprès de vingt participants. L'outil étant utilisé actuellement par l'ergonome en charge du périmètre des BVA, nous avons donc contribué à réduire le *gap* recherche-pratique qui, dans ce cas précis, est dû à l'absence de littérature scientifique pertinente.



# **PARTIE 4**

# **CONCLUSION**



## VIII. Discussion générale et perspectives

Dans ce dernier chapitre, nous proposons de faire le bilan des travaux conduits dans le cadre de cette thèse.

Tout d'abord, nous commençons par un résumé dans lequel on rappelle le contexte, la problématique, la démarche et les principaux résultats de nos travaux. Ensuite, nous rappelons les différents apports et contributions de nos recherches, du point de vue théorique et industriel. Par ailleurs, nous présentons un ensemble de recommandations visant, in fine, à réduire le *gap* recherche pratique et optimiser le processus de conception centré utilisateur. Enfin, nous évoquerons les limites et perspectives de recherches ouvertes par nos travaux.

### 8.1. Synthèse

Les véhicules automobiles modernes sont dotés d'un nombre considérable et croissant de systèmes embarqués qui deviennent de plus en plus sophistiqués et complexes, notamment avec l'essor de l'électronique et des technologies embarquées. Pour interagir avec ces systèmes, les utilisateurs s'appuient sur leurs IHM qui ont connu, proportionnellement au développement de ces mêmes systèmes, une évolution notable, que ce soit en type ou en complexité.

Dans ce contexte, la qualité ergonomique et l'utilisabilité de ces IHM est un enjeu majeur concernant, à la fois, l'acceptabilité des systèmes embarqués, leur sécurité d'utilisation en conduite ainsi que la satisfaction client. En conséquence, afin de garantir une qualité ergonomique optimale, les constructeurs automobiles, dont le Groupe Renault, ont amélioré et augmenté la logique classique de développement (cycle en V) grâce aux principes de la conception centrée utilisateur (ex. conception itérative, implication des utilisateurs...) et ses moyens (méthodes de conception et d'évaluation, outils...). Or, en dépit de cette approche de développement centrée utilisateur, ils subsistent encore des problèmes d'utilisabilité que les clients expriment sous forme de plaintes, concernant les IHM automobiles embarquées du Groupe.

Dans le cadre de cette thèse, après reformulation de la demande de notre partenaire industriel Renault, nous traitons la question des plaintes clients et défauts ergonomiques sous la problématique du *gap* recherche pratique. On s'est intéressé, plus particulièrement, aux processus et méthodes d'ergonomie cognitive.

Nous avons, tout d'abord, conduit un diagnostic sur les plaintes clients avec une approche inspirée/adaptée de la démarche *Kaizen* et la méthodologie du PDCA et est composée de quatre étapes : Cadrage, Analyse, Investigation et Action. L'étape de cadrage a permis de mettre en exergue le périmètre multimédia, comme porteur d'enjeux ergonomiques conséquents, notamment pour les années à venir. La deuxième étape, Analyse, a permis, après analyse des *feedbacks* sur les différents systèmes multimédias du Groupe Renault, de déterminer les dimensions ergonomiques problématiques qui pénalisent leur utilisabilité, puis de sélectionner le top six pour une analyse plus approfondie dans le cadre de la troisième étape : Investigation. Cette dernière a permis d'identifier puis analyser les processus, méthodes et outils dont se servent les ergonomes internes, notamment pour garantir le respect du top six des dimensions ergonomiques problématiques. Ainsi, nous avons pu mettre en évidence la problématique du *gap* recherche-pratique dans le contexte spécifique de la conception et évaluation des IHM automobiles embarquées ; un *gap* qui concerne notamment

l'architecture de l'information des systèmes d'info-divertissement. En conséquence, dans la dernière étape du diagnostic, nous avons proposé un plan de recherche/action en vue de réduire le *gap* constaté et remédier aux carences méthodologiques identifiées.

Le plan de recherche-action est composé de deux approches complémentaires et est conforme aux deux modalités de production du savoir ergonomique. La première, et principale approche est la réponse directe au *gap* concernant l'architecture de l'information. Elle vise, au travers d'une série de trois études, à tester l'efficacité de la méthode du « tri de cartes » dans le contexte particulier des systèmes automobiles embarqués. La première étude a pour objectif d'identifier, précisément, les composantes problématiques de l'AI actuelle du R-Link 2. La deuxième étude, quant à elle, vise à reconcevoir l'AI du R-Link 2 en s'appuyant sur la méthode du tri de cartes. Enfin, la troisième étude vise à comparer les deux AI pour déterminer, si oui ou non, le tri de cartes a permis une amélioration significative de l'utilisabilité du R-Link 2.

La deuxième approche du plan de recherche-action, secondaire/complémentaire, quant à elle, vise à réduire les *gaps* concernant d'autres aspects ergonomiques des IHM embarquées et questionner les productions de la communauté scientifique, notamment leur pertinence, au travers des besoins des ergonomes praticiens. Dans le cadre de cette approche, plusieurs études de cas ont été conduites. Elles concernent divers périmètres (ADAS, tableau de bord...) et problématiques de conception (utilisabilité de l'IHM des boîtes de vitesses automatiques, compréhensibilité des pictogrammes, IHM sonore...).

## 8.2. Apports

### 8.2.1. Apports théoriques et méthodologiques

#### ***Vers une meilleure compréhension des pratiques et processus industriels en conception et évaluation des IHM automobiles embarquées***

Dans le « chapitre 3 », section 3.1, nous avons présenté les deux philosophies/approches de développement des IHM automobiles embarquées adoptées par les constructeurs automobiles : l'ingénierie système (cycle en V) et la conception centrée utilisateur (CCU). Ensuite, dans le « chapitre 5 », nous avons présenté les spécificités et processus de développement propres à notre partenaire industriel, le Groupe Renault. Ces deux chapitres visent une meilleure connaissance et compréhension des processus industriels de conception et évaluation des IHM automobiles embarquées.

#### ***Synthèses et états de l'art sur les méthodes et pratiques professionnelles en conception de l'expérience utilisateur***

Pour mettre en place les processus décrits dans le cadre de cette thèse, les ergonomes/concepteurs s'appuient sur un ensemble de méthodes. Nous avons, dans le chapitre « chapitre 3 », section 3.2.2, synthétisé les méthodes les plus utilisées en développement des systèmes interactifs, de manière générale, puis les méthodes spécifiques au développement des IHM automobiles embarquées.

Par ailleurs, dans le « chapitre 4 », section 4.3, nous avons procédé à une synthèse des études et enquêtes portant sur l'usage et l'appropriation, par les praticiens, des méthodes de design UX des systèmes interactifs. Cette synthèse a permis d'identifier les méthodes qu'ils plébiscitent, comprendre les pratiques professionnelles en design UX, comprendre comment la profession absorbe les productions scientifiques et identifier des pistes de réflexion qui, à leur tour, aideront à porter une recherche scientifique utile/pertinente et améliorer la pratique de l'ergonomie.

### **Multiples apports concernant la problématique du gap recherche-pratique**

Les apports de notre recherche concernant la problématique du *gap* recherche-pratique sont multiples et à plusieurs niveaux.

En effet, tout d'abord, dans la section 4.4.1, nous avons procédé à un bref **rappel historique sur les origines de cette problématique**. Datant des années 1960, cette problématique a, dans un premier temps, été vérifiée par certains auteurs (Sind-Prunier, 1996 ; Meister, 1999). Ensuite, d'autres études ont porté, par exemple, sur la compréhension du *gap* en analysant les pratiques professionnelles ; sur l'identification des freins d'adoption des connaissances produites par la recherche ; d'autres proposent des solutions pour réduire le *gap* et, enfin, certaines abordent cette question du point de vue spécifique des méthodes ergonomiques.

Ensuite, en section 4.4.2, nous avons synthétisé les **causes du gap recherche-pratique** identifiées dans la littérature scientifique. La cause la plus importante, et la plus citée dans la littérature sont la pertinence des travaux de recherche vis-à-vis des préoccupations/problématiques des praticiens. La deuxième cause est ce que Salas (2008) qualifie de *translation problem* concernant le *reporting* des études scientifiques. La troisième cause porte sur le volume conséquent de ressources scientifiques. En effet, comme le rappelle Chapanis (1967), l'une des tâches les plus difficiles pour un praticien est d'identifier le peu d'informations pertinentes, dans tout l'existant, qui contribueront à résoudre le problème de conception auquel il fait face. Enfin, concernant les méthodes ergonomiques, Shorrock et Williams (2016) ont identifié trois contraintes fondamentales qui freinent leur application : accessibilité, utilisabilité et contexte.

Par ailleurs, un des apports majeurs de cette thèse est la **nouveauté du domaine d'analyse de la problématique du gap recherche-pratique**. En effet, comme rappelé précédemment, le *gap* recherche-pratique n'est pas une problématique propre à l'ergonomie. Elle fait l'objet d'investigations dans plusieurs disciplines/domaines (santé, la psychologie...). Cependant, il n'y a pas d'études, à notre connaissance, qui traitent de cette problématique dans le domaine spécifique du développement des IHM automobiles embarquées.

Enfin, comme constaté « dans le chapitre 4 », la majorité des études portant sur le *gap* recherche-pratique consiste en enquêtes auprès de l'une ou des deux communautés de l'ergonomie. Dans le cadre de cette thèse, nous avons **abordé cette problématique d'une manière novatrice**, au travers du diagnostic et l'analyse des plaintes clients (cf. chapitre 5) et à l'aide des méthodologies *Kaizen* et *PDCA*.

## 8.2.2. Apports industriels

### ***Exposition de gaps recherche-pratique et identification de lacunes méthodologiques en conception et évaluation des IHM automobiles embarquées.***

Le diagnostic présenté dans le « chapitre 5 » a permis d'identifier et exposer plusieurs *gaps* recherche-pratique en conception et évaluation des IHM automobiles embarquées. Le *gap* principal concerne/se situe notamment autour de la problématique de l'architecture de l'information des systèmes automobiles d'info-divertissement. Les autres *gaps* portent, par exemple, sur la conception et/ou évaluation de la compréhensibilité des pictogrammes, de l'IHM des boîtes de vitesses ou encore des IHM sonores.

### ***Production de recommandations ergonomiques visant à améliorer l'architecture de l'information des systèmes automobiles d'info-divertissement.***

Suite au diagnostic présenté dans le « chapitre 5 », nous avons mis en place un plan de recherche-action composé de deux approches complémentaires. La première et principale approche, porte sur l'architecture de l'information du système d'info-divertissement du Groupe Renault, le R-Link 2. Elle vise, au travers d'une série de trois études, à tester l'efficacité de la méthode du « tri de cartes » dans le contexte particulier des systèmes automobiles embarqués. Sur la base des trois études, nous avons formulé des recommandations ergonomiques (cf. « Chapitre 6 ») visant à améliorer l'architecture de l'information du système actuel testé, ainsi que les futurs systèmes du Groupe.

### ***Réductions de divers gaps recherche-pratique***

Dans le cadre de cette thèse, nous avons, outre les apports sur l'architecture de l'information des systèmes automobiles d'info-divertissement, contribué à la réduction de divers *gaps*, et ce de multiples manières.

En effet, dans le « Chapitre 7 », correspondant à la deuxième approche du plan de recherche-action, nous avons présenté une sélection de deux **études de cas** visant à réduire les *gaps* concernant d'autres aspects ergonomiques des IHM automobiles embarquées. En section 7.1, l'objectif est de doter l'équipe « *Ergonomie IHM et Cognitive UX* » d'une méthode spécifique et standardisée d'évaluation de la compréhensibilité des pictogrammes. Dans cette optique, nous avons défini un protocole d'évaluation testé au cours du développement du projet *Easy Link* afin d'évaluer la compréhensibilité d'une sélection de pictogrammes. En section 7.2, l'objectif est de doter l'équipe d'un outil d'évaluation des IHM des boîtes de vitesses automatiques. L'outil doit permettant la comparaison de plusieurs solutions techniques du point de vue ergonomique, se positionner par rapport à la concurrence et permettre de communiquer facilement les résultats de l'évaluation. En annexe N°14, nous présentons brièvement 2 autres études de cas non traitées dans le chapitre 7. Par exemple, l'étude cas N°3, portant sur les IHM sonores, a résulté en un guide de conception des IHM sonores, un cahier des charges générique portant sur les IHM sonores ainsi qu'un protocole d'évaluation de la compréhensibilité des IHM sonores.

Outre ces études de cas, notre contribution à la réduction du *gap* recherche-pratique consiste en diverses synthèses, qui sont mises à disposition du Groupe Renault sous forme de **bases de données**. La première base de données porte sur les méthodes. Elle liste et documente les méthodes

d'ergonomie/facteur humain/UX de conception et évaluation identifiées tout au long de la thèse. Au total, elle contient 155 méthodes. La deuxième base de données porte sur les normes. Elle liste et documente les normes, notamment ISO, d'ergonomie des IHM identifiées au cours de la thèse. Au total, la base comporte 75 normes. Enfin, le dernier élément est une bibliothèque Zotero d'environ 300 ressources scientifiques (articles, livres...), classées par thématiques et périmètres fonctionnels.

Toutes ces productions et synthèses visent à favoriser l'accès des ergonomes et concepteurs du Groupe à l'état actuel des connaissances ergonomiques et, ainsi, contribuer à la réduction du gap recherche-pratique.

### 8.3. Recommandations en vue de réduire le *gap* recherche-pratique

Diverses solutions et recommandations sont formulées dans la littérature dans le but de réduire le *gap* recherche-pratique. On en rappelle ici quelques-unes, principalement tirées de (Shorrock & Chung, 2010) et (Chung & Shorrock, 2011), tout en indiquant les actions que nous avons menées dans cette optique.

#### **Recommandation pour les deux communautés**

Pour réduire le *gap* recherche-pratique, la littérature recommande aux deux communautés d'intensifier la collaboration, la communication et le réseautage.

Dans cette optique, nous avons créé un groupe sur le réseau social professionnel LinkedIn ([Automotive UXD](https://www.linkedin.com/groups/13784067/)<sup>64</sup>) qui a pour finalité une **meilleure dissémination de la connaissance ergonomique**, en rassemblant et créant du lien entre les praticiens (ergonomes, ingénieurs, designers...) et chercheurs (en ergonomie, facteur humain...); et en partageant du contenu scientifique (articles, livres...) et technique (normes, brevets...) sur l'expérience utilisateur et les IHM automobiles embarquées.

---

<sup>64</sup> <https://www.linkedin.com/groups/13784067/>

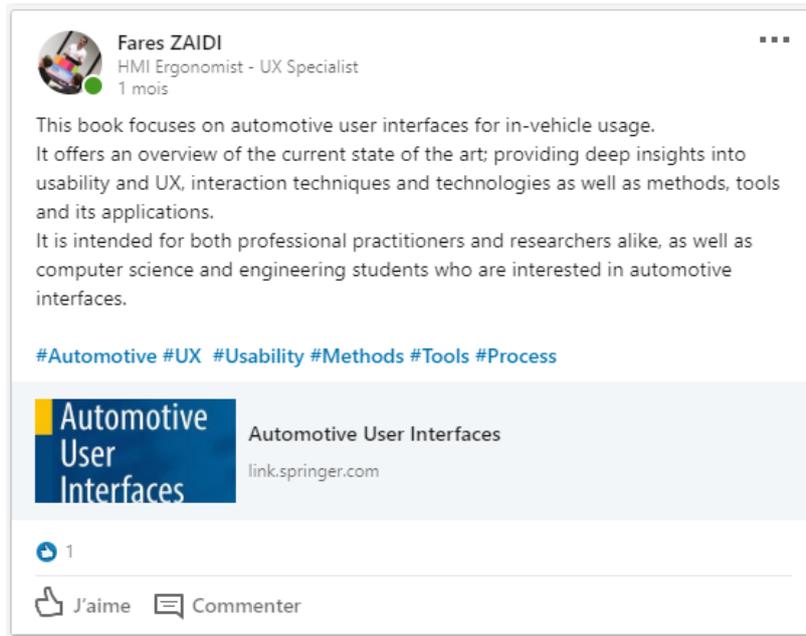


Figure 74. Exemple de publication sur le groupe LinkedIn Automotive UXD.

Lancé depuis début novembre 2019, le groupe comptabilise, à septembre 2020, soixante-seize membres issus du monde académique/recherche (universités, instituts de recherches...) et industriel, notamment du secteur automobile (Renault, PSA, Nissan, Mercedes, Ford, Audi...), et des services (consultants, prestataires...).

### **Recommandation pour les chercheurs**

Pour que les praticiens s'intéressent plus aux travaux des chercheurs, ces derniers doivent s'assurer de la pertinence (c.-à-d. répondre un besoin réel de terrain...) et de la portée pratique de leurs recherches (c.-à-d. méthodologie reproductible sur le terrain...).

Pour une meilleure dissémination de leurs travaux, les chercheurs doivent aussi indiquer les implications pratiques de leurs recherches et fournir des conclusions plus opérationnelles. Le « *Practitioner Summary* » exigé par certains journaux (ex. *Ergonomics*) est une bonne pratique à généraliser par les éditeurs.

## Abstract

Optimising sensory product qualities is a priority for automotive manufacturers when developing human-machine interfaces, as user experience frameworks consider sensory aesthetics to be a main influencing factor of the overall judgement of product appeal. This empirical study examines whether users' overall judgements of product appeal can be predicted from measures of non-visual aesthetic qualities. Ninety-one UK owners of Supermini segment cars assessed five examples of rotary temperature dials. Factor analysis gave four clear factors common across all samples, of which 'unrefined loudness' and 'positivity/precision' predicted up to 26% variance in the hedonic score; both factors were similarly important in the regression models. Significant differences in appeal were observed between the samples; however, there were no effects due to age or gender.

**Practitioner Summary:** The research shows that the overall appeal of automotive rotary dials is partially predicted by their non-visual aesthetics. These findings are applicable to the design of any products where improving the user experience is a goal, as it demonstrates that user experience models are applicable to product domains other than computing and information technology.

Keywords: automotive HMI, user experience, perceived quality, sensory interaction, rotary dials

Figure 75. Exemple de « Practitioner Summary » extrait du journal *Ergonomics*. Article : (Wellings & al., 2012).

Pour réduire le gap recherche pratique, il faudrait que les praticiens aient mieux accès aux ressources académiques. Pour cela, les chercheurs doivent mettre à disposition leurs productions (ex. *preprints*) et les promouvoir activement par différents canaux et médias, autres que les journaux académiques, tels que les réseaux sociaux professionnels.

Enfin, notamment lorsqu'il s'agit de développer de nouvelles méthodes, les chercheurs doivent observer avec plus de rigueur la conception centrée utilisateur, notamment en gardant en tête les utilisateurs finaux (praticiens), leurs contraintes (pression pour produire plus avec moins de moyens...) et contextes dans lesquels ils évoluent (ex. activité qui s'insère dans le cycle en V...). Dans cette optique, les chercheurs peuvent s'appuyer sur certaines exigences/principes telles que : même si le phénomène/construit mesuré est complexe, la méthode ne doit pas l'être ; la méthode doit exiger un niveau de ressources limité (temps, matériel...) et des données facilement récoltables...

### Recommandation pour les praticiens

De l'autre côté du spectre, la littérature recommande aux praticiens d'accroître leur connaissance de l'existant et se l'approprier plus, par exemple, en consacrant plus de temps à la lecture des travaux de recherches.

S'appuyer sur des compilations de l'existant (revues de la littérature, guidelines...) peut s'avérer une solution efficace. Dans le contexte automobile, les productions des institutions telles que la NHTSA, la SAE ou encore l'ISO sont très précieuses dans la dissémination de la connaissance ergonomique. Dans cette optique (c.-à-d. compilation de l'existant) nous avons produit, dans le cadre de cette thèse, deux guides à l'intention des ergonomes et concepteurs du Groupe Renault et plusieurs bases de données (cf. section 8.2.2).

Le premier document est un guide de conception des IHM sonores. Ce document est une synthèse de l'existant, notamment des guidelines qui portent sur les IHM sonores. L'ensemble du contenu est organisé autour des questions que pourrait se poser le praticien : quand faut-il utiliser une IHM sonore ? Quel type d'IHM sonore utiliser ? Comment concevoir une IHM sonore facile à comprendre ? Comment signifier le bon niveau d'urgence perçue au travers de l'IHM ?... Le second guide est une procédure de recherche documentaire. L'objectif ici est de guider le praticien dans la phase de recherche documentaire.

ID	year	perimetre	Référence	Titre	Etat	Prof	Thématique	Description
54	2013	ADAS	ISO 22839-2013	Systèmes intelligents de transport – Systèmes d'atténuation de collision de véhicule frontale – Exigences de fonctionnement, de performance et de vérification	Publiée			
55	2019		ISO/DIS 24560	Ergonomie – Conception accessible – Voyants lumineux sur les produits de consommation	Projet		Accessibilité	Couleurs, luminosité, taille...
56	2019		ISO/DIS 24551	Ergonomie – Conception accessible – Instructions orales pour les produits de consommation	Projet		VR	Commandes vocales
57	2019	CUET/Expertise	ISO 27501	Organisme centré sur l'humain – Lignes directrices pour les dirigeants	Publiée		Process	Le présent document a pour objectif de fournir des exigences et recommandations visant à créer efficacement et durablement un organisme centré sur l'humain sur la base d'une approche orientée sur les facteurs humains et sur l'ergonomie. Il décrit les responsabilités des dirigeants, celles-ci couvrant aussi bien la stratégie organisationnelle que l'élaboration et la mise en œuvre de procédures et processus centrés sur l'humain.
58	2019	ALL	ISO 24508	Ergonomie – Conception accessible – Lignes directrices pour la conception des symboles et caractères tactiles	Publiée		Haptique	This document provides design guidelines and requirements for tactile symbols and characters used for information and marking for people who need non-visual or non-auditory information. It is applicable to products, facilities and equipment in housing and transportation, services and packaging, where tactile symbols and characters may be used.
59	2018	ALL	ISO 10075-1	Principes ergonomiques concernant la charge de travail mental - Partie 1: questions et concepts généraux, termes et définitions	Publiée		Charge cognitive, Mentale	These terms in the field of mental workload, covering mental stress and mental strain, and short- and long-term, positive and negative consequences of mental strain. It also specifies the relations between these concepts involved. In this document, mental workload is regarded as an umbrella or generic term, referring to all the concepts and constructs mentioned in the document and does not have a specified or standardized meaning of its own within the document. This is consistent with the use of the term in ergonomics and its applications, where it can refer to mental stress, mental strain and their effects, i.e. both to the causes and the effects. In this document, the term mental workload will thus not be treated as a technical term but only as a reference to the domain of mental workload.
60		ALL	ISO 10075-2	Principes ergonomiques relatifs à la charge de travail mental - Partie 2: principes de conception	Publiée		Charge cognitive	
61		ALL	ISO 10075-3	Principes ergonomiques relatifs à la charge de travail mental - Partie 3: principes et exigences concernant les méthodes de mesure et d'évaluation de la charge de travail mental	Publiée		Charge cognitive	
62	2011	ALL	ISO 26800	Ergonomie - Approche générale, principes et concepts	Publiée		Ergonomie	ISO 26800:2011 décrit l'approche générale de l'ergonomie et spécifie ses principes et concepts de base. Ceux-ci sont applicables à la conception et à l'évaluation des tâches, des postes, des produits, des outils, des équipements, des systèmes, des organisations, des services, des installations et des environnements afin de les rendre compatibles avec les caractéristiques, les besoins et valeurs, et les capacités et les limites des personnes.

Figure 76. Illustration de la base de données sur les normes d'ergonomie des IHM.

Les bases de données, quant à elles, portent sur divers sujets :

- Méthodes : cette base liste et documente les méthodes d'ergonomie/facteur humain/UX de conception et évaluation identifiées tout au long de la thèse. Au total, elle base contient 155 méthodes.
- Normes : cette base liste et documente les normes, notamment ISO, d'ergonomie des IHM identifiées au cours de la thèse. Au total, la base comporte 75 normes.
- Bibliothèque : bibliothèque Zotero de 300 ressources scientifiques (articles, livres...), classées par thématiques et périmètres fonctionnels.

Enfin, comme rappelé dans les chapitres précédents, le nombre de praticiens qui publient a drastiquement diminué de 36% en 1960, à 3% en 2010 (Chung & Williamson, 2018). Accroître les activités de recherche et les publications pourrait donc contribuer à la réduction du *gap*.

## 8.4. Limites et perspectives

Dans cette section, nous proposons quelques perspectives qui émergent suite à nos travaux.

### ***Élargir l'analyse à d'autres périmètres fonctionnels et facteurs qui expliqueraient les plaintes résiduelles des clients***

Dans le cadre de cette thèse, après reformulation de la demande de notre partenaire industriel Renault, nous avons traité la question des plaintes clients et défauts ergonomiques sous la problématique du *gap* recherche pratique. Plus particulièrement, nous l'avons fait du point de vue des processus, méthodes et outils. Cependant, ***d'autres facteurs pourraient expliquer pourquoi, in fine, il subsiste des plaintes résiduelles***. Ici, nous pensons plus particulièrement aux contraintes de conception, telles que la technologie, la réglementation, le nombre d'interlocuteurs plus ou moins important, les délais/plannings de développement... Ces contraintes ont-elles un effet bénéfique ou, à contrario, défavorable à une conception ergonomique des IHM embarquées ? Permettent-elles, dès l'amont, d'identifier les problématiques ergonomiques ? Conduisent-elles à des compromis qui, tout au long du processus de conception, dégradent au fur et à mesure la qualité ergonomique des IHM embarquées ?...

Par ailleurs, au cours de la première étape du diagnostic (cf. Chapitre 5), nous avons rapidement identifié le périmètre *infotainment* comme porteur de forts enjeux stratégiques pour le Groupe Renault ce qui, de facto, justifie l'intérêt qui lui est porté dans la suite de nos travaux. Cependant, il serait intéressant, dans de futures recherches, de ***déployer la même méthodologie d'analyse des plaintes clients sur d'autres périmètres fonctionnels*** (ex. les ADAS) afin d'identifier d'éventuels *gaps* recherche-pratique et/ou lacunes méthodologiques et y remédier.

En outre, dans le cadre de cette thèse, nous avons l'accent sur les aspects pragmatiques de l'expérience utilisateur. Plus particulièrement, nous nous sommes intéressés, suite aux résultats du diagnostic (cf. Chapitre 5), à la problématique de l'architecture de l'information des systèmes embarqués. Il serait intéressant, dans de futures recherches, ***d'étudier les gaps recherche-pratique portant sur d'autres aspects/problématiques de l'UX des IHM embarquées***, tels que les aspects hédoniques, l'acceptabilité, la confiance, la conscience de situation, etc.

### ***Étudier l'impact du plan de transformation du Groupe Renault, le plan FAST, sur les pratiques méthodologiques des ergonomes/concepteurs.***

Historiquement, le développement des véhicules automobiles se fait de manière **séquentielle**. Dans les années 1990, face à un contexte industriel incertain et hautement concurrentiel, les constructeurs automobiles ont eu recours à l'ingénierie **concourante** (Decreuse, 1998) dans l'optique de réduire le « *time to market* ». En effet, pour devenir plus compétitifs, les constructeurs ont adopté une nouvelle organisation simultanée, concourante et pluridisciplinaire qui se cristallise, entre autres, par des

groupes de travail et des plateaux incorporant divers métiers de l'amont et l'aval. Chez Renault, cette nouvelle organisation a donné naissance, en 1993, à la Renault Twingo première génération<sup>65</sup>.

Les travaux présentés ici sont menés dans ce cadre de développement : concourant et non agile. Or, le Groupe Renault a lancé, le 14 février 2019, le **programme de transformation FAST « Future-Ready At-Scale-Transformation »**<sup>66</sup>. Ce programme est, selon l'ex-directeur général du Groupe, une nécessité pour « embrasser les enjeux de notre industrie et la mobilité de demain » ainsi que les nouvelles tendances à venir, « reposant sur des technologies pointues, en évolution elles aussi constantes, et la vision d'une expérience client plus fluide, intuitive et agréable ». Ainsi, le plan FAST ambitionne de **faire évoluer la façon de concevoir les produits du Groupe** pour que cela devienne **plus agile** et réactif en fonction des tendances du marché. En résumé, tel que rappelé dans le communiqué officiel du Groupe, le plan FAST c'est quatre points essentiels :

- « Un mode de fonctionnement façon « start-up » appliqué à l'ensemble de l'entreprise, inédit pour un groupe de cette envergure. En 2021, 100 % du Groupe Renault sera transformé. »
- « Une attention toujours plus forte portée à la satisfaction de nos clients, leurs attentes d'aujourd'hui et de demain »
- « De nouvelles méthodes, plus agiles (nouvelles compétences et formations associées) pour offrir des produits et services en rupture (accélération du digital, réduction des cycles de développement produit, etc.) »
- « Un programme de transformation au cœur des objectifs du plan stratégique Drive The Future, à horizon 2022 »<sup>67</sup>.

Dans ce nouveau contexte et (r)évolution organisationnelle, il serait intéressant, dans de futures recherches, d'étudier les impacts du plan FAST sur les *gaps* recherche-pratique au sein du Groupe et, de manière plus globale, sur la pratique de l'ergonomie, notamment les pratiques méthodologiques, des concepteurs.

### **Vers la modélisation du processus de dissémination de la connaissance ergonomique**

Comme rappelé précédemment (cf. Chapitre 4), l'approche d'analyse « classique » du *gap* recherche-pratique constaté dans la littérature, consiste globalement à conduire des enquêtes auprès de l'une ou des deux communautés d'ergonomes pour, ensuite, identifier les causes du *gap* et proposer des solutions/recommandations pour le réduire. Cette approche ne permet pas, selon nous, ni de dresser une vision globale du phénomène ni de mettre en évidence la dynamique et connexions existantes entre les deux versants de l'ergonomie.

En conséquence, nous proposons ici une première tentative d'analyse novatrice du *gap* recherche-pratique, qui est une perspective à nos travaux. Cette tentative prône une approche d'analyse globale/systémique permettant d'aborder la problématique du *gap* recherche-pratique dans son ensemble, tout en rendant compte des interactions entre ses différentes composantes. Pour cela, avec notre sensibilité particulière aux processus acquis le long de cette thèse, on propose une

---

<sup>65</sup> Pour plus d'informations sur l'histoire du développement de la Twingo 1<sup>ère</sup> génération, voir l'ouvrage de Christophe Midler « L'Auto qui n'existait pas : Management des projets et transformation de l'entreprise ».

<sup>66</sup> Communiqué officiel : <https://group.renault.com/news-onair/actualites/fast-agir-plus-vite-pour-voir-plus-loin/>

<sup>67</sup> Source : <https://group.renault.com/news-onair/actualites/fast-agir-plus-vite-pour-voir-plus-loin/>

approche d'analyse du *gap* recherche-pratique au travers du processus de dissémination de la connaissance ergonomique, de sa production à son application par les praticiens.

Comme on peut le voir sur la figure ci-dessous, le processus de dissémination de la connaissance opère, selon nous, sur trois espaces : espace académique (où on considère l'ergonomie comme discipline scientifique) ; espace industriel (où on considère l'ergonomie comme une pratique professionnelle) et, enfin, un espace intermédiaire (où, notamment, les deux mondes se rencontrent et interagissent).

Etapes du processus	Espace académique L'E/HF en tant que discipline scientifique		Espace intermédiaire	Espace industriel L'E/HF en tant que pratique professionnel	
	Etape 1 Recherche	Etape 2 Valorisation	Etape 3 Dissémination	Etape 4 Evaluation	Etape 5 Appropriation – Exploitation
Activité	Recherche fondamentale et/ou appliquée qui produit de la connaissance ergonomique.	Publication du savoir produit notamment auprès des pairs.	Faire rencontrer les deux communautés notamment pour le transfert du savoir, au travers de divers canaux.	Recherche, identification et évaluation du savoir qui va contribuer à résoudre le problème de conception.	Appropriation du savoir pertinent et son application dans le développement produit/service.
Acteur - Organisation des équipes	Chercheurs spécialistes de l'ergonomie, du facteur humain... qui évoluent, principalement, au sein d'universités et laboratoires. Les équipes sont organisées, généralement, autour de disciplines et de professeurs, experts du domaine. Le focus est sur la discipline.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sociétés d'ergonomies (IEA, SELF, ES...)</li> <li>• Agences gouvernementales (NHTSA, JAMA...)</li> <li>• Organismes de normalisation (ISO, AFNOR...)</li> <li>• Praticiens-Chercheurs</li> <li>• Editeurs/Bases de données scientifiques</li> <li>• Autres : médias, réseaux sociaux...</li> </ul>	Praticiens avec des profils très hétérogènes : ergonomes, designers, ingénieurs... qui évoluent en industrie, services... Les équipes sont généralement organisées par fonction business (achats, marketing...) avec un focus sur le, ou une partie du produit à développer (ex. partie IHM).	
Temporalité	Plus ou moins long terme.		/	Plus ou moins court terme. Parfois très court terme, car il faut apporter des réponses immédiates à des problèmes spécifiques.	
Perspective - Finalité	Perspective de recherche, avec comme finalité de produire de la connaissance généralisable, sur la base de l'existant, qui dépasse le cas traité à un instant donné.		/	Perspective d'ingénierie, avec comme finalité de produire un produit/système/service qui satisfait un ensemble d'exigence.	
Formalisme	Les productions doivent être très formelles, codifiées, avec notamment une attention particulière au volet méthodologique.		/	Le formalisme n'est pas un but en soi. Les <i>insights</i> et solutions sont plus importantes.	
Mesures de succès	Nombre de publications, avec des bonus en fonction de l'impact factor de la revue/journal.		/	Livraison du produit/des livrables dans le respect des objectifs QCDP <sup>2</sup> .	
Pression - Contrainte	Pression pour publier (Wilson, 2000), notamment dans les revues à fort impact factor.		/	Pression pour produire plus vite possible avec le moins de ressources possible.	
Barrières de dissémination	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pertinence des travaux</li> <li>• Prise en compte des utilisateurs finaux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reporting des études</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accessibilité (bases de données scientifiques payantes...)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volume des ressources existantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilisabilité des ressources (ex. méthodes...)</li> <li>• Nature et culture de l'entreprise</li> </ul>
Solutions - Recommandations	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer que la recherche réponde à un réel besoin</li> <li>• Observer les principes de conception centrée utilisateur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Style d'écriture plus accessible</li> <li>• Indiquer les implications pratiques de la recherche</li> <li>• Fournir des conclusions opérationnelles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensifier la collaboration et le réseautage</li> <li>• Groupe LinkedIn : <a href="#">Automotive UXD<sup>2</sup></a></li> <li>• Démocratiser les « <i>Practitioner Summary</i> » dans les revues/journaux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plus de temps pour la lecture</li> <li>• Compilation de l'existant (revenue de littérature, guidelines...)</li> <li>• Guides et bases de données</li> </ul>	

Figure 77. Processus de dissémination de la connaissance ergonomique : de sa production par les chercheurs à son exploitation par les praticiens.

Les deux premières étapes du processus se déroulent dans l'espace académique. La première étape, « Recherche », consiste à conduire des activités de recherches fondamentales et/ou appliquées. Ici, des chercheurs qui, généralement, évoluent au sein d'universités et laboratoires organisés par disciplines mènent des études afin de produire un savoir/connaissance généralisable. Cette connaissance est ensuite valorisée dans le cadre de la deuxième étape du processus, l'étape « Valorisation ». Il s'agit ici de mettre sous forme de publication (article, communication...) le produit de la phase de recherche. La publication doit respecter certains codes (structure, format de référencement bibliographique...) tout en portant une attention particulière aux aspects méthodologiques. Si la publication est validée par les pairs, elles se retrouvent alors dans le deuxième espace du processus de dissémination : l'espace intermédiaire.

L'espace intermédiaire est, à notre sens, d'une importance capitale. Il est important, car il représente la jonction entre les deux mondes ; où praticiens et chercheurs peuvent éventuellement se rencontrer, créer du lien et collaborer. Dans cet espace, qui couvre l'étape N° 3 du processus, divers acteurs opèrent dans le but, notamment, de disséminer le savoir scientifique d'un côté, et intégrer les praticiens dans les projets de recherches de l'autre côté. Ces acteurs sont de natures diverses, telles que les sociétés d'ergonomes (IEA, SELF...), les agences gouvernementales (NHTSA, JAMA...) ou encore les organismes de normalisation (ISO, AFNOR...).

Les deux dernières étapes du processus de dissémination, selon nous, se déroulent dans l'espace industriel. Dans cet espace, les praticiens ont des profils très hétérogènes (ergonomes, ingénieurs, designers...) et l'organisation des équipes se fait par fonction *business* (achats, marketing...) et un focus sur le produit à développer, ou une partie du produit. Par ailleurs, la finalité ici est de produire un produit/service qui satisfait un ensemble d'exigences, le plus vite possible avec le moins de ressources possibles. Dans ce contexte, l'étape N°4 « Evaluation » consiste, pour les praticiens, à rechercher, identifier et évaluer le savoir qui va contribuer à résoudre le problème de conception auquel il fait face, le plus vite possible. Or, le volume conséquent de ressources disponibles peut s'avérer rapidement problématique. Enfin, une fois que le savoir pertinent est identifié, il s'agit pour le praticien de se l'approprier en vue d'une exploitation sur le terrain.



# Bibliographie

- Abras, C., Maloney-Krichmar, D., & Preece, J. (2004). *User-centered design*. Bainbridge, W. *Encyclopedia of Human-Computer Interaction*. Thousand Oaks: Sage Publications, 37(4), 445-456.
- Akyol, S., Canzler, U., Bengler, K., & Hahn, W. (2000, November). Gesture Control for Use in Automobiles. In *MVA* (pp. 349-352).
- Alves, R., Valente, P., & Nunes, N. J. (2014). *The state of user experience evaluation practice*. 93-102. ACM.
- Anderson, N., Herriot, P., & Hodgkinson, G. P. (2001). The practitioner-researcher divide in Industrial, Work and Organizational (IWO) psychology : Where are we now, and where do we go from here? *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 74(4), 391-411.
- Arai, K., & Sekine, K. (2006). *Kaizen for quick changeover: Going beyond SMED*. CRC Press.
- Baber, C., & Mirza, M. G. (1996). Ergonomics and the evaluation of consumer products : Surveys of evaluation practices. *Human factors in consumer product design*. London: Taylor & Francis.
- Bansal, P., Bertels, S., Ewart, T., MacConnachie, P., & O'Brien, J. (2012). *Bridging the research–practice gap*.
- Bastien, C. & Scapin, D. (2004). 27. La conception de logiciels interactifs centrée sur l'utilisateur : étapes et méthodes. Dans : Pierre Falzon éd., *Ergonomie* (pp. 451-462). Paris cedex 14, France: Presses Universitaires de France. doi:10.3917/puf.falzo.2004.01.0451.
- Bastien, J. C. (2010). Usability testing : A review of some methodological and technical aspects of the method. *International journal of medical informatics*, 79(4), e18-e23.
- Bastien, J. C., & Masseroni, M. (2011). La technique du tri de cartes : Effets du type de tri, du nombre de participants et du nombre de cartes sur la fiabilité des résultats. 53-62. *Presses Universitaires de Nancy*.
- Bastien, J. M. C. (1996). *Les critères ergonomiques : un pas vers une aide méthodologique à l'évaluation des systèmes interactifs* (Doctoral dissertation).
- Becker, S., Hanna, P., & Wagner, V. (2014). Human Machine Interface Design in Modern Vehicles. In D. Crolla, D. E. Foster, T. Kobayashi, & N. Vaughan (Éd.), *Encyclopedia of Automotive Engineering* (p. 1-16).
- Bengler K., Pfromm M., Bruder R. (2016) *Input Devices for DAS*. In: Winner H., Hakuli S., Lotz F., Singer C. (eds) *Handbook of Driver Assistance Systems*. Springer, Cham
- Bhise, V. D. (2012). Ergonomics in the automotive design process. Boca Raton, FL: *CRC Press*.
- Board, A. C., & Stevens, A. (2002). *EU statement of principles for HMI: final report*. TRL report.
- Broekkamp, H., & van Hout-Wolters, B. (2007). The gap between educational research and practice: A literature review, symposium, and questionnaire. *Educational research and evaluation*, 13(3), 203-220.
- Brooke, J. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*, 189(194), 4-7.
- Brown, T. (2008). *Design thinking*. Harvard business review, 86(6), 84.
- Bruder, R., & Didier, M. (2016). Design of Human-Machine-Interfaces for DAS. In H. Winner, S. Hakuli, F. Lotz, & C. Singer (Éd.), *Handbook of Driver Assistance Systems: Basic Information, Components and Systems for Active Safety and Comfort* (p. 797-811). Cham: Springer International Publishing.
- Campbell, J. L., Doerzaph, Z. R., Richard, C. M., & Bacon, L. P. (2016). *Human factors design principles for the Driver-Vehicle Interface (DVI)*. 1-6. ACM.
- Campbell, J. L., Richman, J., Carney, C., & Lee, J. (2004). *In-Vehicle Display Icons and other Information Elements*. Volume I: Guidelines.

- Cascio, W. F., & Aguinis, H. (2008). Research in industrial and organizational psychology from 1963 to 2007: Changes, choices, and trends. *Journal of Applied Psychology*, 93(5), 1062.
- Chapanis, A. (1967). The Relevance of Laboratory Studies to Practical Situations. *Ergonomics*, 10(5), 557-577. <https://doi.org/10.1080/00140136708930910>
- Chapman, L., & Plewes, S. (2014). *A UX maturity model: Effective introduction of UX into organizations*. 12-22. Springer.
- Chardonnet, A., & Thibaudon, D. (2003). *Le guide du PDCA de Deming: progrès continu et management*. Paris: Editions d'Organisation.
- Chung, A. Z. Q., & Shorrock, S. T. (2011). The research-practice relationship in ergonomics and human factors – surveying and bridging the gap. *Ergonomics*, 54(5), 413-429.
- Chung, A. Z. Q., & Williamson, A. (2018). Theory versus practice in the human factors and ergonomics discipline : Trends in journal publications from 1960 to 2010. *Applied Ergonomics*, 66, 41-51.
- Cotter, S., Hopkin, J., & Wood, K. (2007). *A Code of Practice for developing advance driver assistance systems : Final report on work in the RESPONSE3 project*. PUBLISHED PROJECT REPORT PPR175.
- Deadrick, D. L., & Gibson, P. A. (2007). An examination of the research–practice gap in HR: Comparing topics of interest to HR academics and HR professionals. *Human Resource Management Review*, 17(2), 131-139.
- Decreuse, C. (1998). *Ingénierie Simultanée*. Ed. Techniques Ingénieur.
- Dirkin, G. R. (1983). *Cognitive tunneling: Use of visual information under stress*. *Perceptual and Motor Skills*, 56(1), 191-198.
- Dumez, H. (2011). *Faire une revue de littérature : pourquoi et comment ?* AEGIS, 15.
- Earthy, J. (1998). *Usability maturity model : Human centredness scale*. INUSE Project deliverable D, 5, 1-34.
- European Commission. (2008). *Commission Recommendation of 26 May 2008 on Safe and Efficient In-vehicle Information and Communication Systems: Update of the European Statement of Principles on Human Machine Interface*. 2008/653/EC.
- Falzon, P. (1997). *La construction des connaissances en ergonomie : éléments d'épistémologie*. SELF, 97, 1.
- Falzon, P. (2004). 1. *Nature, objectifs et connaissances de l'ergonomie : Éléments d'une analyse cognitive de la pratique*. Dans : Pierre Falzon éd., *Ergonomie* (pp. 15-35). Paris cedex 14, France : Presses Universitaires de France.
- Fernandez, A., Insfran, E., & Abrahão, S. (2011). Usability evaluation methods for the web : A systematic mapping study. *Information and software Technology*, 53(8), 789-817.
- Forster, Y., Frison, A.-K., Wintersberger, P., Geisel, V., Hergeth, S., & Riener, A. (2019). Where we come from and where we are going : A review of automated driving studies. *Proceedings of the 11th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications Adjunct Proceedings - AutomotiveUI '19*, 140-145.
- Forzy, J.-F. (2002). *Conception ergonomique pour des environnements multi-instrumentés : Le cas des postes de conduite automobile* (Thèse de doctorat). Université Paris VIII Vincennes-Saint Denis.
- Fraser, J., & Plewes, S. (2015). Applications of a UX maturity model to influencing HF best practices in technology centric companies—Lessons from Edison. *Procedia Manufacturing*, 3, 626-631.
- Geiser, G. *Man Machine Interaction in Vehicles*. ATZ 87, 1985. Pages 74 - 77.
- Göhring, D., Latotzky, D., Wang, M., & Rojas, R. (2013). Semi-autonomous car control using brain computer interfaces. *In Intelligent Autonomous Systems 12* (pp. 393-408). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Gould, J. D., Boies, S. J., & Lewis, C. (1991). Making usable, useful, productivity-enhancing computer applications. *Communications of the ACM*, 34(1), 74-85.
- Graham, L. (2008). Gestalt theory in interactive media design. *Journal of Humanities & Social Sciences*, 2(1).

- Green, B. and Jordan, P.W. (1999). *The future of ergonomics*. In: M.A. Hanson, E.J. Lovesey and S.A. Robertson, eds. Contemporary ergonomics 1999. London: Taylor & Francis, 110–114.
- Grislin, M., & Kolski, C. (1996). Évaluation des Interfaces Homme-Machine lors du développement des systèmes interactifs. *Technique et Science Informatiques (TSI)*, 15(3), 265-296.
- Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. In *Advances in psychology* (Vol. 52, pp. 139-183). North-Holland
- Harvey, C. (2009). Development of a Method for Evaluating the Usability of In-Vehicle Information Systems (IVISs). In T. Gross, J. Gulliksen, P. Kotzé, L. Oestreicher, P. Palanque, R. O. Prates, & M. Winckler (Éd.), *Human-Computer Interaction – INTERACT 2009* (Vol. 5727, p. 856-859). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Harvey, C., & Stanton, N. A. (2013). *Usability evaluation for in-vehicle systems*. Boca Raton: CRC Press.
- Harvey, C., Stanton, N. A., Pickering, C. A., McDonald, M., & Zheng, P. (2011). A usability evaluation toolkit for In-Vehicle Information Systems (IVISs). *Applied Ergonomics*, 42(4), 563-574.
- Hassenzahl, M., Burmester, M., & Koller, F. (2003). AttrakDiff: Ein Fragebogen zur Messung wahrgenommener hedonischer und pragmatischer Qualität. In *Mensch & computer 2003* (pp. 187-196). Vieweg+ Teubner Verlag.
- International Standardization Organization. (2002). *Ergonomics of human-system interaction -- Usability methods supporting human-centred design*. ISO/TR 16982:2002.
- International Standardization Organization. (2010). *Ergonomie de l'interaction homme-système - Spécification pour l'évaluation de processus des aspects homme-système*. ISO 18152:2010.
- International Standardization Organization. (2010). Road vehicles — Symbols for controls, indicators and tell-tales. ISO 2575:2010.
- International Standardization Organization. (2010). *Road vehicles — Ergonomic aspects of transport information and control systems — Simulated lane change test to assess in-vehicle secondary task demand*. ISO 26022:2010.
- International Standardization Organization. (2010). *Road vehicles — Transport information and control systems — Detection-response task (DRT) for assessing attentional effects of cognitive load in driving*. ISO 17488:2016.
- International Standardization Organization. (2014). *Graphical symbols — Test methods — Part 1: Method for testing comprehensibility*. ISO 9186-1:2014.
- International Standardization Organization. (2015). *Management de la qualité*. ISO 9001:2015.
- International Standardization Organization. (2017). *Véhicules routiers — Aspects ergonomiques des systèmes d'information et de contrôle du transport — Méthode par occlusion pour évaluer la distraction visuelle due à l'utilisation des systèmes embarqués*. ISO 16673:2017.
- International Standardization Organization. (2018). *Road vehicles — Direction-of-motion stereotypes for automotive hand controls*. ISO 12214:2018.
- International Standardization Organization. (2019). *Ergonomie de l'interaction homme-système — Partie 210 : Conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs*. ISO 9241-210:2019.
- International Standardization Organization. (2019). *Organisme centré sur l'humain — Lignes directrices pour les dirigeants*. ISO 27501:2019.
- Johansson, E., Engström, J., Cherri, C., Nodari, E., Toffetti, A., Schindhelm, R., & Gelau, C. (2004). *Review of existing techniques and metrics for IVIS and ADAS assessment*. Adaptive Integrated Driver Vehicle Interface (AIDE) Product number: IST-1-507674-IP.
- Jourdan, M., & Theureau, J. (2002). *Charge mentale : Notion floue et vrai problème*. Octares.
- Kamp, J. F. (1998). *Interaction homme-machine à bord des véhicules automobiles : étude des modalités et des dispositifs d'interaction* (Doctoral dissertation, Paris, ENST).
- Kern, D., & Schmidt, A. (2009). *Design space for driver-based automotive user interfaces*. 3-10. ACM.
- Kossiakoff, A., Sweet, W. N., Seymour, S. J., & Biemer, S. M. (2011). *Systems engineering principles and practice* (Vol. 83). John Wiley & Sons.

- Lallemand, C., & Gronier, G. (2018). *Méthodes de design UX : 30 méthodes fondamentales pour concevoir et évaluer les systèmes interactifs* (Eyrolles).
- Lallemand, C., Koenig, V., Gronier, G., & Martin, R. (2015). Création et validation d'une version française du questionnaire AttrakDiff pour l'évaluation de l'expérience utilisateur des systèmes interactifs. *Revue Européenne de Psychologie Appliquée/European Review of Applied Psychology*, 65(5), 239-252.
- Lange-Morales, K., García-Acosta, G., & Bruder, R. (2014). The EQUID approach: improving ergonomics quality in product life cycle. *Human Factors in Organizational Design and Management*–XI, 435-440.
- Leonard, D., & Rayport, J. F. (1997). *Spark innovation through empathic design*. Harvard business review, 75, 102-115.
- Mao, J.-Y., Vredenburg, K., Smith, P. W., & Carey, T. (2005). The state of user-centered design practice. *Communications of the ACM*, 48(3), 105-109.
- McCauley, R., Murphy, L., Westbrook, S., Haller, S., Zander, C., Fossum, T., ... & Anderson, R. (2005). What do successful computer science students know? An integrative analysis using card sort measures and content analysis to evaluate graduating students' knowledge of programming concepts. *Expert Systems*, 22(3), 147-159.
- Meixner, G., & Müller, C. (Éd.). (2017). *Automotive User Interfaces*.
- Minge, M., & Riedel, L. (2013). meCUE-Ein modularer fragebogen zur erfassung des nutzungserlebens. *Mensch & Computer 2013: Interaktive Vielfalt*.
- Mulhall, A. (2001). Bridging the research-practice gap: breaking new ground in health care. *International Journal of Palliative Nursing*, 7(8), 389-394.
- National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA). (2012). *Visual-manual NHTSA Driver Distraction Guidelines for In-vehicle Electronic Devices*. Docket No. NHTSA-2010-0053.
- Niedermaier, B., Durach, S., Eckstein, L., & Keinath, A. (2009). The New BMW iDrive – Applied Processes and Methods to Assure High Usability. In V. G. Duffy (Éd.), *Digital Human Modeling* (Vol. 5620, p. 443-452).
- Nielsen, J. (1994). Using discount usability engineering to penetrate the intimidation barrier. In R.G. Bias and D.J. Mayhew, Eds. *Cost-Justifying Usability*. Academic Press.
- Nielsen, J. Corporate UX Maturity. Nielsen Norman Group, URL: <http://www.nngroup.com/articles/usability-maturity-stages-1-4/> (2006), accessed 22.11.19.
- Nielsen, J., & Molich, R. (1990). Heuristic evaluation of user interfaces. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 249-256). ACM.
- Norman, D. A., & Draper, S. W. (Éd.). (1986). *User centered system design: New perspectives on human-computer interaction*. Hillsdale, N.J: L. Erlbaum Associates.
- Pascal, A., Thomas, C., & Romme, G. (2009, March). Méthodologie de «Design Collaboratif»: une approche intégrative. In *Atelier AIMS Epistémologies et Méthodologies* (p. 25).
- Paul, C. L. (2008). A modified Delphi approach to a new card sorting methodology. *Journal of Usability studies*, 4(1), 7-30.
- Pauzié, A. (2008). A method to assess the driver mental workload: The driving activity load index (DALI). *IET Intelligent Transport Systems*, 2(4), 315-322.
- Pauzie, A. (2013). Ergonomie de la conduite automobile. In: *Ergonomie, Travail, Conception, Santé*.
- Pauzie, A., & Orfila, O. (2016). Methodologies to assess usability and safety of ADAS and automated vehicle. *IFAC-PapersOnLine*, 49(32), 72-77.
- Peacock, J. B., & Karwowski, W. (Éd.). (1993). *Automotive ergonomics*. London; Washington, DC: Taylor & Francis.
- Pickering, C. A., Burnham, K. J., & Richardson, M. J. (2007, June). A research study of hand gesture recognition technologies and applications for human vehicle interaction. In *2007 3rd Institution of Engineering and Technology conference on automotive electronics* (pp. 1-15).

- Reid, G. B., & Nygren, T. E. (1988). The subjective workload assessment technique: A scaling procedure for measuring mental workload. *In Advances in psychology* (Vol. 52, pp. 185-218). North-Holland.
- Rochet, S. (2007). *Formalisation des processus de l'Ingénierie Système : Proposition d'une méthode d'adaptation des processus génériques à différents contextes d'application* (Doctoral dissertation).
- Rynes, S. L. (2012). The research-practice gap in I/O psychology and related fields: Challenges and potential solutions. *The Oxford handbook of organizational psychology*, 1, 409-452.
- SAE J2365. (2002). *SAE Recommended Practice: Calculation of the Time to Complete In-vehicle Navigation and Route Guidance Tasks*. Society of Automotive Engineers (SAE), Warrendale.
- Salmon, P. M. (2016). Bridging the gap between ergonomics methods research and practice: Methodological Issues in Ergonomics Science Part II. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 17(5-6), 459-467.
- Salvendy, G. (Éd.). (2012). *Handbook of human factors and ergonomics* (4th ed). Hoboken, NJ: Wiley.
- Sanders, E. B. N. (2002). From user-centered to participatory design approaches. *In Design and the social sciences* (pp. 18-25). CRC Press.
- Sanders, K., Fincher, S., Bouvier, D., Lewandowski, G., Morrison, B., Murphy, L., ... & Anderson, R. (2005). A multi-institutional, multinational study of programming concepts using card sort data. *Expert Systems*, 22(3), 121-128.
- Sauro, J. 2018. The methods UX professionals' use. Consulté sur <https://measuringu.com/ux-methods-2018/>
- SBD Automotive. (2014). *Connected Car USA Usability Benchmarking* (N° CON/547aUSA/2014; p. 116).
- Scapin, D. L., & Bastien, J. C. (1997). Ergonomic criteria for evaluating the ergonomic quality of interactive systems. *Behavior & information technology*, 16(4-5), 220-231.
- Schaffer, E., & Lahiri, A. (2014). *Institutionalization of UX : A step-by-step guide to a user experience practice* (Second edition). Upper Saddle River, NJ: Addison-Wesley.
- Schmidt, A., Dey, A. K., Kun, A. L., & Spiessl, W. (2010). *Automotive user interfaces : Human computer interaction in the car*.
- Schwarz, J. (2006). *Code of Practice for development, validation and market introduction of ADAS*. Présenté à 2. Tagung Aktive Sicherheit durch Fahrerassistenz.
- Senach B., (1990). Evaluation de l'ergonomie des IHM, *Actes du Congrès ERGO-IA'90, ergonomie et informatique avancée*, Biarritz, p. 19-21.
- Shneiderman, B., Plaisant, C., Cohen, M., Jacobs, S., Elmqvist, N., & Diakopoulos, N. (2016). *Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction*. Pearson.
- Shorrock, S. T., & Williams, C. A. (2016). Human factors and ergonomics methods in practice : Three fundamental constraints. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 17(5-6), 468-482.
- Shorrock, S., & Chung, A. (2010). Mind the gap : Research and practice in ergonomics and human factors. *Contemporary ergonomics and human factors 2010*, 63.
- Simões-Marques, M., & Nunes, I. L. (2012). Usability of interfaces. *In Ergonomics-A Systems Approach*. IntechOpen.
- Sind-Prunier, P. (1996). Bridging the research/practice gap: Human factors practitioners' opportunity for input to define research for the rest of the decade. 40, 865-867. SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA.
- Singleton, W.T. (1994). From research to practice. *Ergonomics in Design*, 2 (3), 30-34.
- Stanton, N. A., Hedge, A., Brookhuis, K., Salas, E., & Hendrick, H. W. (2004). *Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods*. CRC Press.
- Stanton, N., & Young, M. (1998). Is utility in the mind of the beholder ? A study of ergonomics methods. *Applied Ergonomics*, 29(1), 41-54.
- Stanton, N., Salmon, P. M., Rafferty, L., Walker, G. H., Baber, C., & Jenkins, D. P. (2013). *Human Factors methods : A practical guide for engineering and design* (2nd edition). Ashgate.

- Stevens, A., Board, A., Allen, P., & Quimby, A. (1999). *A safety checklist for the assessment of in-vehicle information systems. A user's manual*. Transport Research Laboratory, UK.
- Sweeney, M., Maguire, M., & Shackel, B. (1993). Evaluating user-computer interaction: a framework. *International Journal of Man-Machine Studies*, 38(4), 689-711.
- Tönnis, M., Broy, V., and Klinker, G. (2006). A Survey of Challenges Related to the Design of 3D User Interfaces for Car Drivers. *In Proceedings of the 1st IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3D UI)*.
- Tullis, T. S. (1985). Designing a menu-based interface to an operating system. *In ACM SIGCHI Bulletin* (Vol. 16, No. 4, pp. 79-84). ACM.
- Vredenburg, K., Mao, J.-Y., Smith, P. W., & Carey, T. (2002). A survey of user-centered design practice. 471-478. *ACM*.
- Waterson, P., & Sell, R. (2006). Recurrent themes and developments in the history of the Ergonomics Society. *Ergonomics*, 49(8), 743-799.
- Wellings, T., Pitts, M. J., & Williams, M. A. (2012). Characterising the experience of interaction : An evaluation of automotive rotary dials. *Ergonomics*, 55(11), 1298-1315. <https://doi.org/10.1080/00140139.2012.708057>
- Wentzel, J., Müller, F., Beerlage-de Jong, N., & van Gemert-Pijnen, J. (2016). Card sorting to evaluate the robustness of the information architecture of a protocol website. *International Journal of Medical Informatics*, 86, 71-81.
- Wickens, C. D. (1991). *Processing resources and attention. Multiple-task performance, 1991*, 3-34.
- Wickens, C. D. (2008). Multiple resources and mental workload. *Human factors*, 50(3), 449-455.
- Wilson, J.R. 2000, Fundamentals of ergonomics in theory and practice, *Applied Ergonomics*, 31, 557–567
- Wixon, D. (2003). Evaluating usability methods : Why the current literature fails the practitioner. *Interactions*, 10(4), 28.
- Wixon, D., Holtzblatt, K., & Knox, S. (1990, March). Contextual design: an emergent view of system design. *In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 329-336). ACM.
- Wood, J. R., & Wood, L. E. (2008). Card sorting: current practices and beyond. *Journal of Usability Studies*, 4(1), 1-6.
- Yang, T., Linder, J., & Bolchini, D. (2012). DEEP: design-oriented evaluation of perceived usability. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 28(5), 308-346.
- Zaidi, F., Bastien, C., Chalandon, X., Moiselet, L., & Thianche, E. (2018). The Research-Practice Gap : An Explanatory Factor for Automotive HMI Customers' Complaints? In S. Bagnara, R. Tartaglia, S. Albolino, T. Alexander, & Y. Fujita (Éd.), *Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018)* (Vol. 824, p. 744-755). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-96071-5\\_78](https://doi.org/10.1007/978-3-319-96071-5_78)
- Zijlstra, F.R.H & Doorn, L. van (1985). *The construction of a scale to measure subjective effort*. Technical Report, Delft University of Technology, Department of Philosophy and Social Sciences.

# Glossaire

Terme/Sigle	Définition
<b>BUIC</b>	Base Unique des Informations de Conduite
<b>Contrat Prestation</b>	Outil de l'entreprise dans lequel est consigné pour un Projet donné l'ensemble des objectifs prestations. C'est le référentiel prestations pour un Projet donné. Il est co-signé par le Directeur du Produit, le Directeur de l'Ingénierie des Prestations Clients, le Directeur de Programme, l'Ingénieur en Chef.
<b>ISP</b>	Ingénieur Synthèse Prestation
<b>LUFS</b>	Liste Unique et Fonctionnelle des Sons
<b>LUP</b>	Lise Unique des Problèmes. C'est une Base de données regroupant l'ensemble des problèmes et des propositions identifiés tout au long du développement du projet, de son industrialisation, de sa fabrication et de sa commercialisation. Cela permet de : piloter en continu la résolution des problèmes cotés en niveau de risque, alimenter la gestion des risques projet pour permettre à l'équipe projet de piloter en continu ce qu'il reste à faire pour la mise au point du produit et du processus et alimenter la capitalisation au sein de l'entreprise.
<b>Macro zoning</b>	Le <i>Macro zoning</i> est un standard de conception de l'entreprise. Il fournit un cadre de référence pour le choix d'implantation des organes de commandes et des affichages dans l'habitacle des véhicules du Groupe Renault.
<b>Méthode</b>	Ensemble ordonné de manière logique de principes, de règles, d'étapes, qui constitue un moyen pour parvenir à un résultat. Source : <a href="http://www.larousse.fr">www.larousse.fr</a>
<b>O24</b>	Le processus « <b>O24 - Cadre, déployer et valider les prestations</b> » a pour finalité de « <i>garantir la bonne prise en compte et la déclinaison des attentes client lors du cadrage et du développement des projets véhicules, et ceci dans le respect des fondamentaux de l'Identité de Marques du Groupe, des préconisations de standardisation par les modules et des objectifs Qualité, Coûts, Délai, Poids (QCDP)</i> ».
<b>OAo</b>	Over All Opinion
<b>OneVal</b>	Alliance Validation and Prototype Management C'est un outil qui permet d'assurer un suivi clair et simple des validations numériques et physiques, ainsi que de l'optimisation des prototypes. Il est essentiel pour gérer le processus de validation complet : des exigences à la simulation en passant par les résultats des tests, avec une traçabilité de bout en bout. OneVal est un levier de performance et de compétitivité pour Renault.
<b>Outil</b>	Élément d'une activité qui n'est qu'un moyen, un instrument. Source : <a href="http://www.larousse.fr">www.larousse.fr</a>
<b>PRM</b>	Plan de Référence Métier
<b>Processus</b>	Ensemble d'activités interdépendantes ou interactives qui utilisent des <i>inputs</i> pour produire un résultat attendu. Source : ISO 9000:2015.
<b>REVS</b>	Renault Engineering Validation System
<b>SCR</b>	Système de Conception Renault
<b>V3P</b>	Value Up Product Process Program. C'est la logique de développement des véhicules et organes mécaniques autour de laquelle toute l'entreprise est organisée.

# Liste des figures

FIGURE 1. LES DIFFERENTES MARQUES DU GROUPE RENAULT. DE GAUCHE A DROITE : RENAULT, DACIA, RENAULT SAMSUNG MOTORS, ALPINE ET LADA.....	18
FIGURE 2. ORGANISATION HIERARCHIQUE ET FONCTIONNELLE DE L'EQUIPE « ERGONOMIE IHM ET COGNITIVE UX ».....	20
FIGURE 3. RESULTATS DE L'ENQUETE NEVQS G2 (FRANCE/ALLEMAGNE). EN HAUT, RESULTATS AU 1ER TRIMESTRE DE 2014 ; EN BAS RESULTATS AU 4EME TRIMESTRE DE 2018. ....	21
FIGURE 4. STRUCTURE ET CONTENU DU MANUSCRIT. ....	23
FIGURE 5. EXEMPLES DE SYSTEMES EMBARQUES DANS LES VEHICULES AUTOMOBILES ET LEURS DATES D'INVENTION/COMMERCIALISATION. ....	25
FIGURE 6. LES TROIS GRANDS TYPES DE SYSTEMES/FONCTIONS EMBARQUES DANS L'AUTOMOBILE. ....	27
FIGURE 7. MODELE SIMPLIFIE DE L'INTERACTION HUMAIN-SYSTEMES EMBARQUEE DANS L'AUTOMOBILE.....	28
FIGURE 8. ÉVOLUTION DES IHM AUTOMOBILES EMBARQUEES DU POINT DE VUE TECHNIQUE ET HUMAIN.....	29
FIGURE 9. DIFFERENTES IMPLEMENTATIONS TECHNIQUES DE L'IHM DE BOITES DE VITESSES. DE GAUCHE A DROITE : BMW, MERCEDES, ALPINE, NISSAN, RENAULT.....	30
FIGURE 10. EXEMPLES D'INTERFACES DE COMMANDE ET D'AFFICHAGE EMBARQUEES DANS LE COCKPIT DE LA RENAULT CLIO 5. COMMANDES : 1) BOUTON CLASSIQUE, 2) LEVIER D'ESSUIE-GLACE, 3) ECRAN TACTILE, 4) ROTARY ET 5) POMMEAU DE VITESSE. AFFICHAGES : A) COMPTE-TOURS DIGITAL, B) JAUGE DE TEMPERATURE ANALOGIQUE, C) LED CLASSIQUE ET D) ECRAN TACTILE. ....	32
FIGURE 11. EXEMPLES DE CONSIDERATIONS D'ERGONOMIE PHYSIQUE ET LES STANDARDS TECHNIQUES SAE ASSOCIES. TIREE DE (PEACOCK & KARWOWSKI, 1993). ....	34
FIGURE 12. VUE D'ENSEMBLE DES CONSTRUITS/CONCEPTS TRAITES DANS LES ETUDES SUR LES IHM AUTOMOBILES DANS LE CADRE DE LA CONDUITE AUTONOME. TIREE DE (FORSTER & AL., 2019). ....	35
FIGURE 13. INSTANCIATION DU CYCLE EN V DANS L'INDUSTRIE AUTOMOBILE. TIREE DE (ZAIDI & AL., 2019). ....	37
FIGURE 14. ACTIVITES CLES DE LA CCU. TIREE DE (ISO 9241-210, 2010). ....	39
FIGURE 15. ACTIVITES ERGONOMIQUES CLES DE L'EQUID DESIGN PROCESS ET LIVRABLES ASSOCIES.....	41
FIGURE 16. VUE GLOBALE DES PHASES, ETAPES ET ACTIVITES DU PROCESSUS COP ADAS.....	42
FIGURE 17. VUE GLOBALE DES ETAPES PRINCIPALES DU PROCESSUS DE DEVELOPPEMENT DU SYSTEME BMW IDRIVE. EXTRAIT DE (NIEDERMAIER & AL., 2009). ....	43
FIGURE 18. VUE GLOBALE DE L'ETAPE D'ÉVALUATION ET DES METHODES D'ÉVALUATION DU PROCESSUS BMW IDRIVE. EXTRAIT DE (NIEDERMAIER & AL., 2009). ....	44
FIGURE 19. PRINCIPE DE LA METHODE DE L'OCCLUSION. EXTRAIT DE (ISO 16673). ....	51
FIGURE 20. COMPARAISON DE LA PERFORMANCE OPTIMALE (LIGNE CONTINUE) ET LA PERFORMANCE REELLE DU CONDUCTEUR (LIGNE DISCONTINUE).....	51
FIGURE 21. TYPOLOGIES DE SCIENCES SELON LA RIGUEUR METHODOLOGIQUE ET LA PERTINENCE PRATIQUE. ADAPTE DE (ANDERSON & AL., 2001). ....	64
FIGURE 22. DEMARCHE DE DIAGNOSTIC DES PLAINTES CLIENTS DEPLOYEE DANS LE CADRE DE LA THESE. ....	71
FIGURE 23. ÉVOLUTION DES PLAINTES NEVQS.....	72
FIGURE 24. SOURCES ALIMENTANT LA BDD SUR LES SYSTEMES D'INFO-DIVERTISSEMENT DE RENAULT. ....	73
FIGURE 25. DISTRIBUTION DES FEEDBACKS PAR CRITERES DU PREMIER NIVEAU.....	74
FIGURE 26. DISTRIBUTION DES FEEDBACKS PAR CRITERES DU TROISIEME NIVEAU.....	75
FIGURE 27. PRINCIPAUX RESULTATS DE L'ÉTUDE SBD SUR L'UX ET UTILISABILITE DE 7 SYSTEMES D'INFO-DIVERTISSEMENT. EXTRAITE DU RAPPORT FINAL DE L'ÉTUDE. ....	80
FIGURE 28. PRINCIPAUX PROBLEMES D'UTILISABILITE DES SYSTEMES ANALYSES. EXTRAITE DU RAPPORT FINAL DE L'ÉTUDE. ....	80
FIGURE 29. SYSTEME DE CONCEPTION RENAULT (SCR). SOURCE : INTRANET RENAULT. ....	83
FIGURE 30. PHASES MAJEURES DU VALUE UP PRODUCT PROCESS PROGRAM. SOURCE : INTRANET RENAULT. ....	83
FIGURE 31. PLAN DE REFERENCE METIER "ERGONOMIE IHM ET COGNITIVE UX".....	86
FIGURE 32. REPRESENTATION FORMELLE DES ACTIVITES DE L'EQUIPE. ....	87
FIGURE 33. NUAGE DE MOTS REPRESENTANT LES FONCTIONS LES PLUS UTILISEES PAR LES PARTICIPANTS AYANT UN VEHICULE EQUIPE D'UN SYSTEME D'INFO-DIVERTISSEMENT. ....	98
FIGURE 34. CAPTURES D'ÉCRANS DE L'IHM DU R-LINK 2. À GAUCHE : MENU PRINCIPAL ; AU MILIEU : FONCTIONS PRINCIPALES DU MONDE VEHICULE ; A DROITE : LISTE DES AIDES A LA CONDUITE ET LES REGLAGES ASSOCIES.....	99

FIGURE 35. DEROULEMENT DES SESSIONS DE TESTS DANS LE CADRE DE LA PREMIERE ETUDE. ....	102
FIGURE 36. TAUX GLOBAL D'EFFICACITE/REUSSITE AU TEST UTILISATEUR.....	103
FIGURE 37. TAUX ET TYPES DE REUSSITE PAR TACHE. ....	103
FIGURE 38. TAUX D'EFFICIENCE PAR TACHE.....	104
FIGURE 39. DISTRIBUTION DES REPONSES DE SATISFACTION. 1 : PAS DU TOUT SATISFAIT A 7 : TOUT A FAIT SATISFAIT. ....	104
FIGURE 40. ÉCHELLE D'INTERPRETATION DU SUS. EXTRAITE DE (LALLEMAND & GRONIER, 2018). ....	105
FIGURE 41. TEMPLATE DE PRESENTATION DES RESULTATS DETAILLES PAR TACHE. ....	106
FIGURE 42. ILLUSTRATIONS DES CAUSES DES DIFFICULTES D'UTILISATION CONCERNANT LA TACHE N°12 (A GAUCHE) ET N°15 (A DROITE). ....	127
FIGURE 43. SCORES SUS DES DIFFERENTS SYSTEMES EVALUES. EXTRAITE DE (SBD, 2014). ....	128
FIGURE 44. REPARTITION DES SCORES SUS DU R-LINK 2 EN FONCTION DU RANKING DE SBD. ....	128
FIGURE 45. NUAGE DE MOTS REPRESENTANT LES FONCTIONS LES PLUS UTILISEES PAR LES PARTICIPANTS AYANT UN VEHICULE EQUIPE D'UN SYSTEME D'INFO-DIVERTISSEMENT. ....	131
FIGURE 46. EXTRAIS DES CARTES A TRIER ET LEURS DESCRIPTIONS. À DROITE : ARBORESCENCE ACTUELLE DU R-LINK 2 ; A GAUCHE : DESCRIPTION DE CHACUNE DES CARTES UTILISEES DANS L'ETUDE. ....	132
FIGURE 47. CAPTURE D'ECRAN DE L'INTERFACE DU LOGICIEL OPTIMALSORT.....	133
FIGURE 48. DEROULEMENT DES SESSIONS DE TRIS DE CARTES.....	133
FIGURE 49. CAPTURES D'ECRANS DE L'ANCIENNE (A GAUCHE) VERSUS NOUVELLE ARCHITECTURE (A DROITE) DU SYSTEME R-LINK 2. ....	140
FIGURE 50. NUAGE DE MOTS REPRESENTANT LES FONCTIONS LES PLUS UTILISEES PAR LES PARTICIPANTS AYANT UN VEHICULE EQUIPE D'UN SYSTEME D'INFO-DIVERTISSEMENT ....	143
FIGURE 51. DEROULEMENT DE LA TROISIEME ETUDE.....	146
FIGURE 52. DEMARCHE D'INTERVENTION DANS LE CADRE DE LA 1ERE ETUDE DE CAS.....	156
FIGURE 53. GRILLE DE CODAGE DES REPONSES DU PROTOCOLE ISO 9186. EXTRAIT DE L'ISO ISO 9186 (2014).....	157
FIGURE 54. PROTOCOLE D'EVALUATION DE LA COMPREHENSIBILITE DES PICTOGRAMMES RETENU.....	157
FIGURE 55. LISTE DES 42 PICTOGRAMMES TESTES.....	159
FIGURE 56. FORMAT DE PRESENTATION DES PICTOGRAMMES SUIVANT LE PRINCIPE DE L'ISO 9186 (2014).....	159
FIGURE 57. FORMAT DE PRESENTATION DES PICTOGRAMMES SUIVANT LE PRINCIPE DU MATCHING TEST. ....	160
FIGURE 58. FORMAT STANDARDISE DE PRESENTATION DES RESULTATS DETAILLES POUR CHAQUE PICTOGRAMME. ....	161
FIGURE 59. SYNTHESE DES RESULTATS. EN VERT : LES PICTOGRAMMES VALIDES ; EN ROUGE : LES PICTOGRAMMES A RECONCEVOIR. ....	161
FIGURE 60. DIVERSITES IHM ET FONCTIONNELLE DES BOITES DE VITESSES AUTOMATIQUES. DE GAUCHE A DROITE : MERCEDES SMART, NISSAN GTR, BMW X5, MERCEDES CLASSE A.....	163
FIGURE 61. DEMARCHE D'INTERVENTION DANS LE CADRE DE LA 2EME ETUDE DE CAS.....	163
FIGURE 62. OUTIL INTERNE RENAULT DE COTATION DE L'IHM DES BVA. ....	164
FIGURE 63. OUTIL INTERNE NISSAN DE COTATION DE L'IHM DES BVA.....	165
FIGURE 64. PONDERATION DES CRITERES ET DIMENSIONS D'EVALUATION DE L'IHM DES BVA. ....	166
FIGURE 65. PREMIERE VERSION DE L'OUTIL DE COTATION DES IHM DE BVA. ....	167
FIGURE 66. MODELE DE VEHICULE AYANT SERVI A L'EVALUATION DE LA PREMIERE VERSION DE L'OUTIL DE COTATION. ....	168
FIGURE 67. DEUXIEME VERSION DE L'OUTIL DE COTATION DES IHM DE BVA.....	168
FIGURE 68. MODELE DE VEHICULE AYANT SERVI A L'EVALUATION DE LA DEUXIEME VERSION DE L'OUTIL DE COTATION.....	169
FIGURE 69. VEHICULES UTILISES DANS LA VALIDATION DE L'OUTIL DE COTATION DES BVA.....	170
FIGURE 70. QUESTIONNAIRE UTILISE DANS LA VALIDATION DE L'OUTIL DE VOTATION DES BVA.....	170
FIGURE 71. DEROULEMENT DES SESSIONS DE TESTS.....	171
FIGURE 72. CAPTURE D'ECRAN DE LA DERNIERE VERSION DE L'OUTIL D'EVALUATION DES IHM DE BVA. ....	173
FIGURE 73. GRAPHIQUES DES SCORES DE L'EVALUATION EN FONCTION DU MODELE D'UTILISABILITE DE RENAULT (A GAUCHE) ET DE NISSAN (A DROITE).....	173
FIGURE 74. EXEMPLE DE PUBLICATION SUR LE GROUPE LINKEDIN AUTOMOTIVE UXD.....	183
FIGURE 75. EXEMPLE DE « PRACTITIONNER SUMMARY » EXTRAIT DU JOURNAL ERGONOMICS. ARTICLE :(WELLINGS & AL., 2012). ....	184
FIGURE 76. ILLUSTRATION DE LA BASE DE DONNEES SUR LES NORMES D'ERGONOMIE DES IHM. ....	185

FIGURE 77. PROCESSUS DE DISSEMINATION DE LA CONNAISSANCE ERGONOMIQUE : DE SA PRODUCTION PAR LES CHERCHEURS A SON  
EXPLOITATION PAR LES PRATICIENS. .... 188

# Liste des tableaux

TABLEAU 1. EXEMPLES DE REFERENCES ET NOMBRE DE METHODES CITEES.....	45
TABLEAU 2. EXEMPLES D'EXIGENCES NON REGLEMENTAIRES.....	50
TABLEAU 3. MODES DE PRODUCTION DE LA CONNAISSANCE EN ERGONOMIE. ....	58
TABLEAU 4. SYNTHESE DES PROCESSUS, METHODES ET OUTILS SPECIFIQUES AU TOP SIX DES DIMENSIONS ERGONOMIQUES PROBLEMATIQUES. ....	93
TABLEAU 5. MESURES EFFECTUEES DANS LE CADRE DE LA PREMIERE ETUDE. ....	101
TABLEAU 6. SYNTHESE DES DIFFICULTES D'UTILISATION DU SYSTEME R-LINK 2 LIEES A SON ARCHITECTURE DE L'INFORMATION. ....	129
TABLEAU 7. FREQUENCES DE DISTRIBUTION DES CARTES PAR CATEGORIE.....	136
TABLEAU 8. SYNTHESE DES RESULTATS DU TRI DE CARTES ET RECOMMANDATIONS ASSOCIEES. ....	138
TABLEAU 9. EXEMPLES DE TACHES UTILISEES DANS LE CADRE DE TROISIEME ETUDE.....	144
TABLEAU 10. PLAN D'EXPERIENCE DE LA TROISIEME ETUDE. ....	144
TABLEAU 11. VARIABLES DEPENDANTES UTILISEES DANS LE CADRE DE LA TROISIEME ETUDE. ....	145
TABLEAU 12. RESULTATS DE L'ANOVA CONCERNANT LE TEMPS DE TACHE. ....	147
TABLEAU 13. ANALYSE POST HOC SUR LE TEMPS DE REALISATION DES TACHES.....	147
TABLEAU 14. RESULTATS DE L'ANOVA CONCERNANT LE NOMBRE DE CLICS. ....	148
TABLEAU 15. ANALYSE POST HOC SUR LE NOMBRE DE CLICS. ....	148
TABLEAU 16. RESULTATS DE L'ANOVA CONCERNANT LE NOMBRE D'ECRANS VISITES.....	149
TABLEAU 17. ANALYSE POST HOC SUR LE NOMBRE D'ECRANS VISITES. ....	149
TABLEAU 18. RESULTATS DE L'ANOVA CONCERNANT LA DESORIENTATION DANS LE SYSTEME. ....	150
TABLEAU 19. ANALYSE POST HOC SUR LA DESORIENTATION DANS LE SYSTEME. ....	150
TABLEAU 20. RESULTATS DE L'ANOVA CONCERNANT LA LOGIQUE PERÇUE DE L'ARBORESCENCE DU SYSTEME. ....	151
TABLEAU 21. ANALYSE POST HOC SUR LA LOGIQUE PERÇUE DE L'ARBORESCENCE DU SYSTEME.....	151
TABLEAU 22. RESULTATS DE L'ANOVA CONCERNANT LA FACILITE PERÇUE DU SYSTEME. ....	152
TABLEAU 23. ANALYSE POST HOC SUR LA FACILITE PERÇUE DU SYSTEME. ....	152
TABLEAU 24. SYNTHESE DES RESULTATS STATISTIQUES.....	153
TABLEAU 25. GRILLE DE CODIFICATION DES REPONSES. ....	158
TABLEAU 26. CRITERES ET SEUILS DE VALIDATION DE L'OUTIL DE COTATION DES BVA.....	171
TABLEAU 27. RESULTATS GLOBAUX DU TEST PAR CRITERE. ....	172