# Etude de l'impact de la culture sur la perception hédonique et ergonomique des Interfaces Homme-Machine automobiles

Thèse présentée et soutenue le 26 juin 2023 par Muriel Noël.

Thèse encadrée par Yvonnick Noël (Professeur des universités, LP3C, Université Rennes 2), Sébastien Lê (Maître de conférences, Institut Agro Rennes-Angers), Noémie Lucet (Référente Attributs Hédoniques des IHM, Renault Group).

## Résumé des travaux de thèse :

Contexte

Pour les constructeurs automobiles, l'enjeu est de créer des IHM faciles et agréables à utiliser. Aujourd'hui la marque Renault souhaite orienter ses cockpits vers des environnements plus technologiques. Cependant, l'ajout de technologies modifie l'ergonomie des cockpits automobiles, mais aussi leur capacité à provoquer des émotions. Il est donc primordial pour l'entreprise d'étudier l'impact de ces changements sur ses clients, notamment dans un contexte où la sécurité est centrale.

Ces travaux de recherches sont menés dans le cadre d'une convention CIFRE (Convention Industrielle de Formation par la REcherche) entre trois acteurs principaux : le service Perception & Analyse sensorielle du Groupe Renault, le laboratoire de psychologie LP3C de l'université Rennes 2 et le laboratoire IRMAR de l'Institut Agro Rennes-Angers.

Problématique

L'interface Homme-Machine (**IHM**) est un **système interactif** qui permet la communication entre les humains et les machines, autrement dit, entre deux types de langages sensiblement différents (Barnard, 1995 ; Card, Moran, & Newell, 1983). L'IHM permet donc à l'utilisateur d'interagir avec un objet technique lorsqu'il veut accomplir une tâche. Dans le contexte automobile, l'IHM est définie par tout moyen ou outil à bord permettant le contrôle et la communication avec la voiture (volant, pédales, écrans multimédias, tableau de bord, boutons, interrupteurs, molettes) (Meixner & Müller, 2017).

L'interaction Homme-Machine fait intervenir de nombreux processus psychologiques parmi lesquels la **perception** qui joue un rôle central (Barnard, 1995 ; Landauer, 1995 ; Myers et al., 1996 ; Scapin, 1986 ; Shackel, 1969). D'après les modèles de l'eXpérience Utilisateur (UX), la perception de **caractéristiques ergonomiques**, couplée à la perception de **caractéristiques hédoniques (sensorielles et symboliques)**, impacte la réponse émotionnelle et comportementale des individus face à une IHM (Hassenzahl, Diefenbach, & Göritz, 2010 ; D. A. Norman, 1986 ; Thüring & Mahlke, 2007). Les caractéristiques ergonomiques et hédoniques sont donc clés dans la promotion de la satisfaction et du plaisir de l'expérience d'interaction d'un utilisateur.

Dans le **contexte automobile**, l'interaction homme-machine est complexifiée du fait de la multiplicité des interactions et de la prise en compte de la **composante sécuritaire** (Blumenthal, 2001 ; Noël et al., 2022). Ainsi, au-delà de vouloir créer des IHM faciles et agréables à utiliser, les concepteurs

automobiles s'attachent aussi à rendre les **interactions peu distrayantes** pour la conduite (Hassenzahl, 2005). Pourtant, il est aujourd'hui possible d'observer sur le marché automobile une forte **évolution des technologies**, qui va se traduire par deux phénomènes marquants : la **dématérialisation** des cockpits (convergence des moyens de contrôles, auparavant mécaniques, vers des interfaces numériques) et leur **numérisation** (augmentation importante flux informationnel visuel ou sonore au sein des habitacles). Cet ajout de technologies pourrait être apprécié par les individus pour des raisons sensorielles et symboliques notamment. Toutefois, il est important pour le partenaire industriel d'étudier l'impact de ces phénomènes sur ses clients. En effet, il y a un risque que la dématérialisation et la numérisation, en modifiant les manières d'interagir, impactent négativement le contrôle d'une part, et l'attention en conduite d'autre part.

Hypothèses

D'après la littérature, la perception d'un système interactif peut différer d'un utilisateur à l'autre selon son expérience personnelle et ses besoins, rendant ainsi l'évaluation de l'importance des stimuli reçus pour sa propre utilisation différente (D. A. Norman, 1986). Nous supposons alors que la **culture**, en structurant les connaissances, impacte la perception des IHM. Dans plusieurs études, la relation culture-machine est étudiée sous le prisme de la nationalité (Ford & Kotzé, 2005 ; K. L. Young, Rudin-Brown, Lenné, & Williamson, 2012 ; Zhu, 2015). Des critères de **conception IHM transculturels** ont d'ailleurs été définis pour adapter les IHM aux nationalités (Marcus & Gould, 2000, Heimgärtner, 2015).

Cependant, dans un contexte de **mondialisation** et face à l'évolution des technologies, le **niveau culturel techno-socio-générationnel** pourrait avoir plus de sens pour expliquer des différences de perception, de réaction émotionnelle et de réaction comportementale face aux IHM. En effet, les technologies pourraient être acceptées de la même manière d'un pays à l'autre, mais des différences d'appréciation pourraient apparaître en fonction de la relation homme-technologie. Les théories autour des **générations technologiques** postulent d'ailleurs que l'appartenance à une génération conditionne la culture technologique. D'après les auteurs, d'une tranche d'âge à l'autre, les habitudes et les usages technologiques diffèrent (Docampo Rama, Ridder, & Bouma, 2001 ; Sackmann & Winkler, 2013). Ces différences nous intéressent, car elles sont susceptibles d'impacter les attentes et les besoins en termes d'interaction homme-machine.

Pour étudier la culture à un niveau techno-générationnel, nous proposons dans la thèse de mesurer **l'affinité technologique.** Pour cela, nous prenons en compte divers aspects, plutôt factuels, de la relation homme-technologie : les usages, la fréquence d'usage, les possessions, les connaissances et les compétences réelles des utilisateurs avec toutes sortes de technologies. Toutefois, nous pensons, comme certains auteurs le suggèrent, que la techno-affinité est un concept qui va au-delà du facteur âge et qui s'explique aussi par des facteurs socio-professionnels (Pasquier, 2022 ; Sperandio, la Garza, & Michel, 1999). D'où le concept de techno-socio-générations.

Nous faisons alors l'hypothèse générale que la préférence des sujets, concernant la dématérialisation et la numérisation des cockpits, se traduit par une **recherche d'optimum** entre une expérience à la fois ergonomique (interaction performante et non distrayante) et hédonique (interaction stimulante et agréable). Nous faisons également l'hypothèse que selon leur niveau de techno-affinité, les sujets n'auront pas le même optimum entre ces caractéristiques, du fait d'attentes ou de besoins différents.

Objectifs

L'objectif de ces travaux de recherche est, dans un premier temps, d'étudier le concept de techno-affinité. Autrement dit, nous voulons justifier sa pertinence en tant que marqueur culturel techno-socio-générationnel. Nous voulons également créer un outil de mesure permettant l'identification de profils de techno-affinité.

L'objectif de ces travaux de recherche est, dans un second temps, d'étudier comment, en contexte automobile, la relation homme-technologie impacte les perception sensorielles et ergonomiques des individus. Nous voulons également déterminer le niveau de technologie qui convient le mieux à chaque profil de techno-affinité.

Approches

Deux approches principales sont employées pour répondre aux problématiques de la thèse.

Premièrement, l'**approche statistique IRT** (*Item Response Theory*) est utilisée dans ces travaux de thèse pour modéliser divers phénomènes psychologiques : techno-affinité et expérience utilisateur. Les modèles IRT nous sont apparus comme les plus adéquats pour aborder notre problématique. En effet, nous cherchions essentiellement à mesurer des différences inter-individuelles d'affinité entre des sujets et des technologies, ou entre des sujets et des caractéristiques d'interaction homme-machine. Les modèles IRT ont justement pour propriété de projeter simultanément les sujets et les items, dans un même espace latent, en donnant du sens à leur inter-distance (van der Linden, 2019).

Deuxièmement, une **approche mixte quantitative-qualitative** est utilisée tout au long de ces travaux de thèse. L'approche qualitative nous est apparue comme essentielle pour apporter des éléments de compréhension supplémentaires aux phénomènes psychologiques modélisés. Ainsi, des focus groups ont été menés dans le cadre de la validation externe d'un outil psychométrique. Cela nous a permis, entre autres, de valider les comportements objectifs des différents profils de techno-affinité à l'égard des technologies. Un recueil de verbatims a également été fait lors des expérimentations homme-machine afin d'apporter des éléments explicatifs aux attitudes et comportements observés.

Contribution 1

Dans ces travaux de recherche, nous avons, dans un premier temps, contribué à **la mesure de différences interindividuelles de techno-affinité**. Pour faire cela, nous avons collecté, auprès de 1000 individus représentatifs de la population française, un grand nombre de réponses, sur un ensemble de 110 items couvrant un champ large d'objets technologiques. Pour ces items, les répondants devaient indiquer leur niveau factuel de possession, de connaissance et/ou d'usage.

À travers l'ensemble des analyses effectuées en marge de la validation psychométrique d'une échelle de mesure de la techno-affinité (validation interne via des indicateurs statistiques ; validation externe via des focus groups), nous avons pu montrer que :

- Le spectre large couvert par les items peut correctement être modélisé par une seule dimension, clairement identifiée comme une dimension bipolaire et cumulative de techno-affinité, où la technophobie est opposée à la technophilie ;

- La techno-affinité englobe naturellement un facteur temporel d'ordre générationnel, mais du fait de facteurs socio-professionnels, ne se confond pas exclusivement avec ce facteur temporel ;
- La techno-affinité est un bon prédicteur du comportement objectif des sujets en contexte automobile ;
- La techno-affinité est pertinente dans un contexte de mondialisation, car il existe une dimension commune et consistante entre deux pays aux valeurs culturelles nationales différentes.

Les résultats ont montré que plus le niveau de techno-affinité augmente, plus les usages de la technologie sont fréquents, les opinions sont positives, et les connaissances sont pointues. À l'inverse, plus le niveau de techno-affinité diminue, plus les usages sont basiques, les opinions sont négatives et les connaissances s'amenuisent. Par ailleurs, les réponses à certaines questions, concernant les attentes en termes d'équipements technologiques, ont pu mettre en évidence que les faibles niveaux de techno-affinité montrent des besoins de nature plus ergonomique (facilité, utilité), tandis que les hauts niveaux de techno-affinité montrent des besoins de nature plus hédonique (esthétique, stimulation).

Finalement, grâce au Modèle IRT cumulatif du Crédit Partiel (PCM; Masters, 1982), nous avons pu proposer un outil de mesure de la techno-affinité court (en 15 items), dont l'usage en terrain est facilité par la simple somme des réponses. L'outil a pu être utilisé pour recruter, lors de nos différentes études, des sujets dont le rapport à la technologie variait : des profils les plus distants, aux profils les plus connectés aux technologies (Distants, Basiques, Engagés, Ultra-connectés).

<u>Contribution 2</u>

Dans ces travaux de recherche, nous avons, dans un second temps, contribué à **la modélisation de l'expérience utilisateur en contexte automobile**. Pour faire cela, nous avons mis en place un protocole expérimental permettant d'examiner comment les phénomènes de dématérialisation et de numérisation affectent l'expérience d'utilisateurs ayant différents niveaux d'affinité technologique. Nous avons confronté différents profils de techno-affinité à plusieurs cockpits automobiles présentant différentes modalités de dématérialisation et de numérisation. Nous avons en parallèle proposé une mesure des composantes perceptives (ergonomiques et hédoniques) et émotionnelle de l'expérience utilisateur vécue, afin que cette mesure soit spécifiquement adaptée au contexte automobile.

Au travers du travail de modélisation de l'expérience utilisateur, nous avons pu mesurer l'effet de la numérisation et de la dématérialisation des cockpits automobiles sur l'expérience utilisateur. Nous avons aussi pu déterminer comment la perception des caractéristiques IHM (ergonomiques et hédoniques) et la réaction émotionnelle, agissent sur l'appréciation globale de l'expérience vécue et sur les préférences de chaque profil de techno-affinité. Pour faire cela, nous avons mis en modèle l'interaction homme-machine en plaçant les sujets et les cockpits dans un espace latent commun, au moyen du modèle IRT *Beta Unfolding Model* (BUM; Noel, 2014). Cette approche nous a permis de mettre explicitement en modèle la façon dont les préférences peuvent être le résultat d'un compromis entre deux forces opposées (la recherche d'une expérience à la fois stimulante et maîtrisée).

Les résultats ont montré que :

- La numérisation et la dématérialisation des cockpits participent à rendre l'interaction plus hédonique (plus stimulante et plus plaisante sensoriellement) mais aussi moins ergonomique (moins facile à utiliser et moins sécurisante) mais qu'un compromis est trouvé lorsque le

cockpit automobile permet à la fois une prise en main facile des commandes et une interaction plaisante sensoriellement ;

- L'interprétation ergonomique, hédonique et émotionnelle des interactions est la même, quel que soit le niveau de techno-affinité des sujets : les sujets acceptent les environnements technologiques jusqu'au moment où l'excès de technologie leur fait perdre le contrôle. En revanche, nous avons montré que la valeur donnée à cette interprétation n'est pas la même d'un profil de techno-affinité à l'autre. Ainsi, les jugements globaux diffèrent significativement, notamment entre le profil Ultra-connecté et les autres profils de techno-affinité (Distants, Basiques, Engagés). Le profil Ultra-connecté apprécie davantage les expériences homme-machine plus hédoniques apportées par les cockpits fortement numérisés. Les autres profils de techno-affinité ont des besoins de nature plus ergonomiques, notamment liés à la sécurité d'utilisation. Le besoin d'attention en conduite pouvant expliquer des différences de préférences entre ces profils.

Ces contributions ont donné des indications à l'entreprise quant aux spécificités de chaque profil de techno-affinité à prendre en compte dans le choix de conception des IHM, en fonction des objectifs industriels attendus à moyen et long terme.

Publications :

Noël, M., Noël, Y., Lucet, N., & Lê, S. (2022). Translating non-experts' perception for expert engineers : A first step in co-designing automotive human–machine interfaces. *Food Quality and Preference*, 98, 104528. doi: 10.1016/j.foodqual.2022.104528