

Séminaire « Automatisation »

***Conception centrée utilisateur
et acceptabilité du véhicule
autonome***

Annie Pauzié

Directrice de Recherche Lescot

Université Gustave Eiffel

21 janvier 2022

Les concepts de véhicules automatisés et facteurs humains

Concept 1



Les commandes du véhicule sont en place, le conducteur sera amené à intervenir d'une manière ou d'une autre
Acceptabilité, acceptation, confiance, reprise en main, problème attentionnel,...

Concept 2



Le véhicule automatisé ne possède pas de commandes
Acceptabilité, accessibilité,...

Problématique Facteurs Humains

annie.pauzie@univ-eiffel.fr

Véhicule Automatisé: les enjeux en Sécurité



Hypothèse

Si au moins 90% des accidents sont liés à l'erreur humaine, alors le véhicule automatisé supprimera ces erreurs et éliminera 90% des accidents

Cependant

L'automatisation n'élimine pas l'humain de la tâche de conduite mais modifie son rôle vis à vis de cette tâche

Véhicule Automatisé: les enjeux en Sécurité

- **Amélioration de la sécurité:** une chance de réduire les accidents routiers grâce à une meilleure performance des technologie par rapport aux performances humaines (vitesse de réaction performante, perception à 360°, ...mais aussi pas de problème de fatigue, de vigilance dégradée,...)
- **Détérioration de la sécurité:** créer un contexte d'incompréhension (cf. aéronautique), de rejet (ex: décalage entre les actions automatisées et le style de conduite), de perte de vigilance (ex: suppression de la responsabilité du contrôle) liés aux automatismes partiels ou complets de la tâche de conduite

Conduite autonome

Problématique de reprise en main par l'humain



***Comment
optimiser les
modalités de
coopération entre
l'humain et
l'automatisme?***

Facteurs Humains: les variables

- **Acceptabilité:** perception de l'utilité et de la facilité d'utilisation, sécurité,...(a priori) *enquêtes, focus group,...*
- **Acceptation:** liée aux caractéristiques d'utilisabilité du VA (suite à l'expérience)
- **Confiance:** problématique de SUR-CONFIANCE ou de SOUS-CONFIANCE: *enquêtes, focus groups, interviews approfondis...Avant/Après l'utilisation*
- **Conscience de la situation:** « knowing what's going on so you can figure out what to do ». L'automatisation impacte directement sur la conscience de la situation du conducteur
- **Charge mentale du conducteur** (situation de reprise en main):
 - **Aspect perceptif** : visuel, auditif, tactile
 - **Aspect cognitif** : attention, pression temporelle, interférence
 - **Aspect lié à l'état du conducteur** : stress.

Interaction Humain Machine

IHM

- Cas de reprise en main manuelle: certains conducteurs préfèrent finir les tâches en cours non liées à la conduite <-> excès de confiance dans les automatisations (NHTSA, 2015)

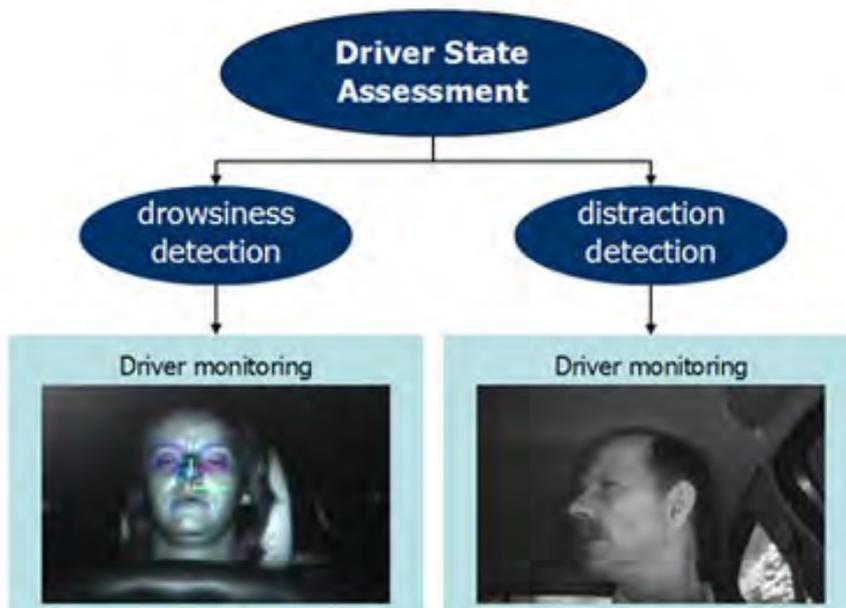


Source projet HAVEit

IHM doit être soigneusement étudiée en fonction de l'état du conducteur et du contexte d'urgence (risques de non détection, de temps de réaction trop long, d'action inappropriée...)

Transition entre la conduite automatisée et la conduite manuelle

- Les conducteurs sont capables de se remettre dans la boucle entre 5 et 7 secondes (Louw et al. 2014)
- En situation de reprise en main, les conducteurs ont besoin de 30 à 45 secondes pour stabiliser leur comportement (Merat et al. 2014)



Intérêt des approches « diagnostic » et « monitoring » du conducteur

Projet AutoConduct

Adaptation de la stratégie d'automatisation des véhicules autonomes (niveaux 3 & 4) aux besoins et à l'état des conducteurs en conditions réelles
septembre 2016-2020, financement NFI

- Analyse des besoins et de l'acceptabilité, évaluation de l'état du conducteur, pour concevoir une stratégie de Coopération Homme-Machine (CHM) adaptée à la problématique de la conduite autonome
- Etude des cas d'usage « transitions entre conduite manuelle et conduite autonome » et « mise en sécurité du véhicule à l'initiative du système ».

Organisation & Methodology



AutoConduct

Management & Dissemination

Acceptance

- Identification of users' needs
- Use case definition
- Assessment of methodologies

Focus group
Online Questionnaire



Monitoring

- Global diagnostic
- Physical state
- Perceptual state
- Internal state

Driving simulators



HMI

- HMI specification and implementation
- Haptic shared control

Implementation and

- Development of a communication platform
- Diagnostics integration
- HMI integration
- Development of training protocols
- Evaluation of driver acceptance

Driving simulator



Automated vehicle

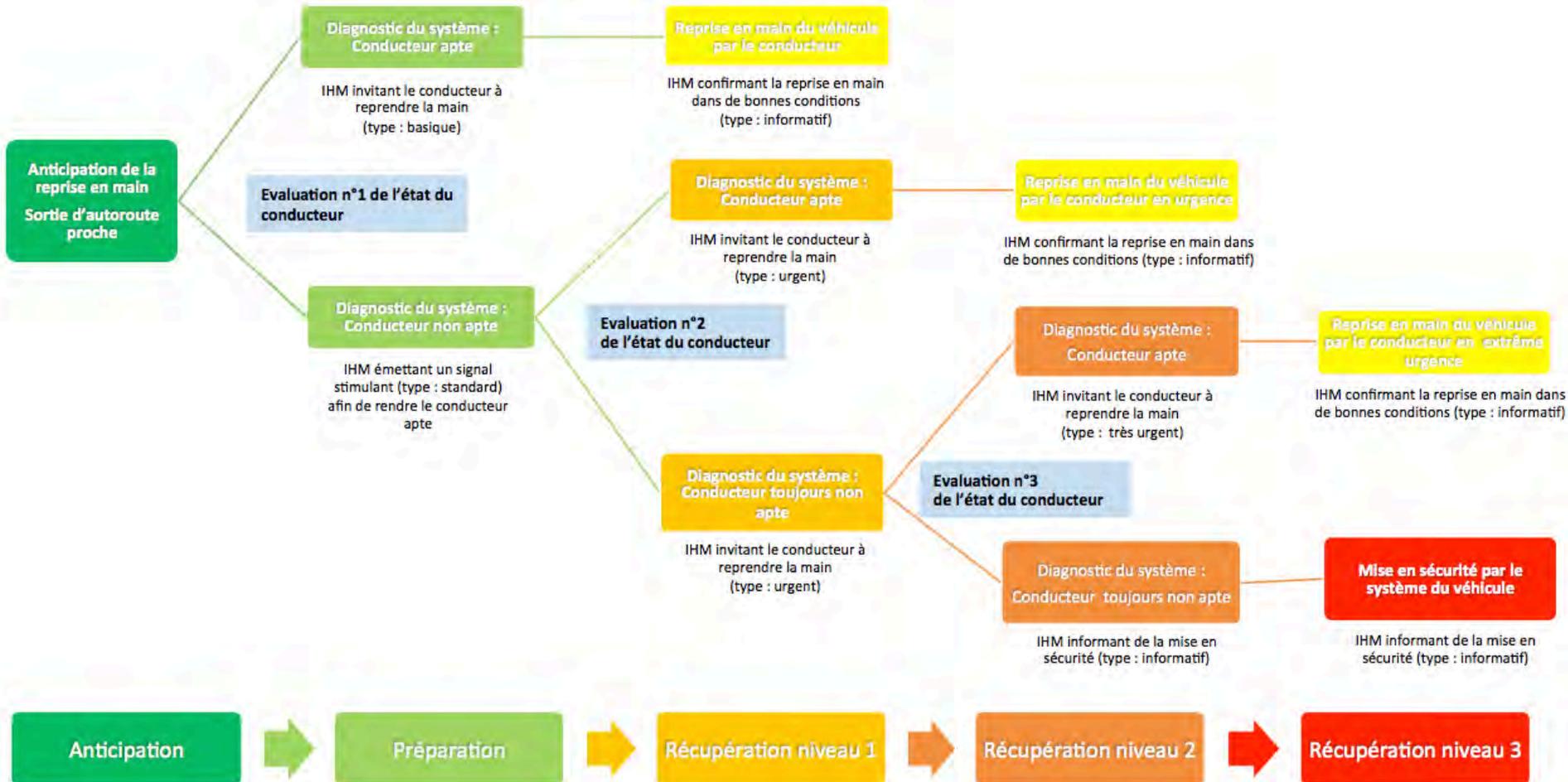


Wizard of Oz vehicle



Scenarrio de reprise en main

Des IHM évolutifs selon l'urgence de la situation



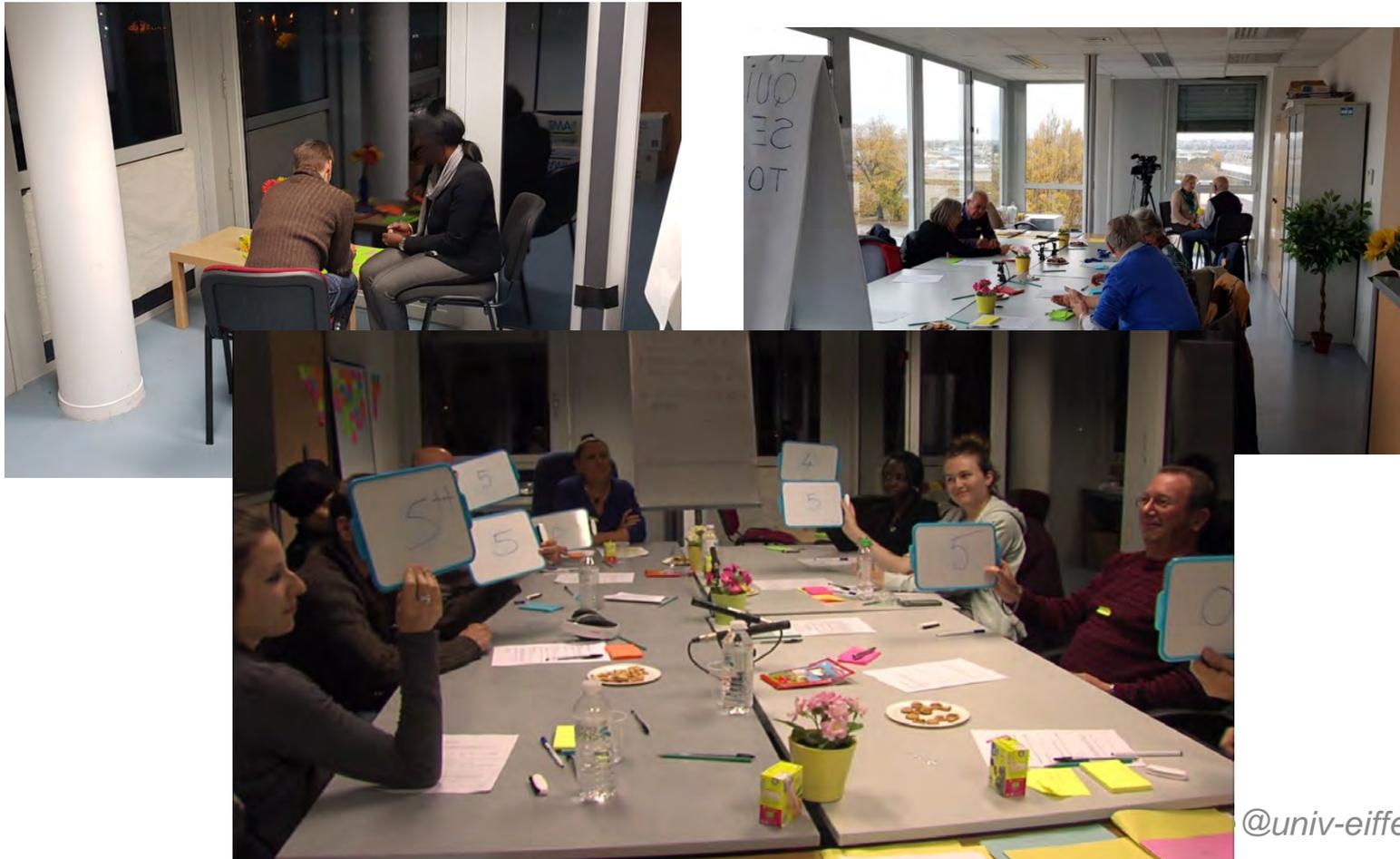
Objectifs de l'étude par Focus Groups

- Recueillir et analyser les **besoins des futurs usagers du VA** (préférences, acceptabilité et propositions de conception) quant au **design de l'IHM** à l'occasion des **phases de transition conduite automatisée / conduite manuelle**. Identification des modalités de dialogue VA/usager appropriées selon divers scénarios plus ou moins critiques de reprise en main.
- En **définir** un spectre large **de recommandations de conception** conçu à partir des besoins identifiés des usagers, ainsi que des normes et standards en vigueur dans le domaine de la conception IHM, à resituer compte tenu des paramètres de **faisabilité technique**, pour guider les choix des développeurs dans le contexte des modalités de communication de l'information aux futurs usagers.

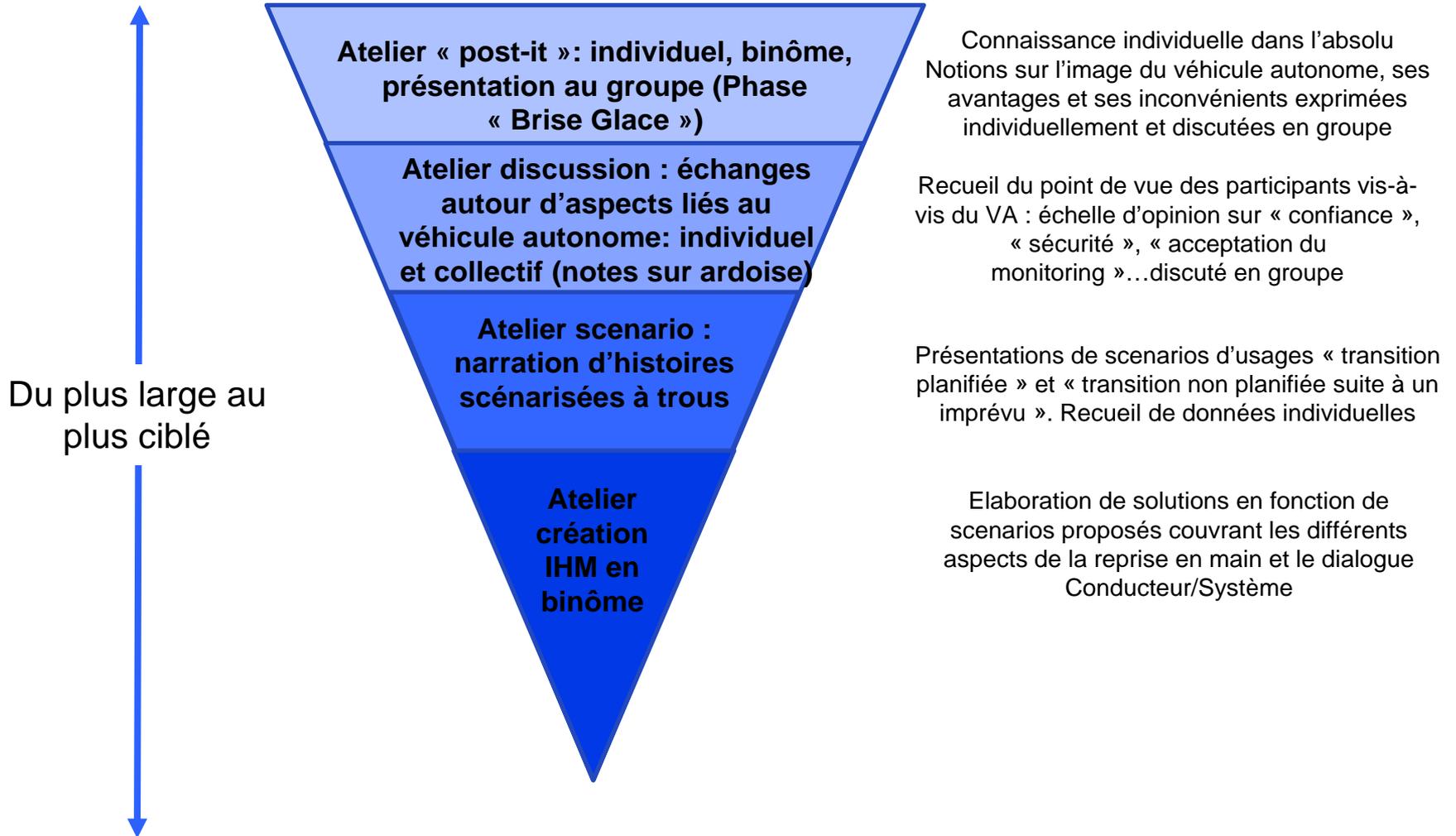
Participants du Focus Group

6 groupes de 8 participants chacun

- 1 Groupe **seniors**: plus de 65 ans
- 1 Groupe **novices**: moins de 2 ans de conduite
- 1 Groupe **expérimentés**: plus de 10 ans de conduite
- 1 Groupe **pro**: conduite dans le cadre professionnel, gros rouleurs
- 2 Groupes **mixtes**: composés des 4 critères précédents



Logique sous-jacente du focus group



3 cas d'usage étudiés

Cas n°1 : Transition planifiée de l'automatisé au manuel

« Vous êtes en conduite automatisée depuis plusieurs heures et vous arrivez à la sortie d'autoroute qui vous concerne. Comme prévu, le véhicule vous propose de reprendre la main. »

Cas n°2 : Transition NON planifiée de l'automatisé au manuel

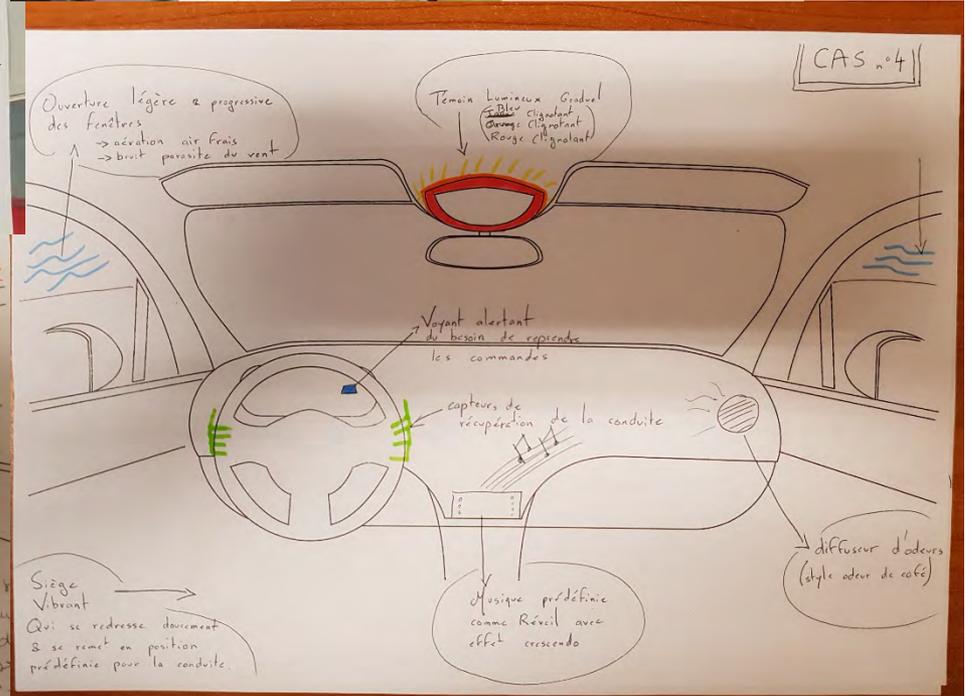
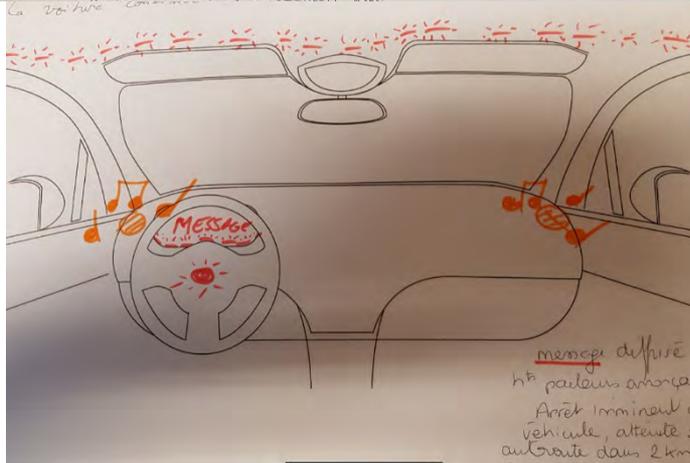
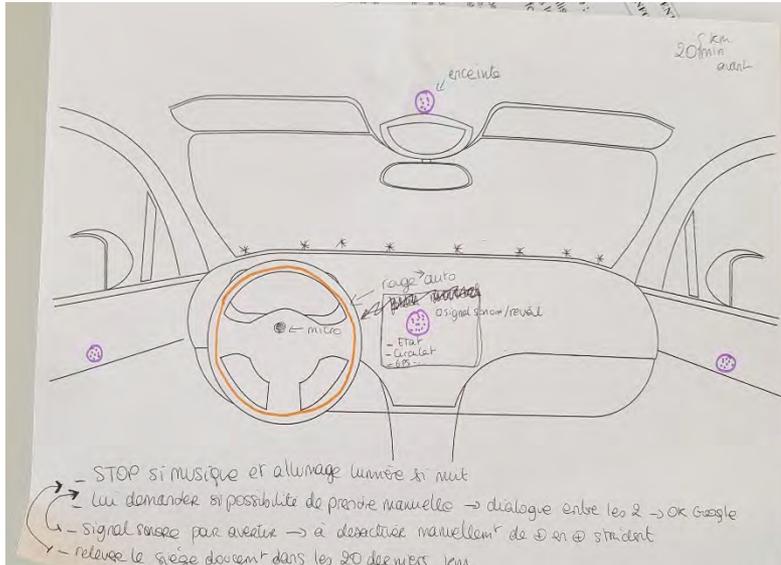
« Vous êtes en conduite automatisée depuis plusieurs heures et le pilote automatisé du véhicule a un problème. »

Cas n°3 : Transition planifiée de l'automatisé au manuel en situation de profond endormissement

« Vous êtes en conduite automatisée depuis plusieurs heures, vous êtes allongés sur votre siège et vous dormez profondément. La sortie d'autoroute prévue est proche, la voiture vous l'indique. »

« Comment imaginez-vous cet échange entre vous et votre voiture ? »

Des exemples de propositions IHM



Cas n° 1 :

Transition planifiée de l'automatique au manuel

1ere phase: Anticipation et Mise en place

- A l'unanimité, les conducteurs souhaitent être **Informés** au moins 2 à 3 minutes (minimum, certains évoquent 5 minutes) avant **le moment de transition** afin de se préparer à la conduite manuelle.
- **Message vocal court et précis** priorisé par 3 groupes (mixtes et pro). Un message visuel complète le message vocal; celui-ci reste affiché en feedback continu (LED, Ecran ou HUD, avec pictogramme ou message écrit) pour éviter une répétition des messages audio.
- **Message visuel** priorisé par les 3 autres groupes (seniors, novices et expe). Le message vocal arrive en complément pour interpeller le conducteur si celui-ci ne réagit pas.
- **Haptique** (vibrations du siège) évoqué en dernier recours si messages visuels et vocaux sans effet (groupe expe).
- ~~Nécessité d'un bouton ou d'une commande vocale pour valider le fait qu'ils sont prêts~~

2eme phase: Transition

- **Message vocal qui les guide** (ex: « mettez les mains sur le volant », ou « mettez les pieds sur les pédales »)
- **Message visuel** qui informe en complément du vocal (ex: barre de chargement, LED clignotantes) témoin de la dynamique de la transition.
- Groupe pro suggère un ajout d'informations liées au trafic soit immédiat (ex: rétroviseur), soit anticipé, ainsi que des info sur la navigation et sur la météo...(conscience de la situation)

3eme phase: Transition confirmée

- **Message vocal ou sur écran** pour que le système confirme la passation des commandes el.fr

Cas n° 2 : Transition NON planifiée de l'automatique au manuel

1ere phase: Avertir le conducteur

- A l'unanimité (6 groupes), les conducteurs souhaitent être alertés et informés de la **nature du problème par des messages vocaux concis et précis**. Seniors demandent un pictogramme visuel en complément en tant qu'alerte.
- **Message visuel** considéré comme utile par tous pour être informés en continu dans le temps (ex: pictogramme représentant le type de panne, message écrit -HUD ou Ecran-, signal lumineux dont la couleur varie selon la gravité de la panne : orange ou rouge).
- **Seniors évoquent un gyrophare** pour prévenir les autres conducteurs.
- **Haptique** (vibrations du siège) également évoqué.

2eme phase: Conducteur apte (transition manuelle)

- **Mode de communication** (bouton et/ou vocal) pour que le conducteur valide qu'il est prêt à reprendre les commandes,
- Transfert des commandes: **demande d'un accompagnement par un message vocal** pour le guider sur la procédure à suivre (revenir chez soi, mise en sécurité). Echange vocal possible avec l'IA (ex: poser des questions pour avoir plus d'informations sur la panne et les actions à faire).
- ~~**Message visuel en soutien** qui apporte les mêmes informations que le vocal ainsi que des~~

2eme phase bis: Conducteur inapte (mise en sécurité)

- A l'unanimité, les conducteurs souhaitent une **mise en sécurité autonome du véhicule**
- **Message vocal informant** de la mise en sécurité du véhicule imminente et sous quelle forme.
- **Messages visuels** apportant les mêmes informations de manière continue.
- Véhicule avertit **les autorités compétentes** (seniors).

2eme phase ter: Conduite manuelle HS (mise en sécurité)

Cas n° 3 : Transition planifiée de l'automatique au manuel en situation de profond endormissement

1ere phase: Réveil du conducteur

- A l'unanimité, **importance d'anticiper le reveil en amont** : Chiffres évoqués : 5km, 10km ou 20km.
- **Intrusivité graduelle des messages émis** afin de ne pas brusquer le réveil. Montée en gamme en intensité et en fréquence des signaux (sonore, visuel, et haptique).
- **Message audio** : vocal avec une injonction de se réveiller, ou une musique à la manière d'un réveil.
- **Message visuel** : signal lumineux qui augmente en intensité (en particulier de nuit), diodes qui clignotent avec une fréquence de plus en plus élevée.
- **Messagerie haptique** (vibration du siège) émise en dernier recours si messages visuels et

2eme phase: Conducteur apte (Transition)

- Autres propositions: Odeur de café, ouverture des fenêtres, mise en place du siège
- **Mode de communication** (bouton et/ou vocal) pour que le conducteur valide qu'il est prêt à reprendre les commandes,
 - **Message vocal** pour confirmer le bon déroulement de la reprise en main (ex: mettez les mains sur le volant)
 - **Message visuel en soutien** qui apporte les mêmes informations que le vocal et qui peut donner des informations complémentaires (ex: état du trafic, navigation, météo. écran central, HUD).
 - **Confirmation que la transition est bien réalisée** : Message vocal, lumières qui deviennent

2eme phase bis: Conducteur inapte

- Cas de figure non envisagé par les conducteurs FG: révélateur de confiance dans le système d'éveil

Synthèse des résultats

Pauzié A, Ferhat L. & Tattegrain H., (2019), Innovative Human Machine Interaction for automatised car: Analysis of drivers needs for recommended design, ITS world congress, October, Singapore.

Pauzié A, Ferhat L. Handbook for developers, Acceptability of the autonomous vehicle - Human centred design for guidelines and design recommendations

- Messages audio ... permettent d'interpeller et alerter les usagers quelle que soit leur posture et leur activité
- Messages visuels ... permettent d'afficher davantage d'informations, et ce de manière continue dans le temps
- Redondance informations auditives et visuelles ... demandée par les seniors
- Modalités haptiques Elles sont évoquées dans les cas les plus critiques lorsque les messages visuels et audio restent sans réponse (vibrations du siège)
- Dialogue vocal ... pour créer une relation personnalisée entre le véhicule et l'utilisateur
- Communication en temps réel sur la nature des dysfonctionnements éventuels ... fait consensus
- Besoin de formation des usagers ... quant aux modalités de communication IHM selon les contextes environnementaux et les actions prévues automatisées

Synthèse des besoins conducteurs IHM

- Les messages audio ont été appréciés par les conducteurs car ils présentent l'avantage de pouvoir les interpeller et les alerter quelle que soit leur posture et leur activité
- Les messages visuels ont été appréciés car ils permettent d'afficher davantage d'informations, et ce de manière continue dans le temps.
- Les seniors réclament plus souvent que les autres groupes la redondance des informations visuelles et auditives.
- Consensus concernant la nécessité de communiquer en temps réel la nature des dysfonctionnements éventuels
- Il y a la demande d'une relation personnalisée avec le véhicule de la part du conducteur sous forme de dialogue vocal
- Les modalités haptiques telles les vibrations du siège sont évoquées dans les cas les plus critiques lorsque les messages visuels et audio restent sans réponse
- Importance de former les conducteurs a priori quant aux modalités de communication IHM selon les contextes environnementaux et les actions prévues automatisées

Acceptabilité du véhicule autonome

Analyse des besoins et aide à la conception de
l'IHM en phase de transition

Pauzié Annie & Ferhat Lyess

Ifsttar/Lescot

LIVRABLE D2.3.2

Tâche 2 : Acceptabilité

Tâche 2.1 Analyse des besoins par Focus Groups

AUTOCONDUCT

Adaptation de la stratégie d'AUTOMatisation des véhicules autonomes
aux besoins et à l'état des CONDUCTeurs en conditions réelles



> Acceptability of the autonomous vehicle: analysis of drivers' needs and support to the HMI design during transition phase

> Pauzié A, Ferhat L. & Tattegrain H., (2019), Innovative Human Machine Interaction for automatised car: Analysis of drivers needs for recommended design, ITS world congress, October, Singapore.

>

Les signaux sonores

L'urgence de la reprise en main lors des stades ultimes de la phase de transition peut être signifiée par des signaux sonores d'alerte répétitifs.

- Quelle que soit l'âge et l'expérience de conduite, les signaux sonores répétitifs comme mode de communication sont recommandés par les conducteurs pour leur faire connaître de manière non ambiguë l'urgence de la situation.
- Du fait de l'intrusivité des signaux sonores répétitifs, il est recommandé de réserver ce type de message pour les phases ultimes de reprise en main, lorsque les autres modes de communication se sont avérés insuffisants.

L'ambiance musicale

Une ambiance musicale peut constituer une alerte intéressante, bien acceptée par le conducteur, qui peut être émise de manière continue sans le gêner, perçue quelle que soit sa posture, et présentant la possibilité de communiquer des niveaux d'urgence crescendo en fonction de rythmes typiques d'une phase d'urgence donnée.

- Sans surprise, ce sont les jeunes conducteurs qui ont proposé cette possibilité d'ambiance musicale comme système d'alerte convivial à partir des hauts parleurs du véhicule, permettant d'extraire le conducteur de son activité annexe sans stress et sans brutalité.
- De manière à accroître l'acceptabilité de l'ambiance musicale en tant que sollicitation du conducteur, il serait intéressant que celui-ci puisse définir à l'avance quelles sont les musiques qu'il souhaite paramétrer dans le système et pour quelle phase d'urgence de la transition.

Design HMI

Example of recommendation

Acceptabilité du véhicule autonome

Préconisations et recommandations de
conception : approche centrée sur l'utilisateur

Pauzié Annie & Ferhat Lyess, Ifsttar/Lescot

Marlène Bel & Sami Kraiem, Vedecom

LIVRABLE D 2.3

Tâche 2 : Acceptabilité

AUTOCONDUCT

Adaptation de la stratégie d'AUTOmatisation des véhicules autonomes
aux besoins et à l'état des CONDUCTeurs en conditions réelles

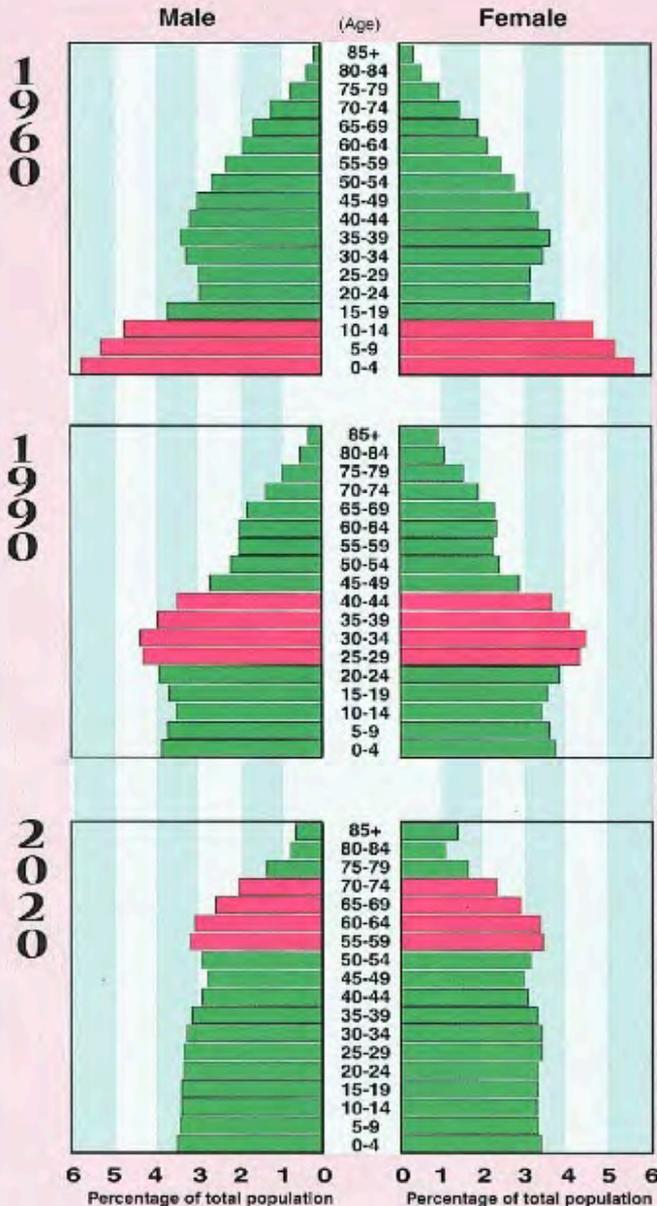


Référence du projet : ANR-16-CE22-0007

Handbook for developers
Acceptability of the autonomous
vehicle - Human centred design
for guidelines and design
recommendations

Population Age Structure: 1960 to 2020

■ Baby Boom



Conducteurs seniors et automatisaton

Une attention spécifique doit être dédiée aux conducteurs séniors

La « pyramide » des âges évolue en « carré » des âges (squaring of the senior population)

Automatisation

- Valeur ajoutée pour les seniors en termes de sécurité et de mobilité
- Conception adaptée à leurs capacités fonctionnelles, leur acceptance, leur confiance,

Les perspectives du véhicule autonome

- D'après Marcus (2012), dans quelques décennies, le véhicule autonome sera tellement fiable qu'il ne sera pas légal pour un humain de conduire une voiture.

???

Merci de votre attention

