

ÉCO-CONDUITE
Des habitudes à changer



UNIVERSITÉ DE TECHNOLOGIE DE BELFORT-MONTBÉLIARD

Evaluation d'un système d'aide à l'éco-conduite

ST50 : Projet de fin d'étude – P2011

LAJUS Anthony

Département Ergonomie, Design
et Ingénierie Mécanique

IFSTTAR - LESCOT

25 avenue François Mitterrand

69500 Bron

www.ifsttar.fr

Tuteur en entreprise

Hélène Tattegrain

Suiveur UTBM

Sébastien Chalmé

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à remercier Hélène Tattegrain, pour m'avoir permis de me joindre à elle au sein du LESCOT durant ces six mois, ainsi que pour les informations qu'elle m'a apportées, pour les conseils qu'elle m'a donnés, pour son suivi, sa patience et l'intérêt porté au travail que j'ai réalisé.

Ensuite, je remercie Daniel Ndyae et Odette Chanut, pour toute l'aide qu'ils ont pu me donner tout au long de mon stage et plus particulièrement sur l'utilisation du simulateur.

D'autre part, je suis reconnaissant envers Sébastien Chalmé d'avoir suivi mon travail et proposé ses services afin de m'aider.

Enfin, je remercie tout le personnel du LESCOT avec qui j'ai pu avoir à traiter pour l'aide qu'ils ont pu m'apporter, leur accueil chaleureux et leur bonne humeur.

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements.....	3
Table des matières.....	4
Introduction	7
I. Présentation de l'entreprise.....	8
A. IFSTTAR : présentation générale.....	8
1. Fusion entre le LCPC et l'INRETS.....	8
2. Missions de l'institut.....	9
3. Axes de recherche.....	9
B. LESCOT.....	10
1. Présentation générale.....	10
II. Etat de l'art.....	11
A. Impact des systemes embarques sur l'activite de conduite.....	11
1. Modélisation cognitive de l'activité de conduite.....	11
2. Les interférences avec l'activité de conduite.....	12
3. Recommandations ergonomiques pour les IHM de systèmes embarqués.....	13
B. Qu'est ce que l'éco-conduite ?.....	19
1. Indicateur de performance des moteurs.....	19
2. Les principes favorisant l'éco-conduite.....	20
C. Les Moyens déjà utilisés pour favoriser l'éco-conduite.....	22
1. Gerico.....	22
2. HONDA Econ.....	24
3. Système de conduite rationnelle pour autobus.....	26
4. Le système NENPIOH.....	27
5. Interfaces de l'Eco Driving System par Annick Maincent.....	29
6. Synthèse	30
D. Méthodes pour l'évaluation de système embarqué	32
1. Facteurs à analyser.....	32



III. Conception du système.....	36
A. Analyse fonctionnelle.....	36
1. Analyse du besoin.....	36
2. Analyse fonctionnelle externe.....	37
B. Présentation du concept développé par le LESCOT.....	37
1. Modèle de calcul.....	38
2. Interface.....	38
3. Dispositif.....	38
IV. L'expérimentation sur simulateur.....	39
A. Contraintes juridiques.....	39
B. Methodologie.....	39
1. Protocole d'expérimentation sur simulateur.....	39
2. Le choix des parcours.....	42
3. Questionnaires.....	43
C. Aspects techniques.....	45
1. Présentation du simulateur.....	45
2. Habillage des parcours.....	46
3. Scénario.....	47
D. Déroulement de l'expérimentation.....	49
V. Recueil des données et analyses.....	50
A. Données récoltées.....	50
B. Méthode d'analyse des Questionnaires.....	50
C. Statistiques descriptives du panel de sujets.....	51
D. Statistiques d'utilisation du système et de la charge mentale.....	54
E. Evaluation subjective de l'interface.....	56
VI. Conclusion.....	59
VII. Références bibliographiques.....	60
VIII. Table des figures.....	61
IX. Annexes.....	62
A. Les autres systèmes d'aide à l'éco-conduite existant.....	62

1. Formation à l'éco-conduite.....	62
2. Système d'éco-conduite non automatisé.....	63
3. Système d'éco-conduite automatisé.....	73
B. Informations données aux volontaires.....	74
C. Comparaison des différents tronçons de route.....	77
1. Parcours 1.....	77
2. Parcours 2.....	78
D. Questionnaires.....	79

INTRODUCTION

La consommation croissante d'énergie dans le monde devient un réel problème. Que ce soit vis-à-vis de la pollution engendrée mais également du fait que 85% des énergies que nous utilisons, telles que les énergies fossiles, ne sont pas inépuisables. Un jour elles viendront à disparaître et si l'on ne veut pas que le monde soit paralysé, il va falloir trouver des solutions.

C'est pourquoi la recherche s'active déjà depuis longtemps dans le secteur des énergies renouvelables afin de pouvoir nous proposer de solutions utilisant des énergies inépuisables et non destructrices pour notre planète.

Malheureusement la transition vers ce type d'énergie va être longue et il va falloir encore de nombreuses années avant que nous puissions nous contenter à 100% d'énergie renouvelable.

Il semble donc indispensable que parallèlement nous apprenions à économiser les sources d'énergie actuelles afin de repousser au maximum l'échéance que nous redoutons.

Ainsi notre système a pour but d'inciter les conducteurs à adopter une conduite rationnelle qui serait bien moins consommatrice en carburant.

On sait que les transports routiers consomment environ 15% de l'énergie mondiale (AIE, 2000) et qu'une conduite économe peut faire économiser jusqu'à + ou - 20% de carburant (ADEME), il semble donc intéressant d'agir sur ce point qui ne demande que très peu d'investissements et qui permettrait de gagner beaucoup.

Bien que les connaissances actuelles sur le fonctionnement des moteurs permettent de bien définir le type de conduite économe, le problème qui reste à définir est comment présenter les informations au conducteur pour l'inciter à l'adopter. L'objectif de stage est donc d'évaluer un nouveau type d'interface et son acceptabilité par le conducteur. Pour cela, une expérimentation sur simulateur de conduite a été menée en milieu urbain avec 20 sujets et des questionnaires ont permis d'évaluer cette interface.

I. PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE

A. IFSTTAR : PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Mon stage s'est effectué au sein de l'IFSTTAR, où j'ai pu mener à bien les missions qui m'ont été confiées par le LESCOT, (laboratoire d'ergonomie et sciences cognitives pour les transports) ex INRETS. La nature et les activités de l'Institut seront énoncées dans les paragraphes suivants et plus précisément celles du laboratoire auquel j'ai été rattaché.



Figure 1 : logo de l'IFSTTAR

1. FUSION ENTRE LE LCPC ET L'INRETS

L'Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux, sous le sigle IFSTTAR, est issu de la fusion entre le LCPC et l'INRETS. Le regroupement de ces deux organismes permet ainsi d'élargir leurs champs de recherche respectifs qui étaient finalement assez complémentaires. Le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées basait ses recherches sur les infrastructures ; facteur indéniablement lié aux usagers pour leur sécurité, ce qui est étudié par l'Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité. La naissance de l'IFSTTAR, le 1er janvier 2011, élimine ainsi cette délimitation restrictive.



Figure 2 : logo du LCPC



Figure 3 : logo de l'INRETS

2. MISSIONS DE L'INSTITUT

L'IFSTTAR a pour mission la valorisation de ses travaux de recherche dans les domaines des transports, de l'aménagement et des réseaux.

A) MISSIONS D'EXPERTISE

- évaluer les recherches et développements technologiques consacrés à l'amélioration des infrastructures et des systèmes, aux moyens de transports et de circulation, aux aménagements et aux réseaux, du point de vue technique, économique et social,
- mener dans ces domaines des travaux d'expertise et de conseil, en particulier à la demande de ses ministères de tutelle mais aussi pour divers acteurs publics, parapublics ou privés.

B) MISSIONS DE VALORISATION

- favoriser le développement de la recherche,
- encourager la circulation des connaissances,
- protéger les résultats scientifiques contre les risques de pillage,
- promouvoir le transfert réussi des innovations,
- doter les équipes de recherche d'une autonomie de moyens assurant la pérennité du savoir et de l'excellence.

3. AXES DE RECHERCHE

Chacun des deux anciens instituts ou laboratoires oriente sa recherche selon des axes bien précis dans le domaine qu'il lui est propre. C'est pourquoi ces derniers sont rattachés à leur groupe malgré la fusion progressive.

Les axes de recherches de l'INRETS sont présentés plus précisément puisque c'est au sein de cet institut que mes travaux ont été réalisés.

A) INRETS

- Mobilité, énergie, environnement - Une mobilité économe en énergie et maîtrisant ses impacts environnementaux

Cet axe inclut l'ensemble des actions visant à mieux comprendre les enjeux et les déterminants de la mobilité et des impacts de celle-ci sur l'environnement et les consommations d'énergie, mais aussi à développer les outils technologiques, politiques et organisationnels visant à mieux maîtriser la mobilité et ses impacts.

La question des bases de données de mobilité, celle du transport des marchandises, la problématique plus globale de la ville sont quelques uns des thèmes importants de cet axe, tout comme les développements technologiques liés à l'utilisation de l'énergie embarquée. L'évaluation de l'impact des décisions publiques en matière de mobilité sur les bilans énergétiques, environnementaux, sociaux dans une logique de développement durable va de plus en plus se généraliser.

- Qualité, sécurité et optimisation des systèmes de transport - Des transports sûrs, efficaces et accessibles à tous

Ce deuxième axe présente une approche globale des systèmes de transport et des différents aspects qui font leur qualité : la sûreté de fonctionnement, la sécurité des personnes, l'efficacité en termes de service rendu, de rendement énergétique et d'impacts environnementaux, l'accessibilité à tous. Cette vision renouvelle le sujet de l'optimisation des systèmes en proposant une approche véritablement multicritères, évitant par exemple de séparer sécurité routière et impacts environnementaux du trafic.

- transport et santé (accidentologie, biomécanique, santé) - Des transports respectueux de la santé des usagers et des citoyens

Le troisième axe structure l'ensemble des recherches qui étudient les liens entre transport et santé : l'insécurité routière d'abord, qui reste un problème de santé publique majeur et qui est traitée dans ses différentes dimensions épidémiologiques et accidentologiques, mais aussi les liens entre environnement et santé. L'appui à la définition des politiques publiques est également une dimension importante de cet axe.

B) LCPC

- Économiser l'énergie et les ressources naturelles
- Maîtriser le vieillissement, les risques et les nuisances
- Sécuriser la route et moderniser les infrastructures de transport

B. LESCOT

Mes missions ont été menées au sein du LESCOT. C'est pour cette raison que seule cette unité de recherche est présentée dans ce document.

1. PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Le LESCOT, Laboratoire Ergonomie et Sciences Cognitives pour les Transports, est l'une des cinq unités de recherche de l'INRETS en région Rhône-Alpes. Le LESCOT rassemble 21 permanents : des chercheurs et ingénieurs de recherche à dominante Psycho-Ergo, une équipe technique en charge des moyens d'essais et une équipe administrative. Il accueille également des doctorants (8), des personnels recrutés en CDD (12) et des stagiaires (9).

A) MISSIONS

L'homme en situation de déplacement, ses spécificités individuelles et ses interactions avec son environnement sont au centre des préoccupations du LESCOT. Il s'agit de faciliter sa mobilité, avec un niveau de confort et de sécurité optimal, en favorisant le développement de transports respectueux de l'environnement. Connaître le fonctionnement de l'humain, comprendre les freins à la mobilité, identifier les contextes de risque et proposer des solutions pour y remédier, telles sont les missions du LESCOT.

B) THÈMES DE RECHERCHE

- Attention et représentations en conduite
- Conception anthropocentrée des systèmes d'information et des aides à la conduite
- Compétence de conduite des personnes âgées et/ou handicapées
- Accessibilité des transports et mobilité des personnes en situation de handicap

II. ETAT DE L'ART

A. IMPACT DES SYSTEMES EMBARQUES SUR L'ACTIVITE DE CONDUITE

1. MODÉLISATION COGNITIVE DE L'ACTIVITÉ DE CONDUITE

Tout d'abord il faut savoir qu'il est possible de classer l'action d'un conducteur en niveau d'activité. Plusieurs modèles ont été élaborés dont celui de Rasmussen ou celui de Van Der Molen.

Rasmussen distingue trois types de comportement basés sur les différents niveaux de contrôle cognitif de l'activité humaine.

- Le comportement basé sur les habilités (« skill-based behavior ») : ce niveau correspond à un faible niveau de demande cognitive.
- Le comportement basé sur les règles (« rule-based behavior ») : il peut correspondre au niveau des procédés. Il utilise généralement des règles pré-stockées et c'est à l'utilisateur de déterminer laquelle il sera le plus judicieux d'utiliser.
- Le comportement basé sur les connaissances (« knowledge-based behavior ») : c'est le niveau le plus élevé de demande cognitive. Il va demander à l'utilisateur une réelle réflexion.

Quant à Van Der Molen, il distingue trois types de comportement basés sur le niveau de contrôle orientés sur la tâche.

- Le niveau opérationnel « operational level » : qui correspond à la **tâche de contrôle** consistant à manipuler les commandes du véhicule.
- Le niveau tactique « tactical level » : qui correspond à la **tâche de guidage** correspondant aux décisions prises à un instant donné pour réaliser la tâche de conduite.
- Le niveau stratégique « strategic level » : qui correspond à la **tâche de navigation** consistant à se rendre d'un point à un autre.

Bien que la plupart des tâches du niveau opérationnel soient basées sur les habilités, celles du niveau tactique sur des règles et celle du stratégique sur des connaissances, ces deux modèles de classification de l'activité ne peuvent être totalement confondus.

En effet, les deux dimensions (contrôle cognitif, type de tâches) peuvent être combinées pour former une matrice telle que celle définie par Hale, Stoop et Hommels afin de proposer une classification comparative de quelques tâches de conduite. (Figure 4)

Niveau de contrôle orienté sur la tâche

	Strategic level	Tactical level	Operational level
Knowledge	Navigating in unfamiliar area	Controlling skid	Novice on first lesson
Rule	Choice between familiar routes	Passing other vehicles	Driving unfamiliar vehicle
Skill	Route used for daily commute	Negotiating familiar intersection	Vehicle handling on curves

Figure 4 : Classification de quelques tâches de l'activité de conduite

De plus, nous pouvons distinguer le type de tâche en fonction de son implication dans la tâche de conduite:

- **Tâches de gestion des indicateurs de conduite** : compteur de vitesse, compte tour, ...
- **Tâches de confort** : gestion des instruments de bord comme l'autoradio ou tout type de système embarqué.

2. LES INTERFÉRENCES AVEC L'ACTIVITÉ DE CONDUITE

L'ensemble des tâches à réaliser par le conducteur entraîne une mobilisation de ses ressources cognitives. Les processus cognitifs mis en œuvre par le conducteur sont complexes car trois des cinq sens (la vue, l'ouïe et le toucher) ainsi que son système vestibulaire sont en permanence sollicités. De plus, comme nous l'avons déjà dit, la conduite automobile représente un ensemble de tâches temporellement contraintes que le conducteur doit gérer en mobilisant ses ressources. L'homme a des capacités limitées ou des ressources attentionnelles limitées. Le conducteur doit donc partager son attention et mobiliser ses ressources entre les différentes tâches de la conduite automobile. L'ajout de tâches supplémentaires, notamment de confort ou de gestion de systèmes embarqués, aura pour conséquence d'augmenter le partage et la mobilisation des ressources attentionnelles du conducteur. Le but est donc d'avoir un système embarqué où l'interaction avec le conducteur nécessitera le minimum d'attention.

A) LES NIVEAUX D'INTERACTION

Les différents types de systèmes embarqués interagissent avec le conducteur selon différents modes.

Les modes d'interactions ont été classés en six catégories (Mammar et al, 2005) :

- Instrumenté : des informations sont fournies au conducteur ; par exemple le compteur de vitesse
- Avertissement : émission d'une alerte
- Limité : les actions du conducteur sont limitées (limiteur de vitesse, compte tour)
- Médiatisé : les actions du conducteur sont traitées avant d'être transmises aux organes
- Régulé : tâches de conduite déléguées au contrôleur mais débrayable par le conducteur

- Automatisé : le conducteur est complètement déchargé du processus

Ces différents modes permettent d'expliciter les différents niveaux d'interactions possibles entre les systèmes et le conducteur. Nous pouvons donc regarder l'interaction conducteur-système suivant deux caractéristiques : leur niveau d'implication de l'activité de l'opérateur et le niveau du mode d'interaction avec celui-ci.

Dans l'automobile on utilise essentiellement les modes non-automatisés précités, cela s'explique par le fait que ces systèmes ne nécessitent pas une fiabilité absolue et qu'un taux d'erreur est acceptable car ils fournissent des informations généralement demandées par le conducteur, et celui-ci est libre de les utiliser à bon escient.

B) LA COMPLEXITÉ DES SYSTÈMES

La complexité est au centre de nombreux systèmes de la vie moderne. La complexité d'un système peut se définir comme suit : « qui se compose d'éléments différents, combinés d'une manière qui n'est pas immédiatement saisissable » (Larousse, 2003). On peut également la distinguer sous différents aspects ou niveaux. Dans le cas des systèmes embarqués Boy (parle de complexité interne et de complexité externe. La complexité interne est la complexité intrinsèque du système, c'est-à-dire à l'intérieur du système, là où l'utilisateur n'a pas accès. Quant à la complexité externe, elle correspond plus généralement à ce que l'opérateur perçoit du système.

Cette dernière nous intéresse tout particulièrement car elle repose sur les notions d'intention et de coût cognitif vis-à-vis de l'opérateur pour réaliser sa tâche. Et l'on sait qu'en augmentant le coût cognitif d'une tâche de confort, on va perdre en attention sur les autres tâches, dont celles liées à la conduite. Et cette baisse d'attention peut provoquer une conduite dangereuse pour l'utilisateur.

Cependant l'influence du système sur les conducteurs dépend fortement des capacités perceptuelles, cognitives et motivationnelles du conducteur. Pour cela, la notion de prise de risque et l'anticipation de l'impact des systèmes sur le possible futur comportement à risque de la part du conducteur est une donnée importante à considérer lors de la conception de nouveau système notamment pour réduire les erreurs humaines.

3. RECOMMANDATIONS ERGONOMIQUES POUR LES IHM DE SYSTÈMES EMBARQUÉS

Jusqu'au début des années 1980, les IHM des véhicules se limitaient à de « simples » boutons et manettes en entrée et à quelques cadrans (compteurs, jauges, ...) et voyants lumineux en sortie. Cette instrumentation convenait très bien pour accomplir la tâche de conduite.

Depuis la fin des années 1980, des systèmes électroniques plus sophistiqués ont été ou sont en cours de développement. Ces nouveaux systèmes ont tous pour objectif commun l'amélioration du trafic routier et de la sécurité. Cependant, là où les technologies récentes permettraient des progrès impressionnants (guidage automatique du véhicule, vision améliorée, système anticollision, ...), souvent les concepteurs se heurtent à un problème d'interface homme-machine lors de la phase d'installation du nouveau système en véhicule.

De manière simplifiée, il est facile de comprendre que si chaque nouveau système installé apporte une nouvelle quantité de boutons et d'écrans sur la planche de bord, l'habitacle risque de se transformer rapidement en une cabine de pilotage.

A) LES MODES D'INTERACTION DE L'HUMAIN

Du point de vue humain, l'activité de conduite d'un véhicule est une activité cognitivo-comportementale qui repose sur un cycle ternaire : une étape sensorielle qui correspond à la prise d'information, une étape cognitive qui correspond au traitement de l'information et à la prise de décision et une étape motrice qui correspond à l'action (Maincent, 2010).

Pour cette activité, le conducteur aura recours à :

- des interfaces d'entrée, le système sensoriel,
- un système central de traitement de l'information, le système nerveux central,
- des interfaces de sortie, les mains, les pieds, la voix.

Ce paragraphe présente les interfaces humaines récepteurs et commandes périphériques impliquées dans l'activité de conduite d'un véhicule.

Quel que soit le mode de fonctionnement du système, la gestion des interactions entre l'Homme et la Machine suppose la diffusion de l'information, et nécessite une interface, un intermédiaire technique par lequel le conducteur est à même de réaliser son activité (Sperandio, 1988).

Le système sensoriel humain est composé de cinq sens, dont quatre seulement peuvent être utilisés pour recevoir de l'information lors de la conduite d'un véhicule : la vue, l'ouïe, le canal tactilo-proprio-kinesthésique (dont le toucher fait partie) et l'odorat. ***Quelque soit le canal utilisé, la perception et la compréhension de ces signaux par le conducteur génère de la charge mentale et le partage des ressources attentionnelles du conducteur***

La vue

L'information visuelle est très dense en conduite. Elle provient à la fois de l'extérieur du véhicule (trafic, signaux routiers, ...) et de l'intérieur (voyants lumineux, afficheurs, ...).

Dans le domaine des assistances à la conduite, le canal visuel est le plus sollicité pour faire passer de l'information du véhicule au conducteur mais il est aujourd'hui saturé par les nombreux systèmes en place ou embarqués. ***De ce fait, tout affichage visuel supplémentaire risque d'augmenter la distraction visuelle et de ce fait, dégrader la perception des éléments de la scène routière.***

L'ouïe

L'oreille capte les sons extérieurs à l'habitacle (un coup de klaxon) et les sons générés par les systèmes embarqués (alarmes, synthèse vocale...). Les bruits émis par le véhicule sont également porteurs d'informations (les pneus qui crissent dans un virage indiquent une vitesse excessive, le bruit du moteur renseigne sur le moment de passer un rapport...)

En ce qui concerne les systèmes d'assistance, le canal auditif ne permet pas le passage d'informations précises telles que des consignes de décélération, de freinage, etc. ***Il est de plus en plus utilisé pour présenter des alarmes ponctuelles afin d'orienter l'attention du conducteur. La multiplication de ces alarmes dans l'habitacle présente le risque de « noyer » l'information au milieu des autres et d'irriter le conducteur par un afflux trop important de sons qu'il ne peut pas ignorer : en effet, contrairement à l'information visuelle que l'individu peut choisir de ne pas regarder, l'information auditive est forcément intrusive et imposée.*** De fait, des observations en environnements complexes (contrôle de processus...) ont

montré que les utilisateurs avaient tendance à ne plus entendre, voire à désactiver les systèmes sonores jugés souvent trop « envahissants ».

Le toucher et le canal tactilo-proprio-kinesthésique

Le toucher fait référence essentiellement aux mains et aux pieds dans l'activité de conduite, mais on parlera plus globalement ici du canal tactilo-proprio-kinesthésique qui englobe toute l'enveloppe corporelle, les couches musculaires, les récepteurs articulaires et vestibulaires (Vigouroux, 1997, cité par Kamp, 1998). Ainsi, les vibrations, l'inclinaison du véhicule, la forme des boutons et des manettes, le retour de force dans le volant, la dureté d'une pédale sont des sources d'information qui peuvent se révéler pertinentes pour l'activité de conduite.

C'est ainsi que la voie somesthésique commence à être utilisée pour faire passer de l'information au conducteur, par l'intermédiaire de vibrations émises dans le siège du conducteur ou dans le volant, par l'intermédiaire d'un retour d'effort sur une pédale...

L'odorat

L'odeur agit surtout sur le confort des occupants du véhicule mais elle peut transmettre aussi de l'information : « le moteur sent le brûlé ». Des études sérieuses visent à déterminer les odeurs des matériaux qui plaisent le mieux au client lorsque ce dernier désire acheter une voiture neuve. ***Cependant, à notre connaissance ce canal sensoriel n'est pas actuellement utilisé pour des systèmes d'assistance à la conduite.***

Les organes de sortie

En sortie, les organes qui permettent à l'individu de communiquer avec le véhicule sont essentiellement ***les mains et les pieds et plus rarement la voix.***

- les mains et les pieds sont utilisés pour actionner les boutons, enfoncer les touches d'un clavier, pointer sur un écran tactile, tourner le volant, enfoncer une pédale,
- la voix permet de communiquer un message au système par l'intermédiaire de commandes vocales (comme celles utilisées pour les téléphones cellulaires ou pour les systèmes de navigation par satellite).

Le point de vue anthropocentré des interfaces

D'une manière générale, les interfaces homme-machine en cabine peuvent être représentées par la Figure 5, les entrées et les sorties étant définies par rapport au conducteur.

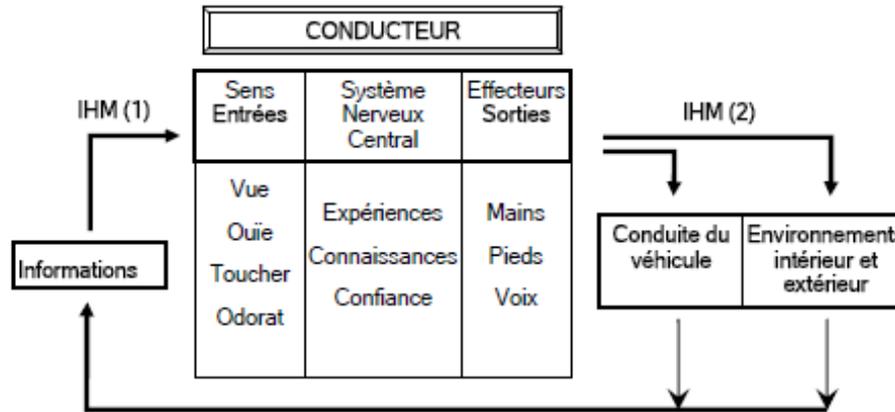


Figure 5 : Représentation schématique des interactions homme-machine en cabine d'après Kamp (1998)

1. En entrée, toutes les informations en provenance à la fois du véhicule, de l'environnement routier et plus globalement de l'environnement extérieur sont captées par les différents canaux sensoriels de l'individu.

2. En sortie, les actions du conducteur sont médiatisées par l'intermédiaire d'actionneurs divers (pédales, volant...) qui représentent autant d'interfaces entre l'homme et le véhicule. Ces différentes interfaces permettent au conducteur de piloter son véhicule (maîtrise de la trajectoire, de la vitesse...) en adoptant un style de conduite qui est fonction de sa personnalité, de son expertise, de ses connaissances et expériences antérieures en situations de conduite. Le conducteur peut agir également sur l'environnement intérieur et extérieur au véhicule pour améliorer son confort et sa sécurité, se divertir et augmenter son pouvoir de communication avec le monde extérieur.

B) LES INTERFACES EN ENTRÉE DU SYSTÈME

Les interfaces étant définies en fonction du système auquel elles se rapportent, les interfaces en entrée sont celles qui apportent les données d'entrée du conducteur vers le système, c'est à dire celles qui permettent au conducteur d'avoir une action sur le système. Ce sont plus généralement les commandes et les actionneurs.

Ces commandes sont positionnées à divers endroits dans l'habitacle, devant le conducteur : sur le volant, près du volant, sur le boîtier du volant, dans des zones entourant le tableau de bord et sur la console centrale. Leurs fonctions concernent le pilotage du véhicule (clignotants, feux de détresse, avertisseur sonore, phares...), de l'ordinateur de bord, de la radio ou du système de navigation.

Aide à la conception, normes et recommandations

Il existe un ensemble de normes et de recommandations pour aider à la conception des commandes et actionneurs ainsi qu'aux retours informatifs associés. Ces documents n'ont pas valeur de réglementation mais peuvent orienter efficacement les choix des concepteurs.

Quelques extraits caractéristiques :

- « Le conducteur doit toujours être en mesure de garder au moins une main sur le volant pendant qu'il manipule le système - Le système ne doit pas exiger de longues séquences ininterrompues d'interactions manuelles/visuelles. Si la séquence est brève, elle peut être ininterrompue – le conducteur doit être en mesure de contrôler le rythme de l'interaction avec le système. Le système ne

doit notamment pas imposer de limite de temps au conducteur lorsqu'il introduit des données » (Recommandation 2007/78/CE, 2007),

- « Le conducteur doit pouvoir maîtriser le volume des informations auditives lorsqu'il existe un risque de distraction » (ISO-15006, 2004),

- « Les commandes du système doivent être conçues de façon à pouvoir être actionnées sans gêner la fonction première de conduite » (ISO-4040, 2001).

C) LES INTERFACES EN SORTIE DU SYSTÈME

Que ce soit par l'intermédiaire de l'image, du son ou de la perception tactile, le rôle de l'interface en sortie est primordial : il s'agit d'informer le conducteur tout en minimisant sa charge mentale, sans être une source de distraction susceptible de détourner son attention de la tâche de conduite.

Des recommandations et des normes ont été spécifiées afin de guider la conception des interfaces en sortie (ICE, 1993 ; Recommandation 2007/78/CE, 2007)⁴⁴. Les normes arrêtées au niveau international et/ou national en matière de lisibilité, d'audibilité, d'icônes, de symboles, de termes, d'acronymes ou d'abréviations devraient être utilisées lors de la conception de nouveaux systèmes (Recommandation 2007/78/CE, 2007 ; ISO 15008, 2009 ; ISO 15006, 2004 ; ISO 2575, 2004).

(1) LES INTERFACES VISUELLES

La conception d'une interface graphique embarquée reste très empirique. Elle fait appel au « savoir-faire » et à des compétences pluridisciplinaire dont : l'informatique, l'ergonomie, le design, l'optique et l'électronique. La principale difficulté consiste à devoir afficher sur un écran de faibles dimensions la quantité d'informations juste nécessaire à la compréhension du message, sans trop augmenter la charge mentale (Kamp, op. cité).

De plus malgré l'augmentation du nombre d'information présente sur le tableau bord et qu'elles soient jugées pertinente par les conducteurs.

Les regards du conducteur sont orientés (Maincent, 2010) :

- sur la route, 85 à 90% du temps de conduite
- sur les rétroviseurs, 4 à 9% du temps de conduite
- sur le tableau de bord, moins de 3% du temps de conduite

Cette augmentation d'information visuelle pose également le problème de surcharge cognitive pouvant avoir des répercussions négatives sur la sécurité dues à une saturation du canal visuel du conducteur.

Aide à la conception, normes et recommandations

Les interfaces graphiques font, elles aussi, l'objet de normes et de recommandations ergonomiques. Elles guident le concepteur dans ses choix et s'intéressent tant au contexte général du traitement des informations visuelles (charge mentale, fatigue...) qu'à leur présentation physique (position, couleur...).

Quelques extraits caractéristiques (ICE, 1993) :

- « Réduire la charge mentale : minimiser la complexité et l'importance de la lecture, de la mémorisation et du traitement des informations »,
- « Limiter la fatigue visuelle : éviter, par exemple, de devoir fixer longtemps un point précis en vision rapprochée. L'accommodation à la lumière et à l'obscurité prend du temps : la fermeture de la pupille nécessite un délai de deux secondes, le retour à l'ouverture un délai de vingt secondes »,
- « Préserver l'homogénéité dans la présentation des informations. Une même information doit être unique à chaque présentation »,
- « Faciliter la détection et la lecture des informations. La couleur discrimine plus que la taille, et la taille plus que la forme. Les caractères doivent être des majuscules et leur taille doit être supérieure à $D/200$ où D est la distance entre l'œil et l'écran ».

Les alarmes visuelles

« Les informations les plus importantes du point de vue de la sécurité doivent être prioritaires » (Recommandation 2007/78/CE, 2007 ; ISO/TS16951, 2004). En cas d'urgence, l'information visuelle doit apparaître dans le champ de vision du conducteur pour permettre à celui-ci de réagir rapidement. Une solution possible consiste à projeter directement une icône d'alarme dans le pare-brise (Haehnsen, 1996). Il s'agit du dispositif Head-Up Display (HUD) ou Viseur Tête Haute (VTH). D'un point de vue ergonomique, le Viseur Tête Haute, semble a priori idéal pour perturber le moins possible la tâche de conduite. Cependant, son coût reste élevé et la visibilité des informations est variable, en fonction de l'orientation et/ou des reflets du soleil.

(2) LES INTERFACES SONORES

Le canal auditif possède l'avantage, essentiel en situation de conduite, de permettre au sujet de maintenir le regard sur la route. Cependant, les interfaces sonores peuvent se révéler très intrusives dans la mesure où le son est automatiquement perçu donc imposé au conducteur qui n'a pas la possibilité de « rejeter » l'information, contrairement aux informations visuelles. Il existe deux alternatives pour diffuser des informations sonores :

- les sons « simples » (dong, buzzer, sifflets, cornes, bips). Ils peuvent varier en fréquence, en volume, en durée et en modulation.
- les messages parlés (synthèse vocale)

De façon générale, le système ne doit pas produire de niveaux sonores, incontrôlables par le conducteur, susceptibles de masquer des avertissements venant de l'intérieur ou de l'extérieur du véhicule (Recommandation 2007/78/CE, 2007 ; ISO 15006, 2004).

Les sons

Les sons prouvent leur efficacité surtout en situation d'alarme car ils permettent les réactions les plus rapides (Doll, Folds, Lieker, 1984 ; Hirst et Graham, 1997). Il existe également quelques recommandations ergonomiques (ICE, 1993) :

- « le son est utilisé pour attirer l'attention :
 - o en cas de surcharge des informations visuelles
 - o lorsque plusieurs événements arrivent en même temps

- lorsque le message demande une réponse immédiate
- il faut éviter les fréquences entre 100 et 500 Hz beaucoup moins audibles pour l'être humain ».

Lorsque le conducteur effectue une action, il est indispensable de lui présenter immédiatement un « feedback ». Ce retour d'information peut être visuel mais le son est, dans ce cas, particulièrement adapté puisque le sujet ne doit plus détourner le regard.

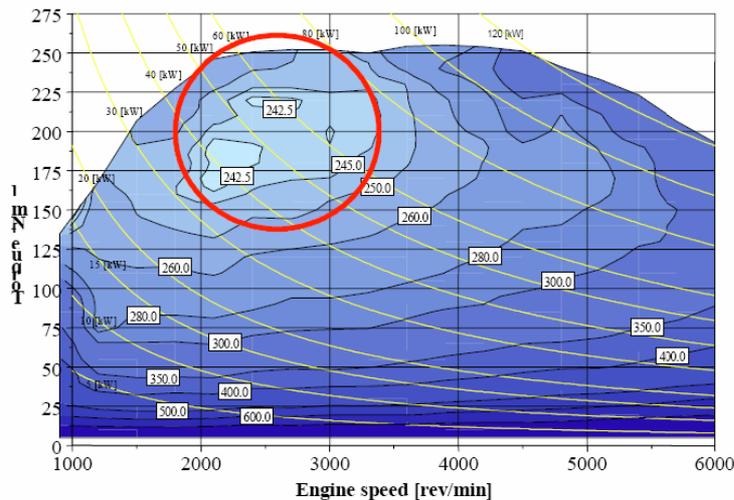
La synthèse vocale

Le message parlé, comme le son, perturbe moins la tâche de conduite que les messages visuels. Ce qui le différencie du son simple est sa capacité à communiquer des messages dont le contenu est plus riche comme par exemple une information routière ou de guidage, un conseil ou une consigne. En contrepartie, le principal inconvénient des messages vocaux est leur défaut de permanence. Les conducteurs doivent avoir la possibilité de les réécouter. De plus, ils nécessitent de rester attentif jusqu'à la fin du message pour en comprendre le sens, ce qui provoque un partage des ressources attentionnelles qui peut se révéler problématique dans certaines situations de conduite.

B. QU'EST CE QUE L'ÉCO-CONDUITE ?

1. INDICATEUR DE PERFORMANCE DES MOTEURS

Ces dix dernières années, la technologie moteur et les performances des véhicules se sont considérablement améliorées. Les émissions polluantes de CO, d'HC et de NO ont diminué grâce à l'introduction des pots catalytiques. La consommation de carburant et les émissions de CO₂ peuvent également être réduites grâce à des innovations technologiques mais ceci n'est que partiellement effectif dans les conditions réelles de circulation. En effet, la plupart des personnes ne conduisent pas leur véhicule comme l'exigeraient la conception et l'étalonnage du moteur. Les constructeurs étalonnent les moteurs des véhicules de manière à établir un équilibre délicat entre une maniabilité optimale et des niveaux d'émission d'échappement optimaux. Grâce à l'éco-conduite, il est possible de se rapprocher de ces conditions optimales.



Engine map (petrol)

Source: TNO Automotive

Figure 6 : Cartographie du rendement moteur sur une voiture à essence récente de catégorie moyenne.

L'axe x du graphique Figure 6 représente le régime moteur (en tr/min), et l'axe y indique le couple moteur, c'est-à-dire le « travail » que doit fournir le moteur. Pour les voitures à injection (diesel et essence), si une pression franche est exercée sur la pédale d'accélération à bas régime, le couple sera élevé. La zone entourée en rouge sur le schéma précédent indique la configuration optimale pour consommer moins de carburant. Le conducteur doit donc adopter une conduite lui permettant de se rapprocher le plus possible de cette zone. Les principes d'une conduite économique vont dans ce sens : exploiter cette zone à efficacité énergétique tout en respectant la sécurité routière.

2. LES PRINCIPES FAVORISANTS L'ÉCO-CONDUITE

Ils existent un certain nombre de principe à adopter afin d'avoir une conduite économique (ADEME).

- 1. Passer à la vitesse supérieure dès que possible.** Passer à la vitesse supérieure entre 2 000 et 2 500 tr/min pour une essence ou GPL et entre 1500 et 2000 tr/min pour un diesel.
- 2. Maintenir une allure constante.** Enclencher la plus haute vitesse possible et conduire avec un régime moteur faible.
- 3. Anticiper le trafic.** Regarder le plus loin possible et anticiper le trafic environnant.
- 4. Décélérer progressivement.** S'il faut ralentir ou s'arrêter, décélérer progressivement en relâchant l'accélérateur à temps et en laissant la voiture en prise (utilisation du frein moteur).
- 5. Vérifier régulièrement la pression des pneus.** Une pression 25% trop faible accroît la résistance au roulement de 10% et la consommation de carburant de 2%.

Détails de chacun des principes :

- 1. Monter les rapports rapidement.** En effet on sait que le moteur a tendance à perdre de l'énergie à cause des frottements (la friction mécanique). On comprend alors que plus le moteur tourne vite plus les frottements sont importants, d'où l'intérêt de diminuer la vitesse de rotation ou régime moteur. La solution est alors de monter les rapports de vitesse rapidement afin d'être à un régime moteur inférieur même s'il l'on doit conduire à un rapport élevé pour une vitesse faible comme l'illustre la Figure 7.

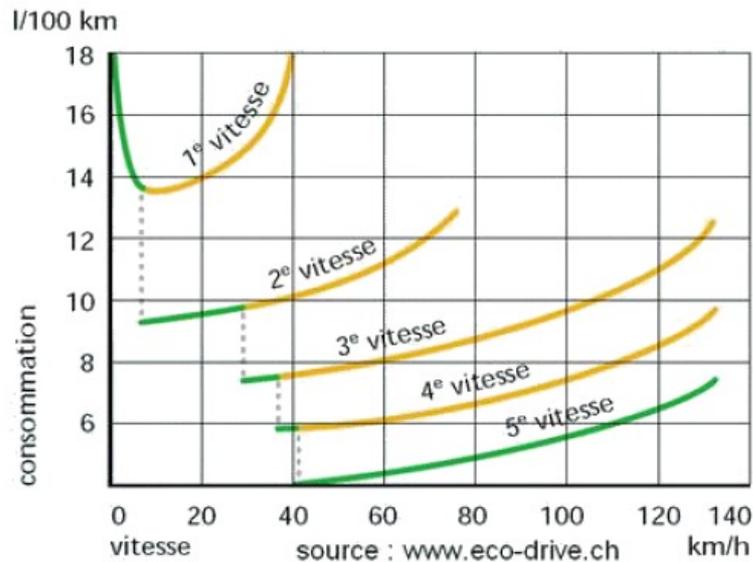


Figure 7 : Courbes de consommation en fonction de la vitesse et du rapport de boîte

- Maintenir une vitesse constante en utilisant le plus haut rapport possible.** Lorsqu'on conduit une grande partie de l'énergie est utilisée à l'accélération pour lancer la masse de la voiture. Et une partie de cette énergie est perdue à chaque fois que l'on freine. Par conséquent, des accélérations et des freinages répétées demandent beaucoup d'énergie et donc de carburant. Il est donc recommandé d'adopter un mode de conduite fluide et constant en évitant les freinages et accélérations inutiles. De plus, en gardant un rapport de vitesse élevé et en maintenant une vitesse constante, le gain de consommation de carburant peut atteindre 38% suivant le type de véhicule par rapport à l'utilisation d'un rapport de vitesse plus faible (cf. Figure 8).

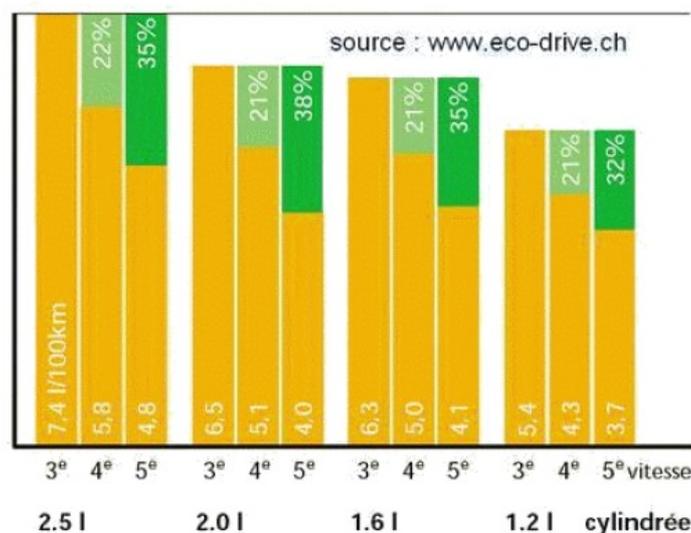


Figure 8 : Consommation moyenne en fonction du rapport de boîte pour différentes cylindrées

- Anticiper le trafic et conduire moins vite.** Afin de conduire à une vitesse aussi constante que possible, il est important d'anticiper au maximum et choisir sa vitesse en fonction de l'environnement et non des limitations pour éviter les freinages et accélérations inutiles.

4. Décélérer progressivement et utiliser le frein moteur.

Les véhicules diesels et essence construits depuis 1990 sont généralement équipés avec un système d'injection électronique qui coupe l'alimentation en carburant du moteur lors de l'utilisation du frein moteur, autrement dit ce sont alors les roues qui entraînent le moteur. L'avantage du frein moteur est qu'il peut être utilisé pour économiser du carburant en relâchant l'accélérateur dès que possible lorsqu'il faut ralentir ou s'arrêter. Il permet aussi de réduire l'utilisation des freins et de réduire ainsi les coûts de maintenance.

5. **Vérifier la pression des pneus.** Conduire avec un véhicule dont les pneumatiques sont sous-gonflés peut entraîner une surconsommation de carburant atteignant 8%.

C. LES MOYENS DÉJÀ UTILISÉS POUR FAVORISER L'ÉCO-CONDUITE

Afin de pouvoir innover dans le domaine l'éco-conduite, il a semblé important de faire un tour d'horizon de ce qui a déjà été fait. C'est pourquoi dans cette partie nous avons choisi de présenter les systèmes embarqués d'aide à l'éco-conduite nous semblant les plus intéressants. Et cela aussi bien pour les avantages et innovations dont ils ont su faire preuve, que pour leurs défauts dont il est important de tenir compte pour ne pas reproduire les mêmes erreurs. En annexe on retrouvera l'intégralité des moyens permettant d'aider un conducteur à avoir une conduite rationnelle.

1. GERICO

Le projet GERICO vise précisément à développer un système embarqué délivrant des messages au conducteur, afin d'optimiser la consommation de carburant ainsi que le temps de parcours. Le système se présente sous la forme d'une interface directement intégrée au tableau de bord du véhicule. Il analyse le comportement du conducteur, le conseille de manière pédagogique et assure un suivi régulier de la conduite, sur la base des données propres au véhicule ainsi que des informations extérieures (conditions de trafic, etc.). Tout au long de la conduite, il délivre au conducteur les consignes et les messages d'alerte appropriés (informations sonores, vocales et vibrations sous les pédales). Il s'agit donc d'un système qui réagit à la conduite de l'automobiliste, contrairement aux systèmes classiques qui dirigent automatiquement la conduite de l'automobiliste.

Sur le tableau de bord sont affichées les recommandations et informations suivantes (Figure 9) (Figure 10) :

- la vitesse à adopter selon le type de route empruntée ;
- le rapport de la boîte de vitesses optimal à sélectionner pendant les accélérations et en fonction de la vitesse du véhicule ;
- la consommation de carburant prévue pour le trajet en cours ;
- les messages de prévention et d'alerte les plus appropriés au comportement du conducteur (message de dépassement de vitesse autorisé, par exemple) et les messages sur la topographie du parcours (messages d'annonce d'un carrefour et sur la nécessité d'un changement de vitesse).



Figure 9 : Interface tableau de bord du GERICO

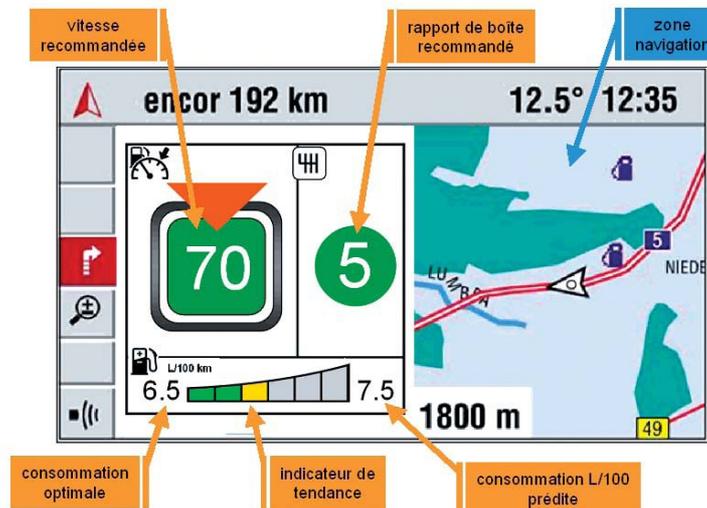
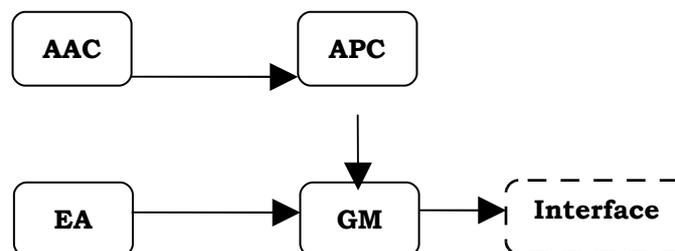


Figure 10 : Seconde interface GERICO

Pour cela Gerico passe par un système de contrôle qui va gérer les diverses informations qui entrent en jeu.



Il va tout d'abord analyser l'activité de conduite (**AAC**) en tenant compte de :

- La vitesse réelle par rapport à la vitesse préconisée
- Le passage des vitesses
- Les actions sur la pédale d'accélérateur

Ensuite il fait une analyse globale de la performance de conduite **(APC)** ; ce qui va permettre de déterminer quelles actions sont judicieuses pour que la conduite soit plus économique.

Et enfin, en fonction des actions judicieuses déterminées à réaliser par l'APC et les informations données par l'analyseur de l'environnement **(AE)**, un module de gestion **(GM)** va choisir les messages à transmettre à l'interface et de quelle manière.

Avantages :

- Grosse diminution de la consommation d'énergie
- Interface d'aide à l'éco-conduite en temps réel
- Le grand nombre de données à partir desquelles il s'appuie pour déterminer le type de conduite à avoir (environnement, donné mécanique, chargement cognitif,...)

Inconvénients :

- Un grand nombre d'informations à faire passer au conducteur (risque de surcharge cognitive)
- Le conducteur est extrêmement guidé sur sa façon de conduire, sensation de frustration
- Surcharge d'informations
- Icône trop basse (HUD plus adapté)
- Système d'alerte trop intrusif pour des alertes n'entraînant aucun danger
- Conseil pas toujours judicieux

2. HONDA ECON

Honda Motor a annoncé le développement d'un système d'éco-conduite assistée combinant trois fonctions et destiné à renforcer les économies de carburant du véhicule.

Ainsi, le mode ECON permet d'optimiser le contrôle de la transmission à variation continue (CVT) et le moteur tout en roulant. Une autre fonction a pour objectif d'aider le conducteur en temps réel à mieux passer ses vitesses par l'affichage d'un code de couleur. Enfin, le système fournit au conducteur des indicateurs chiffrés et des commentaires pratiques sur son style de conduite afin de réduire d'autant sa consommation en carburant.

Afin d'accroître la sensibilisation des conducteurs sur leur habitude de conduite, le compteur électronique aura la capacité de changer de couleur. Par conséquent, avec une conduite éco-responsable le fond du compteur restera vert. Mais à l'inverse, avec des appuis trop forts et trop fréquents sur l'accélérateur, la couleur deviendra progressivement bleue. La couleur médiane bleu-vert indiquera une conduite relativement économe en carburant.



Figure 11 : Affichage tête haute du système Honda ECON

Ces variations de couleurs sont déterminées par rapport aux actions réalisées sur les pédales d'accélérateur et de frein. Ces actions sont également représentées sur le tableau de bord comme le montre la Figure 12. Si l'on accélère fortement, la jauge va se remplir vers la droite et si l'on freine fortement elle se remplit vers la gauche. Lorsque la jauge se remplit cela fait baisser l'éco-score du trajet qui est représenté par des petites feuilles (Figure 13). Le but est donc de rester au centre pour augmenter au maximum son score.

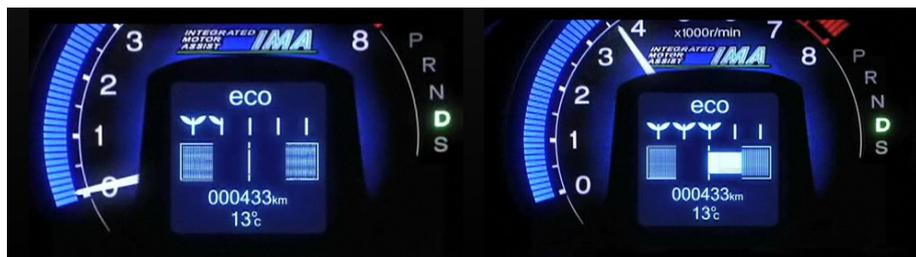


Figure 12 : Interface compte tour

A la fin du trajet le conducteur obtient une valeur moyenne qui peut ensuite être comparée avec les trois derniers voyages et la moyenne générale.

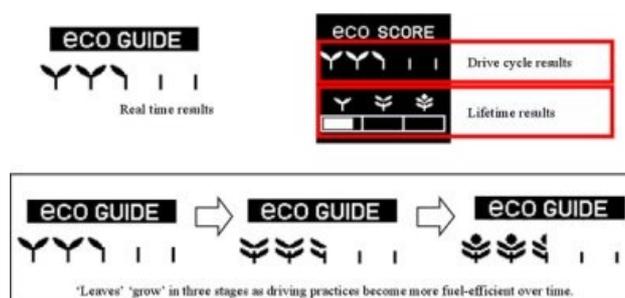


Figure 13 : Interface montrant l'évolution de l'éco-score du conducteur

En fonction des résultats obtenus le conducteur peut alors monter ou descendre de niveau, à savoir plus le niveau est haut, plus il est dur d'augmenter son score.

Avantages :

- Indicateur d'éco-conduite (TOR)
- Eco-score en direct

- Suivi de l'éco-conduite sous forme de jeux, ce qui peut inciter le conducteur à vouloir s'améliorer
- Mode éco activable ou désactivable
- Couplé à un système automatisé optimisant le contrôle de la transmission à variation continue (CVT) et le moteur tout en roulant

Inconvénients :

- Pas de conseil pour rendre sa conduite plus économique
- Complexité du système de suivi de l'éco-conduite

3. SYSTÈME DE CONDUITE RATIONNELLE POUR AUTOBUS



Figure 14 : Interface type d'un système d'aide à la conduite

Ce système a été développé suite aux recherches effectuées concernant la conduite rationnelle par l'ESIEE-Amiens.

Il en est ressorti un système qui peut interpréter les comportements néfastes au véhicule, et à l'environnement grâce à l'analyse des paramètres physiques de sa conduite.



Figure 15 : Messages affichés en temps réel au conducteur

Ainsi à travers des messages imprimés sur un écran (Figure 15), le conducteur est informé en temps réel des comportements abusifs de sa conduite.

Ce moyen de communication permet donc de réduire les usures prématurées des organes mécaniques du véhicule et réduire la consommation énergétique et de ce fait, les émissions de CO₂.

Les paramètres physiques pris en compte sont les freinages, les accélérations, les décélérations, le régime moteur, la vitesse, la pente, la consommation, et avec ceci il est déterminé si la conduite est anticipative.

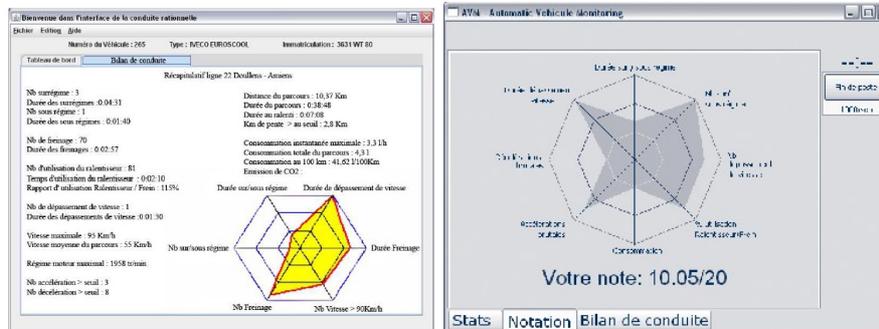


Figure 16 : Rapport de conduite

Un rapport sur la conduite ainsi qu'une note général sont également proposés à la fin du trajet (Figure 16).

Avantages :

- Conseil de conduite
- Petite prise en compte de l'environnement (pente)
- Nombreux paramètres pris en compte
- Bilan de conduite avec note

Inconvénients :

- IHM pouvant distraire le conducteur
- Pas de suivi de l'évolution de la note générale
- Interface IHM rudimentaire (pas esthétique)

4. LE SYSTÈME NENPIOH

Le système NENPIOH, développé au Japon par Nissan Diesel Motor, est un système présenté sur support PDA (Personal Digital Assistant) et destiné à évaluer et améliorer la conduite des conducteurs de véhicules lourds du point de vue de la consommation de carburant (Figure 17).



Figure 17 : Le système NENPIOH sur PDA

Le système NENPIOH évalue différents paramètres de conduite et délivre des indications au conducteur en temps réel (messages visuels et sonores) pour l'aider à atteindre des objectifs de conduite économique. Les stratégies d'assistance diffèrent en fonction des phases de conduite engagées : pendant le roulage (informations temps réel), lors de chaque arrêt ponctuel du véhicule (bilan de l'évaluation sur la phase de roulage précédente) et en fin de parcours (rapport complet de parcours).

L'Interface Homme-Machine du système associe des indications visuelles (messages écrits, jauges colorées, indications chiffrées) et sonores (bips sonores et indications vocales).

Les indications visuelles

En période de conduite, le système NENPIOH affiche en permanence plusieurs informations:

- La position de l'accélérateur en pourcentage d'enfoncement de la pédale indiquée par une jauge colorée (codes couleur : dégradés de rouge) ;
- La consommation instantanée en nombre de litres au 100 kilomètres (L/100km) en pourcentage indiquée par une jauge colorée (codes couleur : vert et bleu) ;
- La consommation moyenne en nombre de litres au 100 kilomètres (L/100km) ;
- La performance en pourcentage indiquée par une jauge colorée (codes couleur : rouge, jaune et vert).

Lors de chaque arrêt ponctuel du véhicule (à un feu rouge, à un stop, etc.), le système NENPIOH affiche un bilan de la performance du conducteur sur la dernière section parcourue (Photos 9 à 14). Cette évaluation comporte plusieurs indications :

- Les consommations réelle et théorique (« à atteindre ») sont affichées côte à côte (en L/100km)
- La performance réalisée sur 5 indicateurs est évaluée en pourcentage et indiquée pour chacun d'entre eux par des jauges colorées (codes couleur de 0 à 100% : rouge, orange, jaune et vert). Ces paramètres sont affichés dans l'ordre suivant, de haut en bas : accélération, montée de rapport, régime moteur, décélération et vitesse maxi.

Les indications sonores

En période de conduite, des alarmes sonores sont délivrées par le système NENPIOH à chaque fois qu'un message écrit est affiché sur l'écran. Les bips sont différents selon le message (et spécifiques à chacun).

En période d'arrêt du véhicule, lors de l'affichage du bilan relatif à la dernière section parcourue, des conseils vocaux (huit messages différents) sont délivrés en termes de stratégies de conduite : par exemple : « gardez vos distances et anticipez le freinage », « montez plus tôt les rapports » ou « excellent, ne changez rien »...

D'un point de vue ergonomique, même si le principe d'assistance du système NENPIOH semble intéressant, notamment en termes de « formation continue », les interfaces paraissent trop complexes. Le nombre d'informations visuelles à traiter pendant la conduite vont à l'encontre des principes énoncés précédemment et l'interface vocale peut se révéler « envahissante » à l'usage. A notre connaissance, le système NENPIOH n'est pas encore installé sur des véhicules européens, ce qui explique le peu d'informations dont nous disposons quant aux retours « utilisateurs ».

5. INTERFACES DE L'ECO DRIVING SYSTEM PAR ANNICK MAINCENT

Le principe de l'interface se composait d'une pédale d'accélération à retour d'effort à laquelle nous avons adjoint un retour visuel permettant de « justifier » les consignes du système. Ce système a été choisi suite à des analyses de l'activité des conducteurs en situation réelle de conduite permettant d'évaluer l'intérêt des conducteurs pour ce type d'interface.

La pédale d'accélération à retour d'effort

Cette pédale d'accélération à retour d'effort comme interface associée au système d'aide à la conduite économique, devrait être couplé à une boîte de vitesse automatique.

Dans un objectif de conduite rationnelle, la pédale doit conseiller le conducteur sur les stratégies de décélération ou d'accélération à adopter en fonction de l'environnement routier (l'environnement est supposé connu par le système). Elle doit ainsi lui permettre d'anticiper sur les événements en adoptant un comportement en conformité avec le modèle préconisé par le système. Le principe de fonctionnement de cette pédale est basé sur le durcissement ou le relâchement de l'accélérateur selon les consignes envoyées par le calculateur, associé à la sélection automatique du rapport de boîte. Les sollicitations du système doivent être perçues par le conducteur comme un conseil qu'il choisit de suivre ou non. Il n'est pas déresponsabilisé et son action reste toujours prioritaire, il peut ralentir ou accélérer à tout moment sans avoir à intervenir sur le système. L'attention du conducteur est ainsi attirée à l'endroit même où il exerce le contrôle de la vitesse et son usage devrait rapidement devenir instinctif.

L'interface visuelle complémentaire

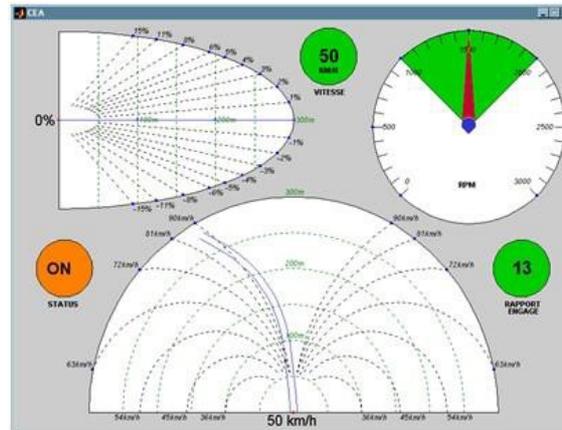


Figure 18 : Interface visuelle de justification des comportements du système

Cette interface a été testée sur simulateur en pré-expérimentation, mais, bien qu'elle soit ludique, elle est trop complexe et de ce fait mobilise trop de ressources attentionnelles pour être développée en l'état. De plus, son format d'affichage ne permet pas de l'intégrer au tableau de bord des véhicules en obéissant aux spécifications ergonomiques, sans modification fondamentale de la planche de bord.

6. SYNTHÈSE

On a pu voir qu'il existe sur le marché ou en phase expérimentale un grand nombre de systèmes se disant d'éco-conduite, du plus perfectionné au plus simple. Voici une synthèse des différents paramètres d'entrée et de sortie, ainsi que les interfaces de sorties qu'ils utilisent :

Les paramètres d'entrée :

- Environnement (recherche Australienne)
 - o Trafic (système ACC)
 - o Route à partir des informations du GPS (vitesse limite, signalétique, virage, ...)
 - o La pente

- Données techniques de la voiture
 - o les changements de vitesse (accélérations, décélérations)
 - o le régime moteur
 - o % d'ouverture du carburateur
 - o les freinages
 - o la vitesse
 - o la consommation
 - o les temps passés au ralenti

- les anomalies techniques (pression des pneus)

- La tâche de conduite
 - Clignotant
 - ...

Les paramètres de sortie (les informations à transmettre au conducteur) :

- Conseils de conduite en temps réel
 - Passage des vitesses
 - Vitesse à atteindre
 - Décélération
 - Couper le contact
 - (Pression sur la pédale d'accélération)

- Evaluation de l'éco-conduite en temps réel
 - Anticipation
 - Accélération
 - Décélération
 - Passage des vitesses
 - Score Général (Eco-score)

- Suivi de l'évaluation du conducteur sur sa capacité à conduire économiquement
 - Dans le véhicule
 - Comparaison de l'éco-score avec les précédents scores généraux
 - Evolution sur un graphique
 - Débriefing sur les points à améliorer en fin de trajet
 - Hors du véhicule (système de suivi plus évolué)
 - Cours et exercices sur les points à améliorer
 - Suivi des éco-scores

- Calcul des gains réalisés

Les interfaces de sortie (les moyens utiliser pour transmettre les informations au conducteur) :

- Visuel
 - Supports :
 - Tableau de bord
 - Affichage tête haute
 - Ecran rapporté (gps, ordinateur de bord)
 - Voyant
 - Système informatique hors de la voiture
 - Moyens :
 - Code couleurs
 - Jauges
 - Ecritures (chiffres et lettres)
 - Symboles
 - Graphiques
 - Cartes
- Sonore
- Haptique (pédale d'accélération)

En conclusion on peut dire que plus le nombre de paramètres d'entrée est grand, plus l'information à transmettre au conducteur sera optimale pour une conduite économique et judicieuse par rapport à la tâche de conduite.

Mais le problème est que de façon général sur les systèmes décrits précédemment, le nombre de paramètres d'entrée est proportionnel au nombre de paramètres de sortie. De ce fait, les systèmes les plus perfectionnés vont avoir tendance à surcharger mentalement le conducteur et ainsi le perturber dans sa conduite.

La question est alors de déterminer quelles sont les informations qu'il faut dire ou ne pas dire et quelle interface de sortie serait la plus adaptée à l'activité de conduite.

D. MÉTHODES POUR L'ÉVALUATION DE SYSTÈME EMBARQUÉ

1. FACTEURS À ANALYSER

Lors de la conception d'un nouveau système, il est nécessaire de l'évaluer afin d'en connaître les faiblesses qui seront à améliorer ou alors feront office de recommandation pour les futurs concepteurs.

L'évaluation du système consistera à vérifier deux choses. Tout d'abord, son efficacité à faire économiser son carburant et ensuite que son intégration dans l'activité de conduite soit judicieuse. En d'autres termes, nous devons vérifier que l'interaction homme-machine dans son ensemble permet de réduire significativement la consommation de carburant sans nuire à la performance de conduite, au confort et à la sécurité du conducteur.

Le système agissant sur le style de conduite du conducteur en vue de lui faire adopter un style de conduite économe, sa motivation à l'utiliser est cruciale. En conséquence, l'acceptabilité du système par ces futurs utilisateurs doit être démontrée.

A) UTILISABILITÉ ET ACCEPTABILITÉ

L'approche de (Nielsen, 1993) nous permet de voir l'ensemble des facteurs permettant d'évaluer l'acceptabilité d'un système. (Figure 19)



Figure 19 : Acceptabilité du système (Nielsen traduite dans la thèse de Barbé j.)

L'acceptabilité sociale représente l'acceptation collective de ce type de système, il faut une prise de conscience de la population pour pouvoir lutter efficacement contre la pollution. Tout comme la sécurité routière, où la ceinture de sécurité est devenue indispensable, la nécessité d'intégrer un tel système dans son véhicule doit être un sentiment général.

L'acceptabilité pratique sera dans notre projet essentiellement centré sur l'utilité et sur l'utilisabilité du système développé. L'utilisabilité d'un système fait à appel à différentes notions qui sont généralement associés à cinq types d'attributs :

- l'apprentissage correspondant à la facilité pour un utilisateur d'apprendre rapidement à utiliser le système
- l'efficacité correspond à la possibilité pour l'utilisateur de pouvoir améliorer son niveau de performance
- la mémorisation correspondant à la facilité pour un utilisateur de se resservir du système après une certaine période de temps écoulée (ce critère ne pourra pas être pris en compte dans notre évaluation, étant donné qu'il ne s'en servira qu'une seule fois)

- les erreurs correspondant au fait que le système ne doit pas générer trop d'erreurs de la part de l'utilisateur lors de son utilisation et doit lui laisser la possibilité de récupérer ses erreurs
- la satisfaction correspondant au fait que le système soit relativement plaisant à utiliser et que les utilisateurs soient subjectivement satisfaits.

Les recherches du projet AIDE (adaptive integrated driver-vehicle interface) sur les outils et méthodes d'évaluations, ont permis de lister plusieurs techniques d'évaluation de l'acceptabilité. On peut le faire soit par des experts avec par exemple une évaluation heuristique du système. C'est une méthode peu contraignante où un professionnel va déterminer les points d'utilisabilité pouvant poser problèmes aux futurs utilisateurs. Cependant on sait que souvent la tâche préconisée diffère de l'activité et il est dur pour un expert d'imaginer toutes les dérives d'utilisation du système pouvant être réalisées par les usagers. C'est pourquoi les experts peuvent évaluer les systèmes seulement jusqu'à un certain point. De plus en raison de leur expérience, ils ne reflètent pas le comportement de "l'utilisateur réel".

De ce fait, il est obligatoire d'évaluer les systèmes avec des gens dits « normaux », ceux qui sont susceptibles d'utiliser le système dans la voiture, lors de la conduite. Les méthodes avec utilisateurs permettent de révéler l'interaction de l'utilisateur avec le système, en fonction de leur performance à l'utiliser. Dans ce contexte, trois types de données sont à examiner :

- la tâche primaire qui correspond à l'activité de conduite. Pour cela nous relèverons les actions du conducteur sur la voiture et les réponses de la voiture via différents capteurs.
- la tâche secondaire qui correspond à l'utilisation du système embarqué. Dans notre cas l'interaction avec le système étant uniquement visuel, le but sera d'identifier les variations de l'activité de conduite en fonction des signaux émis par le système.
- Et pour finir les auto-évaluations réalisées par les utilisateurs à travers divers questionnaires.

B) ANALYSE DE LA CHARGE MENTALE

Concernant l'évaluation de la charge mentale, il existe plusieurs techniques qui permettront de montrer l'augmentation de la charge de travail induite par l'utilisation du système. Cependant il apparaît que les estimations subjectives sont les méthodes les plus couramment utilisées et qu'elles servent bien souvent de critère de base auquel les autres mesures sont comparées (Hart et Staveland, op. cité).

Dans le cas de notre expérimentation, les grilles basées sur l'auto-évaluation de la charge mentale du conducteur semblent être les plus appropriées, autant pour la fiabilité qu'elles apportent que pour leurs praticités. Les avantages qu'elles présentent sont alors indéniables, que ce soit en termes de coût, de rapidité et du fait qu'elles n'interfèrent pas avec l'activité, étant donné que le questionnaire est rempli à la fin de celle-ci. Voici donc quelques exemples d'échelles d'évaluations qui nous ont semblé être les plus adaptées pour évaluer la charge de travail induite par l'utilisation de notre système.

- La Subjective Workload Assessment Technique (SWAT) (par Reid, Eggemeier et Nygren, 1982) : destinée à l'évaluation de la charge mentale, est une échelle d'intervalles qui combine les évaluations issues de trois dimensions différentes, la charge temporelle, la charge d'effort mental et la charge de stress psychologique.

- La Cooper-Harper Modifiée (MCH) (par Gawron, 2000) qui se présente sous la forme d'un arbre de décisions. Elle a été développée pour l'estimation de la charge mentale associée aux fonctions cognitives telles que la perception, le contrôle, l'évaluation, les communications et les résolutions de problème. Elle est particulièrement adaptée à l'évaluation de la charge prescrite en situation expérimentale.
- Le NASA Task Load index (NASA TLX) est une méthode multidimensionnelle qui permet l'évaluation subjective de la charge de travail globale. Développé au NASA AMES RESEARCH CENTER par Hart et Staveland (1988), cet outil a été testé dans diverses conditions expérimentales : lors de simulations de vol, de simulations de contrôle de processus, ainsi que dans différentes tâches en laboratoire.

La technique prend en compte plusieurs dimensions indépendantes que les sujets doivent évaluer en fonction de leur ressenti. Les trois premières dimensions représentent les contraintes imposées au sujet par la tâche (exigences physique, mentale et temporelle) et les trois autres rendent compte des interactions du sujet avec la tâche (performance, effort et frustration).

- Le Driving Activity Load Index ou D.A.L.I. (Figure 20) (Pauzié et Pachiaudi, 1996) est une version dérivée du NASA TLX élaborée par l'INRETS pour l'évaluation de la charge mentale engendrée par les tâches de conduite automobile.

Titre	Descripteurs	Descriptions
Effort ou Attention	<i>Faible/Elevé</i>	Evaluer l'attention requise par l'activité – penser à quelque chose, décider, regarder, etc.
Exigence visuelle	<i>Faible/Elevée</i>	Evaluer l'exigence visuelle nécessaire pour l'activité.
Exigence auditive	<i>Faible/Elevée</i>	Evaluer l'exigence auditive nécessaire pour l'activité.
Exigence temporelle	<i>Faible/Elevée</i>	Evaluer la contrainte spécifique causée par l'exigence temporelle au cours de l'activité.
Interférence	<i>Faible/Elevée</i>	Evaluer la perturbation possible au cours de l'activité de conduite simultanément avec une autre tâche supplémentaire telle que téléphoner, utiliser des systèmes embarqués ou la radio, etc.
Situation stressante	<i>Faible/Elevée</i>	Evaluer le niveau de contrainte dû au stress pendant l'activité de conduite – fatigue, sentiment d'insécurité, irritation, découragement...

Figure 20 : Les échelles du D.A.L.I. (traduit d'après Pauzié et Pachiaudi, 1996)

Cette échelle a été testée lors de l'évaluation de la charge mentale engendrée par l'utilisation de systèmes de guidage embarqués et de téléphone mobile mains-libres. Les résultats obtenus par le D.A.L.I. ont été confirmés par les autres données recueillies (données objectives et subjectives). Malheureusement, ce type de méthode permet de comparer la charge mentale générée par différents systèmes et non de comparer celle induite par un système et une conduite sans système.

C) ANALYSE DU GAIN DE PERFORMANCES MOTEUR

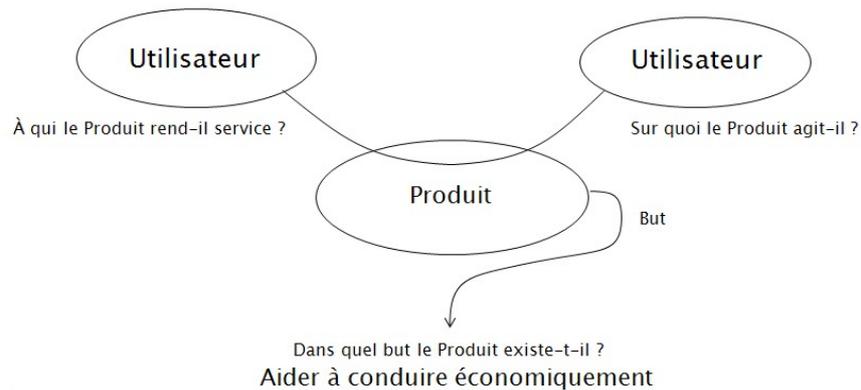
Concernant l'évaluation de l'efficacité du système à faire économiser du carburant, il suffit de comparer les données techniques relevées en conduite avec et sans le système d'aide.

III. CONCEPTION DU SYSTÈME

A. ANALYSE FONCTIONNELLE

1. ANALYSE DU BESOIN

A) EXPRESSION DU BESOIN



B) CONTRÔLE DE VALIDITÉ DU BESOIN

- Pourquoi ce besoin existe-t-il ?
 - Souhait de diminuer la consommation de carburant des véhicules afin de diminuer la pollution et le prix des transports
- Qu'est-ce qui peut faire disparaître le besoin ?
 - Véhicule non-polluant
 - Diminution des prix du carburant
 - Les conducteurs savent conduire économiquement
- Qu'est-ce qui peut faire évoluer le besoin ?
 - Evolution mécanique des véhicules
 - Changement de comportement des conducteurs

2. ANALYSE FONCTIONNELLE EXTERNE

A) SITUATION DE VIE UTILISATION

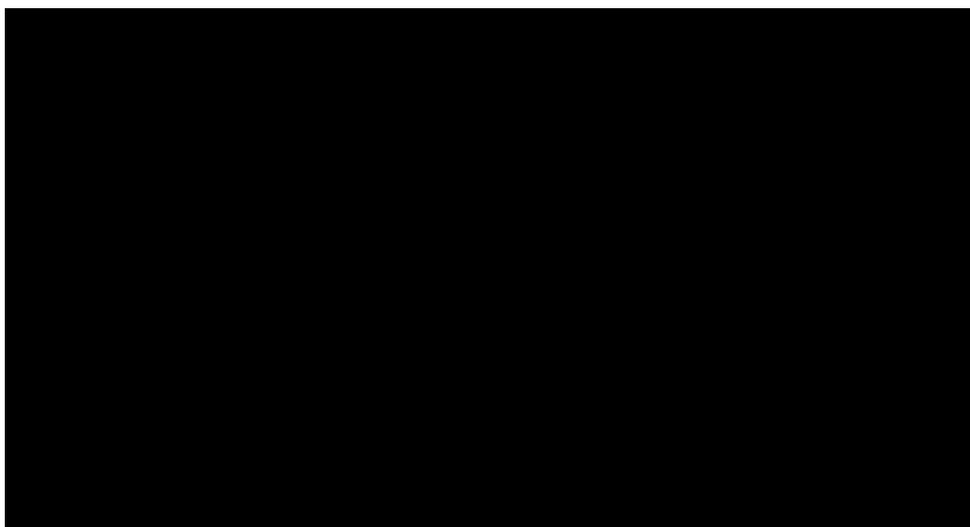
Liste des milieux extérieurs :

- Poste de conduite
- Partie mécanique du véhicule
- Conducteur
- Ambiance
- Environnement extérieur

Fonctions :

- FP1 : Permettre à l'utilisateur de conduire son véhicule économiquement
- FC1 : Etre intégré au poste de conduite
- FC2 : Informer le conducteur sans le perturber
- FC3 : Prendre en compte l'environnement extérieur
- FC4 : Etre utilisable quelle que soit l'ambiance
- FC5 : Prendre en compte les données de la partie mécanique du véhicule

Diagramme pieuvre :



B. PRÉSENTATION DU CONCEPT DÉVELOPPÉ PAR LE LESCOT

Le LESCOT a choisi dans un premier temps de développer un système d'aide à l'éco-conduite indiquant à quel moment il faudra passer la vitesse et cela à partir d'un modèle de calcul déterminant le régime optimal pour moins consommer.

1. MODÈLE DE CALCUL

Le système est développé autour d'un modèle de calcul crée sur Matlab par l'unité de recherche du LTE. Son principe général consiste à calculer en temps réel la cartographie (Figure 4) du rendement moteur en fonction des données qu'il récupère du véhicule, et comme présenté dans la partie précédente « B - Qu'est-ce que l'éco-conduite » on peut ainsi déterminer le régime optimal qui va permettre d'économiser du carburant.

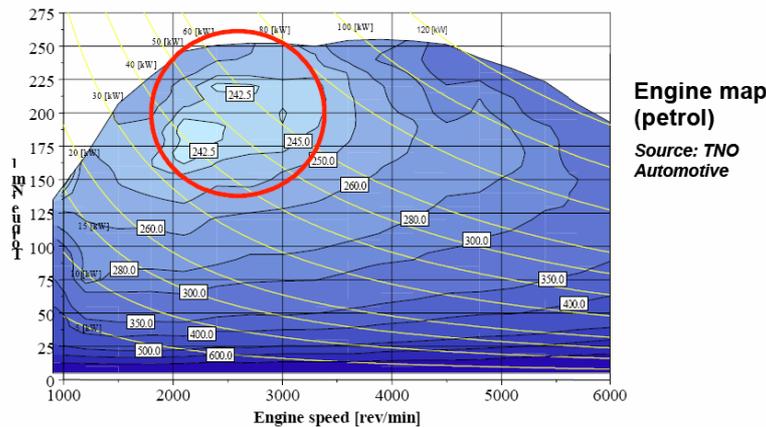


Figure 21 : Cartographie du rendement moteur

2. INTERFACE

Etant donné que les conseils d'éco-conduite portent sur le régime moteur, il a été décidé que l'interface soit couplée au compte tour. Il transmettra alors trois informations au conducteur afin qu'il sache à quel moment il doit passer sa vitesse :

- Le régime moteur comme sur n'importe quelle voiture
- Une flèche indiquant s'il doit passer la vitesse supérieure ou inférieure
- Une jauge d'indication du régime optimal, qui a pour but de former le conducteur en lui montrant à quel régime il doit changer de vitesse.

3. DISPOSITIF

Pour la réalisation de notre expérimentation, nous avons eu besoin de créer un prototype fonctionnel du système que nous pouvions monter et démonter à souhait du simulateur de conduite. La partie software du système d'éco-conduite est gérée par un ordinateur qui grâce au logiciel Matlab va récupérer les données du simulateur via le réseau et ensuite afficher sur l'écran l'interface du système d'aide avec les conseils correspondant.

Ensuite nous avons installé un écran LCD de 100X100mm démontable devant le compte-tour qui est relié via un câble VGA à l'ordinateur et nous permet ainsi de pouvoir afficher l'interface du système d'aide à l'éco-conduite.

IV. L'EXPÉRIMENTATION SUR SIMULATEUR

La mise en place d'une évaluation avec des sujets sur simulateur nécessite un certain nombre d'étapes aussi bien au niveau méthodologique, technique et juridique. J'ai donc travaillé sur la totalité du processus afin de maîtriser l'ensemble de ces étapes.

A. CONTRAINTES JURIDIQUES

L'expérimentation avec des sujets nécessite d'une part d'assurer leur sécurité et d'autre part de les informer sur leur implication.

Pour l'aspect sécuritaire, il faut montrer que l'expérimentation ne rentre pas dans la catégorie des expérimentations contrôlées par la loi HURIET (loi 88-1138) relative à la protection des personnes se prêtant à la recherche biomédicale.

Pour cela le processus mis en place par l'IFSTTAR consiste à remplir un dossier qui est présenté au comité d'éthique interne (le CERB). Ce dossier décrit dans un premier temps les motifs, la problématique générale, les objectifs et les hypothèses de l'expérimentation, cela dans le but de démontrer sa justification. Dans un second temps, on va expliquer le déroulement de l'expérimentation, avec la méthodologie, le protocole expérimental, le choix des sujets et les variables étudiées afin de montrer que les sujets ne subiront aucun tort et que notre expérience ne rentre pas dans le cadre de la loi HURIET.

Pour l'aspect informationnel, un certain nombre de documents est donné au participant :

- Une fiche de consentement éclairé en deux exemplaires prouvant que le sujet est bien informé du déroulement de l'expérimentation.
- Une lettre d'information reprenant les grandes lignes du dossier CERB

De plus, l'IFSTTAR a souscrit, auprès de GENERALI France, une assurance en Responsabilité Civile pour que l'établissement soit couvert en cas de dommages éventuels envers un sujet.

On retrouvera les documents donnés aux participants en annexe du rapport.

B. METHODOLOGIE

1. PROTOCOLE D'EXPÉRIMENTATION SUR SIMULATEUR

A) OBJECTIF ET HYPOTHÈSE D'EXPÉRIMENTATION

Cette étude aura pour objectifs de :

- Tester, en simulant une situation réelle de conduite, le système embarqué d'aide à l'éco-conduite conçu au préalable, en termes d'acceptabilité, de charge mentale induite et d'efficacité à économiser du carburant.

- Evaluer les modifications engendrées sur les variables dépendantes en fonction des variables indépendantes.
- Définir des recommandations pour l'interaction entre les systèmes embarqués d'aide à l'éco-conduite et l'homme, en fonction de la charge mentale induite et de l'économie de carburant réalisée.

Avec les objectifs ainsi définis, cette étude permettra de vérifier les hypothèses suivantes :

- Le système d'aide à l'éco-conduite ne nécessite aucune formation pour pouvoir être utilisé de manière efficace.
- L'utilisation du système ne provoque aucune charge mentale supplémentaire, quel que soit le type de personne qui l'utilise.
- Le système permet à n'importe quel type de conducteur de diminuer sa consommation en carburant s'il suit les conseils prodigués.

B) DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Cette expérimentation a été réalisée sur simulateur de conduite. Son objectif est d'évaluer l'acceptabilité et l'efficacité du système ainsi que la charge mentale induite par son utilisation lors d'une situation de conduite normale.

Afin d'évaluer le système, l'expérimentation se déroule en trois phases de conduite, une phase de baseline sans le système d'aide et une avec pour s'habituer et une troisième avec le système pour comparer la conduite avec celle de la baseline. Les sujets réalisent un parcours prédéfini pour chaque phase. Les deux parcours (1 et 3) sont homogènes, par le type d'intersection et la durée de roulage entre les intersections, afin de pouvoir être comparés. Pour encore plus d'homogénéité la moitié des sujets commence par un parcours alors que l'autre moitié commence par le second.

Les sujets ont pour consigne de rouler le plus naturellement possible, suivre les panneaux de direction « Paris » mais également se servir du système dans les deux dernières phases.

L'expérimentateur a expliqué le fonctionnement du système avant la conduite mais il n'a eu aucun contact avec eux durant celle-ci. L'évaluation s'est faite dans un premier temps grâce aux différentes données collectées par le simulateur telles que la consommation du véhicule et les actions du conducteur sur ce dernier. Le but étant de mettre en parallèle les données moteur par rapport au comportement du sujet.

Entre les phases de roulage, les sujets ont rempli des questionnaires sur l'évaluation de l'acceptabilité d'un système et les techniques d'évaluation de la charge mentale.

Un enregistrement vidéographique et oculométrique de la totalité de l'expérimentation a permis de compléter les données recueillies.

C) VARIABLES ÉTUDIÉES

Variables indépendantes

- Présence ou non du système d'aide à l'éco-conduite
- Caractéristiques des conducteurs (âge, sexe, type de conduite)
- Contexte de conduite (trafic, infrastructure...)

Variables dépendantes

- Acceptabilité du système par le conducteur. (Questionnaires)
- Charge mentale induite par le système
- Action du conducteur sur le véhicule en fonction des conseils donnés par le système d'aide. (Passage de rapport, freinage, ...)
- Données mécaniques et techniques du véhicule tout au long de la conduite. (Consommation du véhicule, couple, ...)

D) CHOIX DU PANEL DE CONDUCTEUR

Cette expérimentation a fait appel à vingt sujets. Ce nombre a été choisi afin d'avoir un groupe de dix hommes et un groupe de dix femmes. Ce nombre a été suffisant pour pouvoir comparer les deux types de conduite (avec et sans système), car les sujets sont leurs propres témoins.

Sélection des sujets : Les critères d'inclusion retenus (sujets adultes des deux sexes entre 25 et 45 ans) visent à assurer un groupe homogène en matière d'expérience de conduite dans chaque population. Sont exclus les sujets présentant des troubles connus de la vision non corrigés (grâce à un test visuel de Parinaud).

E) DÉFINITION DU PROTOCOLE

Nous avons décidé de faire évaluer notre système embarqué d'aide à l'éco-conduite sur le nouveau simulateur de conduite de l'IFSTTAR par des conducteurs sélectionnés dans la population lyonnaise.

L'expérimentation s'est déroulée en plusieurs étapes :

Aux préalables, il y a eu une sélection des conducteurs à partir d'une interview téléphonique, qui nous a permis d'avoir les sujets correspondant au panel souhaité.

Ensuite chaque conducteur a été invité à venir individuellement à l'IFSTTAR pour participer aux tests pendant environ 2h.

Chaque conducteur a commencé par conduire librement sur le simulateur pendant une dizaine de minutes afin de s'habituer au système.

Un test de presbytie a été ensuite réalisé afin de vérifier si le sujet présentait des problèmes de vue, qui pourrait le gêner pour regarder le système.

La première partie de l'évaluation a consisté à conduire 15 mn sur le simulateur de conduite sur un trajet défini sans aucun système d'aide. Cette partie nous servira de base line afin de connaître les caractéristiques de conduite d'un sujet avant qu'il n'utilise le système et ainsi de faire la comparaison.

Ensuite le sujet a répondu à un questionnaire sur ses caractéristiques et expériences dans divers domaines.

Il a enchainé sur une deuxième session d'entraînement de 5 mn sur le simulateur mais cette fois avec le système d'aide, suivi du parcours long de 15 mn encore une fois avec le système d'éco-conduite.

Et pour finir il a répondu à un dernier questionnaire portant sur l'acceptabilité du système, la charge mentale induite et son avis sur plusieurs points définis.

2. LE CHOIX DES PARCOURS

Pour notre simulation nous avons besoin d'utiliser trois parcours sur lesquels le conducteur va pouvoir se déplacer à l'aide des commandes du simulateur. Ces parcours ont été choisis et habillés en fonction de nos besoins à l'aide des différents outils informatiques à notre disposition.

N'ayant aucune recommandation sur le parcours d'entraînement, car celui-ci a uniquement pour but d'habituer le conducteur au simulateur, nous avons utilisé un parcours déjà préparé ce qui nous a permis de gagner du temps.

Le parcours de la base line a été réalisé à partir d'une base déjà existante, proposant plusieurs types de route dans un circuit fermé de plusieurs km². Il a alors fallu choisir les routes que nous allions emprunter afin que notre parcours corresponde à notre cahier des charges. Nous avons choisi de partir d'une portion de route nationale et ensuite rejoindre la ville en empruntant la nationale. De cette manière nous rencontrons tous les types de routes afin que notre base line soit la plus complète possible.

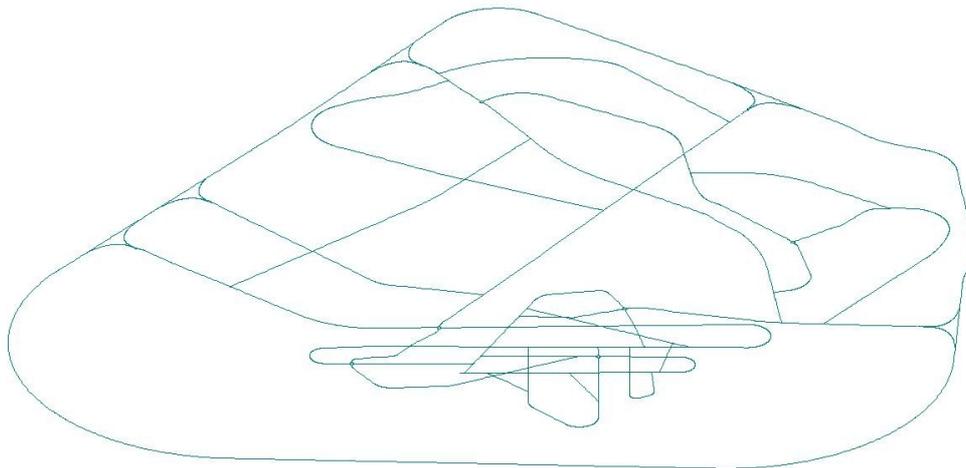


Figure 22 : Tracé des routes du monde virtuel

Nous avons également décidé de rajouter un lièvre (véhicule devant le véhicule du sujet) durant la moitié du parcours afin de simuler le trafic et voir les modifications de comportement en fonction. La durée du parcours est d'environ 15 mn afin de ne pas trop solliciter le sujet à cause du mal du simulateur pouvant arriver chez certaines personnes, mais avoir tout de même assez de données sur sa conduite. Pour la navigation dans la carte, le sujet a dû suivre la direction de Champeix via les panneaux de signalisations.

Afin de ne pas fausser les résultats le training a été réalisé sur un parcours différent de ceux évalués pour que le conducteur ne soit pas habitué à ceux-ci. Cependant, ces derniers doivent comporter des situations de conduite similaires. Ainsi ces deux parcours sont homogènes par le type d'intersection et la durée de roulage entre les intersections. On retrouvera les portions de routes similaires d'un parcours à l'autre dans l'annexe C dans un tableau Excel.

3. QUESTIONNAIRES

D'après le protocole d'expérimentation il y a donc à mettre en place trois questionnaires.

1^{er} questionnaire : sur les caractéristiques de la personne à tester par téléphone afin de choisir les sujets qui correspondent au panel décrit précédemment.

2^{ème} questionnaire : à remplir après la base line afin d'avoir un maximum d'informations diverses sur les conducteurs avant qu'ils n'utilisent le système pour analyser leurs réactions face à celui-ci, et voir s'il a engendré un changement de comportement.

3^{ème} questionnaire : à remplir après la dernier test afin de récolter toutes les données qui vont nous permettre de déterminer l'acceptabilité du système et ainsi connaître les points forts et les points faibles de notre système.

A) DONNÉES À MESURER GRÂCE AU QUESTIONNAIRE :

Caractéristiques du participant

- Données démographiques (sexe, âge, ...)
- Expérience de conduite et type de trajet
- Expérience en technologie automobile (mécanique/système embarqué)
 - Utilisation d'un système embarqué
 - Fréquence d'utilisation
 - Attrait envers ce système
 - Modifié le comportement de conduite
- Expérience avec les nouvelles technologies
- Expérience en éco-conduite et mécanique automobile
- Attrait pour l'écologie ou l'économie de carburant

Acceptabilité pratique

Utilisabilité

- Perception de la facilité de compréhension du système (compréhension des différents logos et action à réaliser en fonction)

Efficacité

- Perception de l'efficacité du système (les conseils sont judicieux et permettent d'améliorer l'éco-conduite)
- Autocritique de leur utilisation du système (pense t'il suivre les conseils du système)

Utilité

- Perception de l'utilité du système (prêt à payer pour un tel système?)
- Confiance envers le système (le système commet-il des erreurs)
- Satisfaction perçue (points forts/faibles)
- Charge mentale ressentie (distraction causée par le système)

Acceptabilité sociale

- Acceptation sociale (installation d'un tel système en série dans les véhicules)

B) FORMAT DES QUESTIONNAIRES :

Les questionnaires ont été élaborés à partir de différents questionnaires déjà utilisés pour évaluer des systèmes embarqués, puis adaptés à notre besoin.

Il comporte plusieurs types de questions :

- **Questions ouvertes :**

En quelle année avez-vous obtenu le permis de conduire ?

- **Questions à choix multiples :**

Quelle(s) action(s) individuelle(s) faites-vous pour participer à la protection de l'environnement ?

Tri sélectif des déchets Eteindre les appareils électriques

Compost dans le jardin Utiliser un vélo

Conduite économique Utiliser les transports en commun

Utiliser une chasse-d'eau économique

- **Classifications :**

Classer ces points de 1 à 5 du plus important au moins important pour avoir une conduite économique

_____ La vitesse

_____ L'accélération

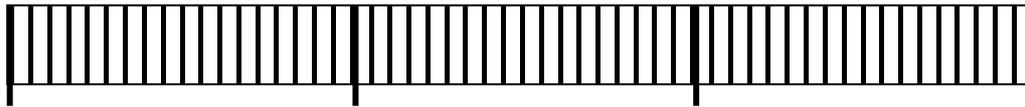
_____ L'anticipation

_____ Le freinage

_____ Régime moteur

- **Des échelles :**

Vous sentez-vous concernés par les problèmes liés à l'environnement ?



Beaucoup

assez

un peu

Pas du tout

Le tout sera ensuite analysé grâce au logiciel de statistique SPSS, qui nous dira si on peut faire des corrélations entre les résultats obtenus et certains groupes de conducteurs.

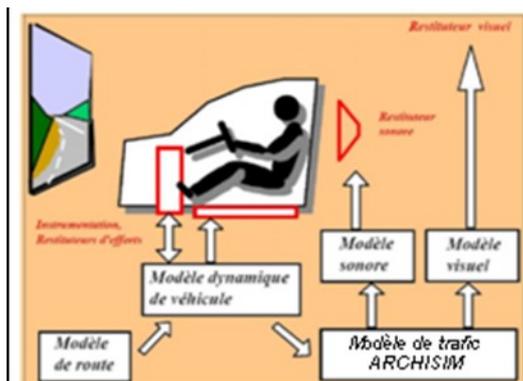
Vous retrouverez les trois questionnaires en annexe D.

C. ASPECTS TECHNIQUES

1. PRÉSENTATION DU SIMULATEUR

CARACTERISTIQUES

- Cabine à base fixe (Peugeot 308) instrumentée à l'aide de capteurs installés sur les organes de commande et utilisation du bus de communication (bus CAN) de la voiture pour traiter les informations du tableau de bord.
- Image de la scène routière projetée à l'avant sur 5 écrans (220x165 cm) représentant un champ visuel total de 180° en horizontal et 40° en vertical,



- A l'arrière, trois écrans sont incrustés dans le véhicule afin de refléter l'image de la scène arrière sur les rétroviseurs.
- Un son en quadriphonie est diffusé dans la cabine – bruits internes au véhicule et bruits externes.

Le simulateur est basé sur l'architecture SIM2, qui s'appuie sur le modèle de trafic ARCHISIM du LEPSIS. SIM2 intègre des outils d'aide pour la création des différents composants

informatiques nécessaires à la description de l'environnement et du déroulement des expérimentations.

PRINCIPALES THEMATIQUES



- Caractériser les performances de conduite de populations spécifiques (victimes de traumatismes crâniens, vieillissement sain ou pathologique, jeunes conducteurs...)
 - Bâtir des scénarios de conduite pertinents afin de mettre au point des programmes d'entraînement ou de rééducation.
 - Etudier le lien entre les mesures physiologiques (rythme cardiaque, EEG...) et l'activité de conduite.
 - Explorer les stratégies visio-motrices utilisées par les participants.
- Evaluer des systèmes d'aide à la conduite.
 - Tester et évaluer des aménagements d'infrastructures routières.
 - Analyser la posture et les mouvements du conducteur dans différentes situations de conduite.
 - Augmenter le réalisme de la simulation en améliorant les systèmes de restitution haptique.



2. HABILLAGE DES PARCOURS

Le monde virtuel utilisé sur le simulateur ne comportant aucune infrastructure naturelle ou artificielle, une fois que le tracé du parcours a été choisi, il a fallu que j'habille ce monde virtuel avec tous les objets que l'on peut trouver, sur ou autour d'un réseau routier :

- Les habitations
- La végétation
- La signalétique
- Les autres voitures
- ...

Pour cela j'ai du utiliser le logiciel SIM 2, qui gère tout la partie visuel du simulateur. Grâce à ce logiciel je peux choisir dans le catalogue d'objet 3D et choisir celui que je veux planter.

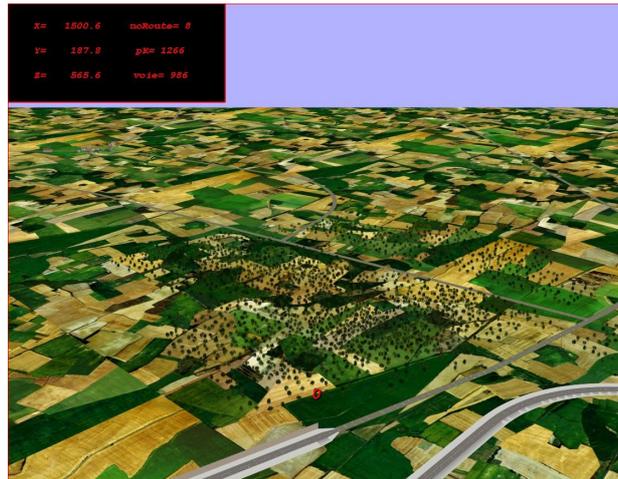


Figure 23 : zone de campagne vue du ciel après implantation d'une forêt

Cette partie du travail est longue et fastidieuse mais nécessaire si l'on veut que le décor soit réaliste.

3. SCÉNARIO

Une fois le monde virtuel habillé, il a fallu que je scénarise tous les objets mobiles que le sujet allait rencontrer durant le parcours (voitures, feux de signalisation).

L'apparition des autres voitures (ou lièvre) ainsi que la couleur des feux ont été choisies en même temps que le tracé des deux parcours, afin d'avoir la meilleure homogénéité possible.

Il n'existe pour l'instant aucun logiciel capable de programmer les « mobiles » du monde virtuel utilisés sur le simulateur de l'IFSTTAR. Pour cela il faut utiliser un langage informatique dans un fichier texte décrivant les actions à réaliser en fonction des conditions demandées. Ensuite ce fichier a été lu par le deuxième logiciel utilisé par le simulateur, DR 2 qui lui gère toute la partie de calculs.

Exemple de commande pour la création d'un lièvre qui va arriver à un carrefour devant le sujet et changer de route au carrefour suivant :

```
;----- Début du lièvre 3 au carrefour 9 -----
;----- Création du lièvre 3 qui va arriver de la gauche -----
;----- Passage du feu 9 à rouge -----

INSTRUCTION(200,20,FAUX,FAUX,VRAI,VRAI)
  SI NumeroEssai()
    FAIRE

    ChangerPhaseFeu(1, 4, 0, 0)
    CreerMobile ("V3","M4",-14,"Asservi",03,VRAI,0,"D8",FAUX,-18,FAUX,300,180.0)

    JSQA Position(-1,"mobile","D2",47300,FAUX,VRAI,">=")
    ALLER ESSAI(21)

  FINSI
FIN
```

;----- Passage du lièvre devant le feu + passage du feu 10 à rouge -----

INSTRUCTION(210,21,FAUX,FAUX,VRAI,VRAI)

SI NumeroEssai()
FAIRE

RegulerVitesseFixe(-14,70,0,VRAI,3)
ChangerPhaseFeu(0, 4, 0, 0)

JSQA Position(-14,"mobile","D2",47000,FAUX,VRAI,">=")
ALLER ESSAI(22)

FINSI

FIN

;----- passage du feu 9 à vert quand lièvre est passé devant le sujet -----

INSTRUCTION(220,22,FAUX,FAUX,VRAI,VRAI)

SI NumeroEssai()
FAIRE

RegulerVitesseFixe(-14,0,0,FAUX,500)
ChangerPhaseFeu(1, 5, 0, 0)

JSQA Position(-1,"mobile","D2",47000,FAUX,VRAI,">=")
ALLER ESSAI(23)

FINSI

FIN

;----- Accélération du lièvre dès que le sujet passe le feu 9 -----

INSTRUCTION(230,23,FAUX,FAUX,VRAI,VRAI)

SI NumeroEssai()
FAIRE

RegulerVitesseFixe(-14,160,0,VRAI,5)

JSQA Position(-14,"mobile","D2",44500,FAUX,VRAI,">=")
ALLER ESSAI(24)

FINSI

FIN

;----- Vitesse du lièvre = 50km/h + le feu 10 passe au vert -----

INSTRUCTION(240,24,FAUX,FAUX,VRAI,VRAI)

SI NumeroEssai()
FAIRE

RegulerVitesseFixe(-14,140,0,VRAI,2)
ChangerPhaseFeu(0, 5, 0, 0)

JSQA Position(-1,"mobile","D15",500,FAUX,VRAI,">=")

```

                ALLER ESSAI(25)
        FINSI
    FIN

;----- Fin du lièvre 3 -----

INSTRUCTION(250,25,FAUX,FAUX,VRAI,VRAI)
    SI NumeroEssai()
        FAIRE

        SupprimerParNumero ("mobile",-14)

                JSQA Position(-1,"mobile","D15",800,FAUX,VRAI,">=")
                ALLER ESSAI(26)
    FINSI
    FIN
    
```

De nombreux autres fichiers sont à programmer afin que l'ensemble fonctionne correctement mais nous ne nous attarderons pas plus sur cette partie qui se concentrerait plus sur de l'informatique pure que sur l'évaluation du produit.

D. DÉROULEMENT DE L'EXPÉRIMENTATION

Une fois l'expérimentation prête, j'ai pu appeler les sujets recrutés par petites annonces pour prendre rendez-vous aux locaux de l'IFSTTAR.

L'expérimentation a donc pu commencer le 30 juin 2011 pour se terminer le 22 juillet 2011. Elle aurait dû se terminer plus tôt mais à cause de nombreux problèmes techniques ou des problèmes liés aux sujets, elle a pris du retard, se terminant le dernier jour du stage. Un des gros problèmes rencontrés a été le mal du simulateur pour une grande partie des sujets.

Mon rôle dans l'expérimentation était d'accueillir les sujets, leur expliquer un peu le déroulement de l'expérimentation et ensuite suivre le protocole d'expérimentation cité précédemment, en pensant bien à enregistrer toutes les données pour chaque parcours réalisé sur le simulateur.



Figure 24 : Poste de contrôle du simulateur

V. RECUEIL DES DONNÉES ET ANALYSES

A. DONNÉES RÉCOLTÉES

Afin de procéder à l'analyse de l'expérimentation, un certain nombre de donnée a été récupéré pour chaque sujet. On peut les diviser en deux types, les données objectives et les données subjectives. Les données objectives concernent tous les relevés ou mesures qui ont pu être faits au cours de la l'expérimentation :

- Les données mécaniques et techniques du véhicule tout au long de la conduite (Consommation du véhicule, couple, changement de vitesse, rotation du volant,...)
- Le rejeu du système d'éco-conduite
- L'enregistrement vidéo du conducteur de face, de profil et des pieds ainsi que la route.
- Les données oculométriques

Quant aux données subjectives, ce sont les réponses aux questionnaires.

B. MÉTHODE D'ANALYSE DES QUESTIONNAIRES

Dans un premier temps, l'analyse des questionnaires va permettre d'établir des groupes de sujets grâce au deux premiers questionnaires. On va pouvoir déterminer :

- Leur expérience en système embarqué
- Leur intérêt pour l'économie de carburant

Et dans un second temps ces groupes permettront de voir si l'on peut corrélérer un de ces critères aux autres données :

- Les réponses du troisième questionnaire (l'acceptabilité du système et la charge mentale induite)
- Les données objectives (la consommation,...)

Cette analyse se fera grâce à un logiciel de statistiques SPSS qui va faire toutes ces corrélations et pour chacune d'elle donner un score de significativité.

Cependant, par manque de temps il a été convenu que je ne ferai qu'une **présentation des statistiques descriptives, soit uniquement les questionnaires**, et pas sur les données objectives récoltées, cela sera fait plus tard par une autre personne.

C. STATISTIQUES DESCRIPTIVES DU PANEL DE SUJETS

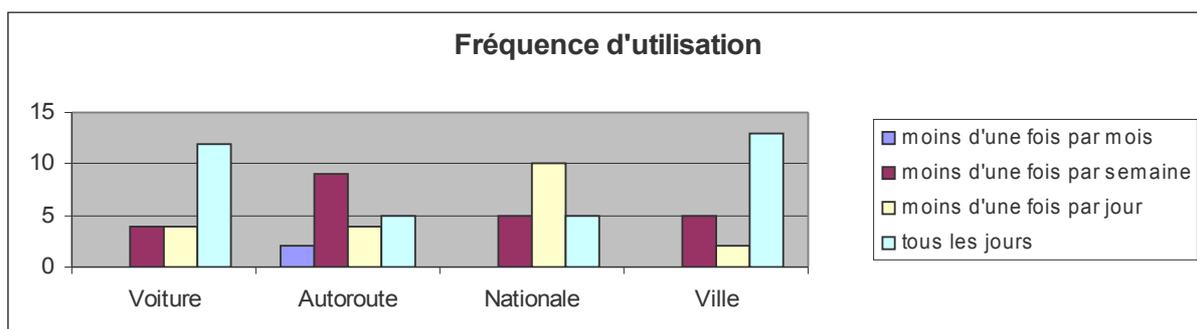
Caractéristiques physiques

Sexe : 10 Femmes, 10 hommes

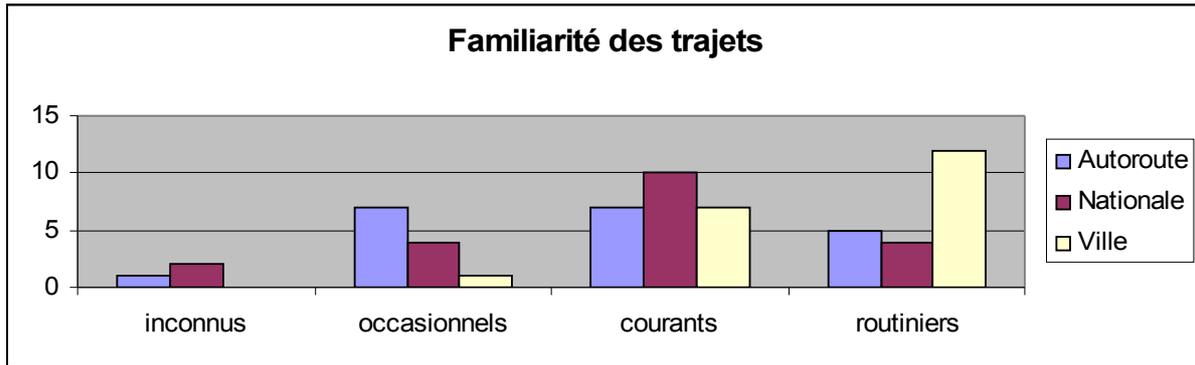
Age : moyenne 30.7 ans (écart type 5.34)

Expérience de conduite

Nombre de kilomètres parcourus par an : moyenne 13350 (écart type 9197)

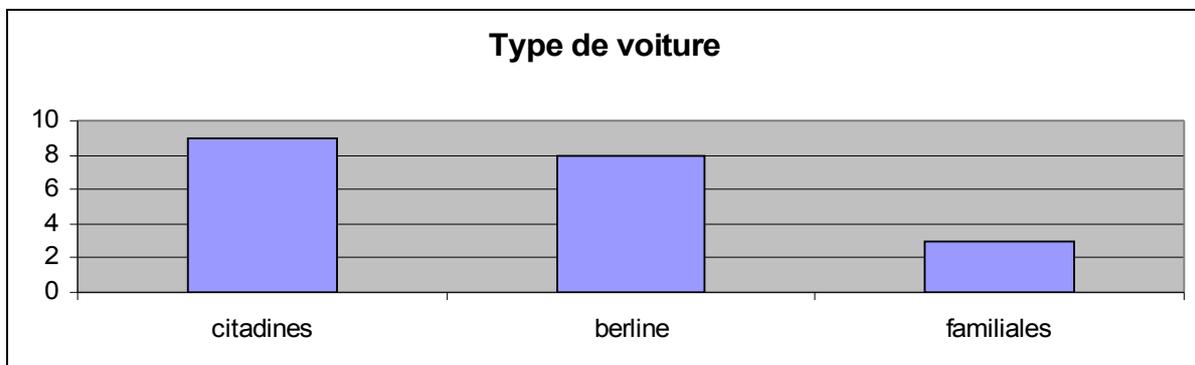


La totalité des conducteurs conduit au moins une fois par mois et plus de la moitié tous les jours. Ils conduisent beaucoup en ville, un peu moins sur nationales et la moitié d'entre eux assez peu sur autoroute.

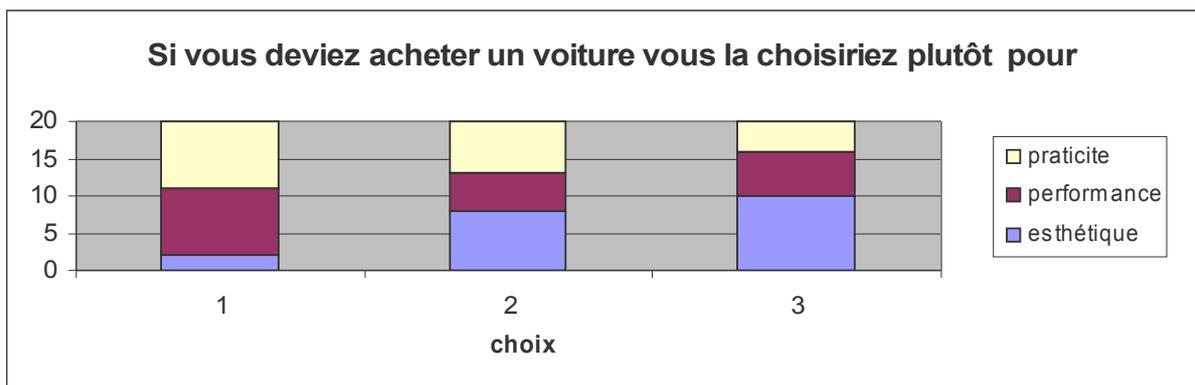


La plupart des trajets en ville sont très connus (12 routiniers et 9 courants), en nationale assez connus (4 routiniers et 10 courants), tandis que sur autoroute les trajets sont plutôt occasionnels (7) ou courant (7).

Choix de voiture

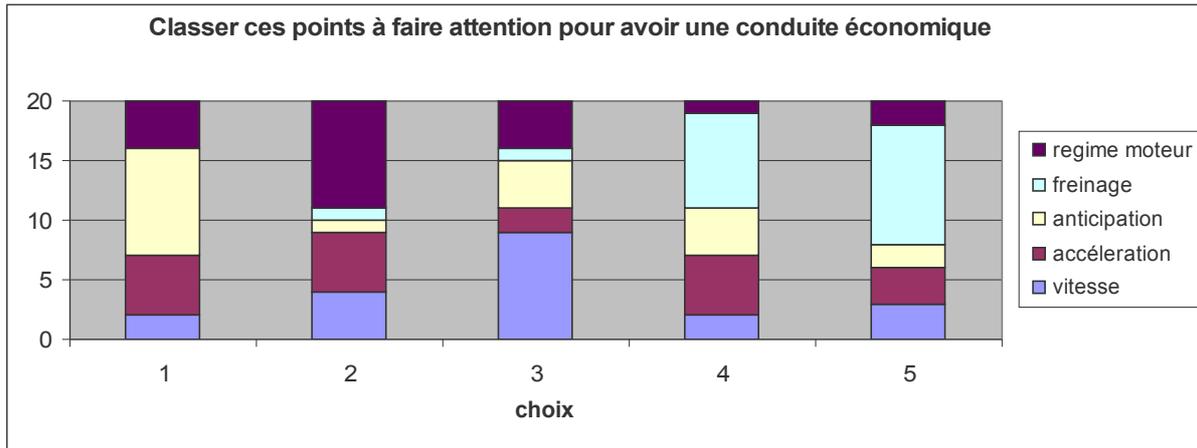


La plupart des sujets possède une voiture citadine ou berline et peu de familiale.

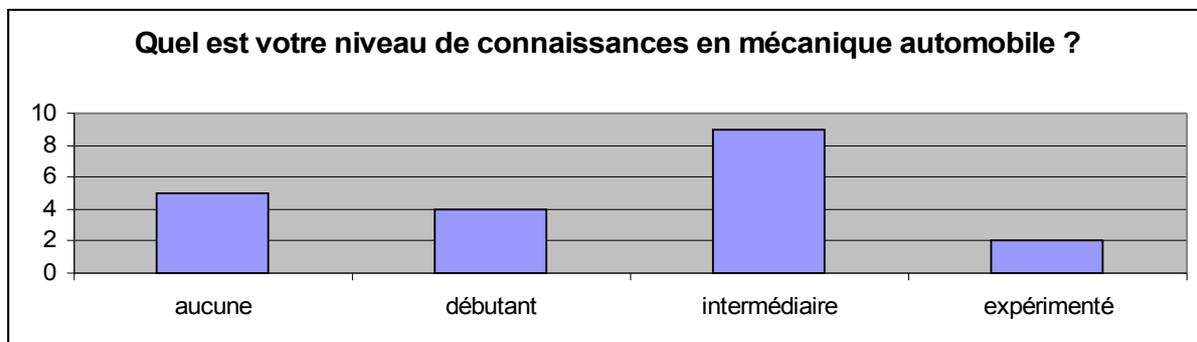


Le premier critère de choix d'achat d'un véhicule est la performance ou la praticité tandis que l'esthétique est plutôt ressentie comme un critère secondaire.

Connaissance de l'éco conduite

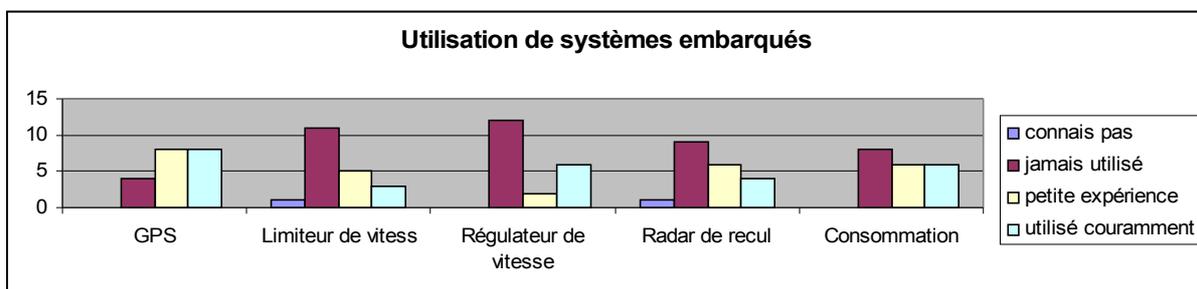


Pour la plupart des sujets, le premier critère d'éco conduite est la capacité d'anticipation suivie par le type d'accélération et enfin le choix du régime moteur.

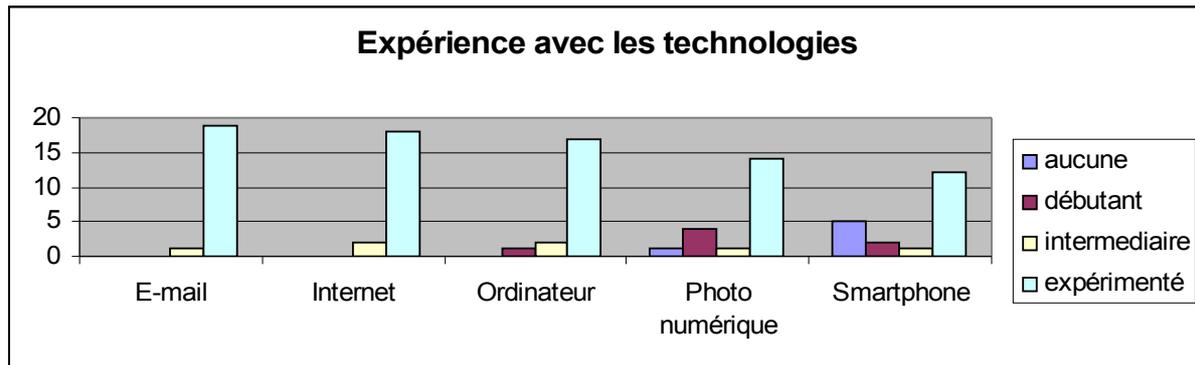


La moitié des sujets a une bonne connaissance de la mécanique et l'autre non.

Utilisation de systèmes technologiques



Les systèmes les plus utilisés sont les GPS et les systèmes d'indication de la consommation tandis que les limiteurs et régulateurs de vitesse ainsi que les radars de recul sont peu utilisés, mais tous les systèmes sont en général connus.



La quasi-totalité des sujets sont expérimentés en termes d'utilisation d'ordinateurs tandis que la moitié d'entre eux l'est pour l'utilisation du Smartphone.

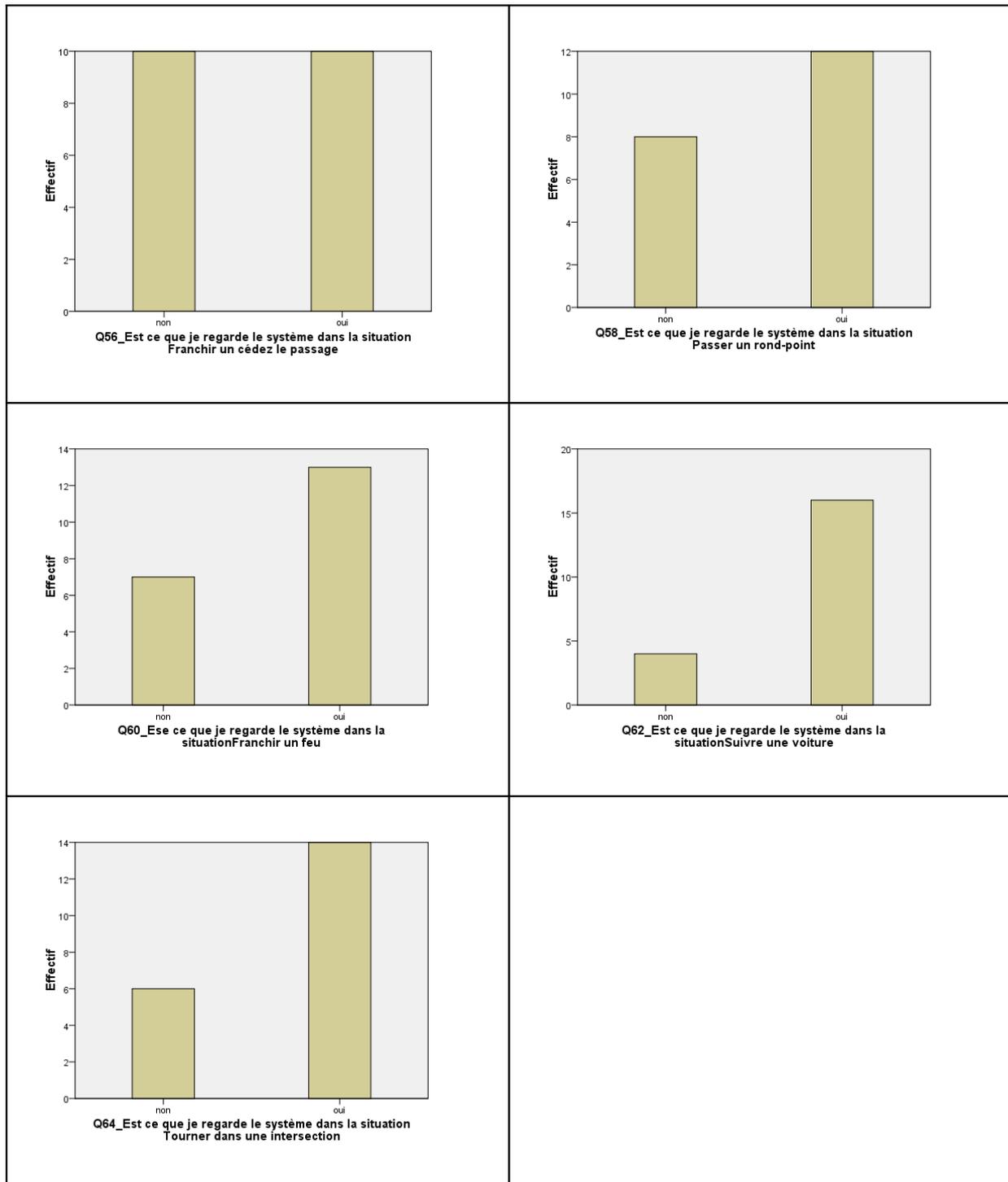
Position par rapport aux problèmes d'environnement

La plupart des sujets se sent beaucoup (15) ou assez (5) concernée par les problèmes d'environnement et certains sujets ont des actions individuelles telles que :

Tri sélectif des déchets	19
Compost dans le jardin	3
Conduite économique	12
Utiliser une chasse-d'eau économique	11
Eteindre les appareils électriques	18
Utiliser un vélo	11
Utiliser les transports en commun	13
Autres	4

D. STATISTIQUES D'UTILISATION DU SYSTÈME ET DE LA CHARGE MENTALE

Utilisation déclarée du système en fonction des situations de conduite



Différence entre les évaluations de la charge mentale avec et sans système suivant les différentes situations

		Moyenne	Ecart-type	Erreur standard moyenne
Franchir un cédez le passage	Q51_ charge mentale baseline Q57_ charge mentale avec système	30,650	17,2833	3,8647
Passer un rond-point	Q52_ charge mentale baseline Q59_ charge mentale avec système	32,725	20,4820	4,5799
Franchir un feu	Q53_ charge mentale baseline: Q61 charge mentale avec système	22,200	13,1423	2,9387
Suivre une voiture	Q54_ charge mentale baseline Q63_ charge mentale avec système	26,200	14,5407	3,2514
Tourner dans une intersection	Q55_ charge mentale baseline Q65_ charge mentale avec système	34,125	14,5764	3,2594
		41,900	21,2996	4,7627

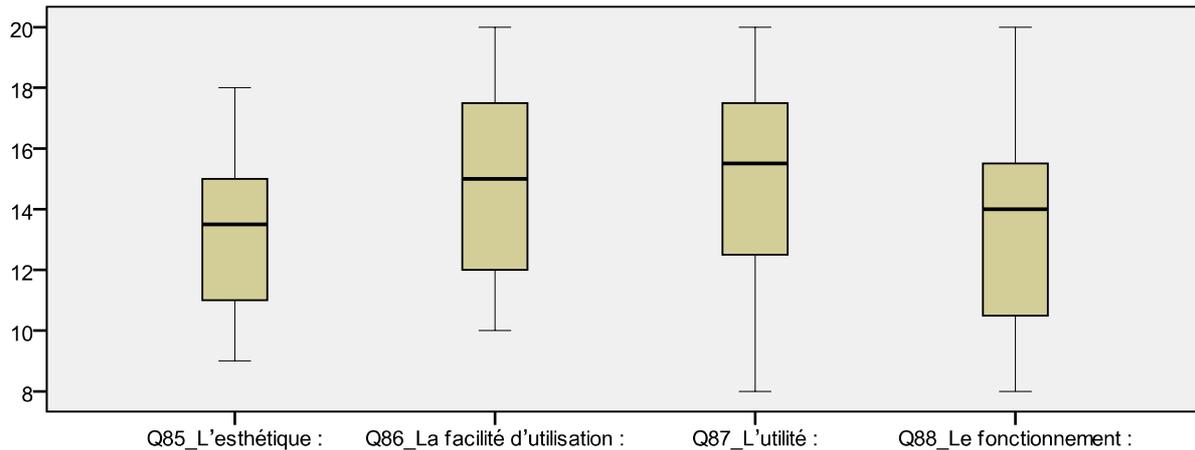
Test échantillons appariés

	Différences appariées				t	ddl	Sig. (bilatérale)	
	Moyenne	Ecart-type	Intervalle de confiance 95% de la différence					
			Inférieure	Supérieure				
Franchir un cédez le passage	Q51_ charge mentale baseline - Q57_ charge mentale avec système	-18,2500	24,8519	-29,8811	-6,6189	-3,284	19	,004
Passer un rond-point	Q52_ charge mentale baseline - Q59_ charge mentale avec système	-17,7000	26,0800	-29,9058	-5,4942	-3,035	19	,007
Franchir un feu	Q53_ charge mentale baseline - Q61_ charge mentale avec système	-19,7750	19,8895	-29,0836	-10,4664	-4,446	19	,000
Suivre une voiture	Q54_ charge mentale baseline - Q63_ charge mentale avec système	-9,7750	14,4381	-16,5323	-3,0177	-3,028	19	,007
Tourner dans une intersection	Q55 charge mentale baseline - Q65_ charge mentale avec système	-7,7750	17,6587	-16,0395	,4895	-1,969	19	,064

Les différences sont très significatives sauf pour la situation tourner dans une intersection.

E. EVALUATION SUBJECTIVE DE L'INTERFACE

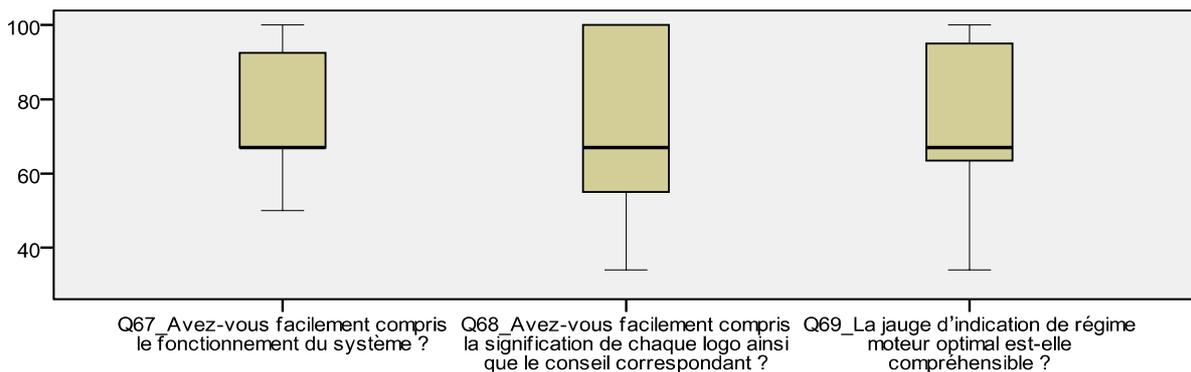
Evaluation globale



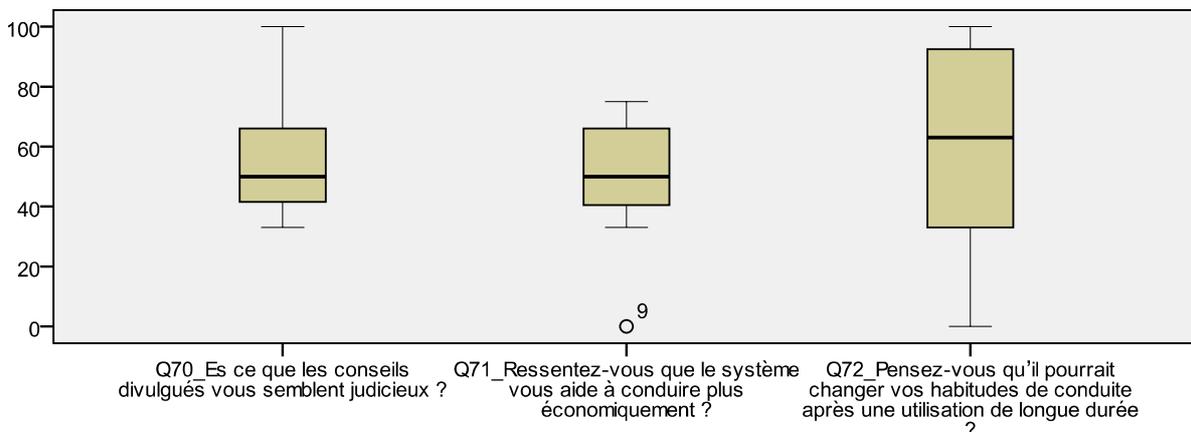
Les sujets ont noté globalement le système (note de 0 à 20). Ils l'ont trouvé utile (15,15/20) et assez facile d'utilisation (14.95/20). Ils ont assez aimé le fonctionnement (13,40/20) et l'esthétique (13.05/20).

Compréhension du système

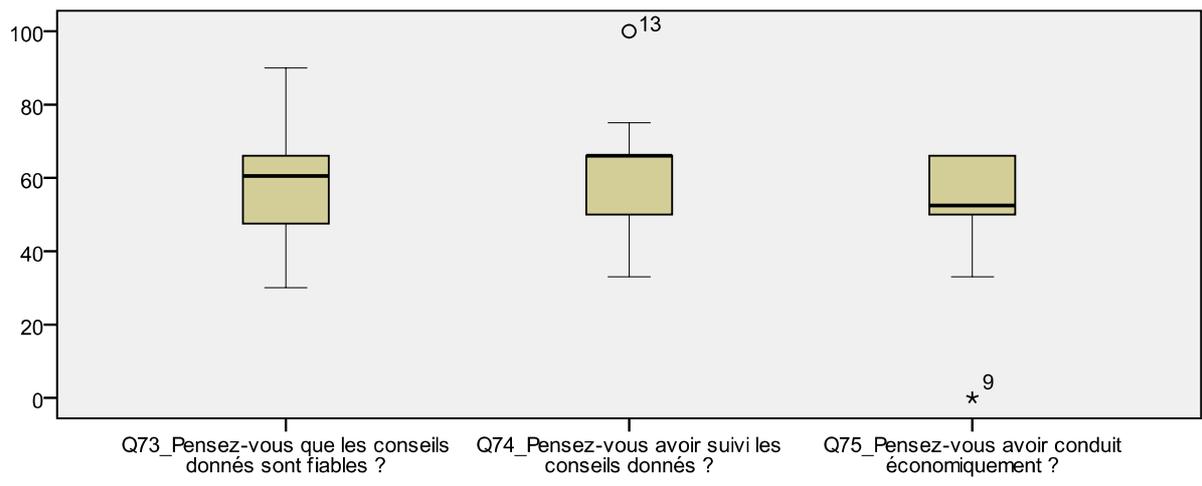
Les sujets devaient noter sur une échelle de 0 à 100 la compréhension des informations.



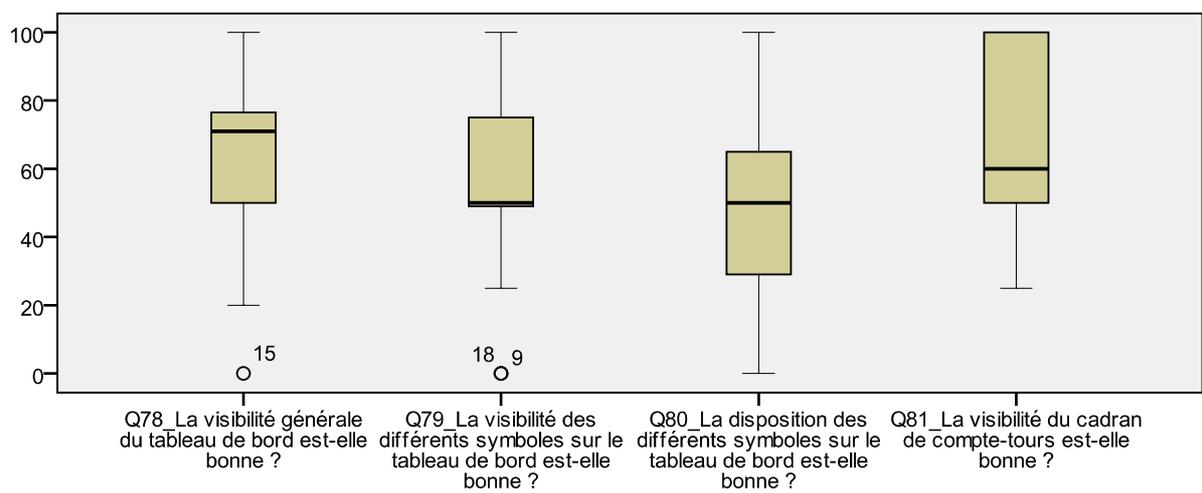
Efficacité perçue du système



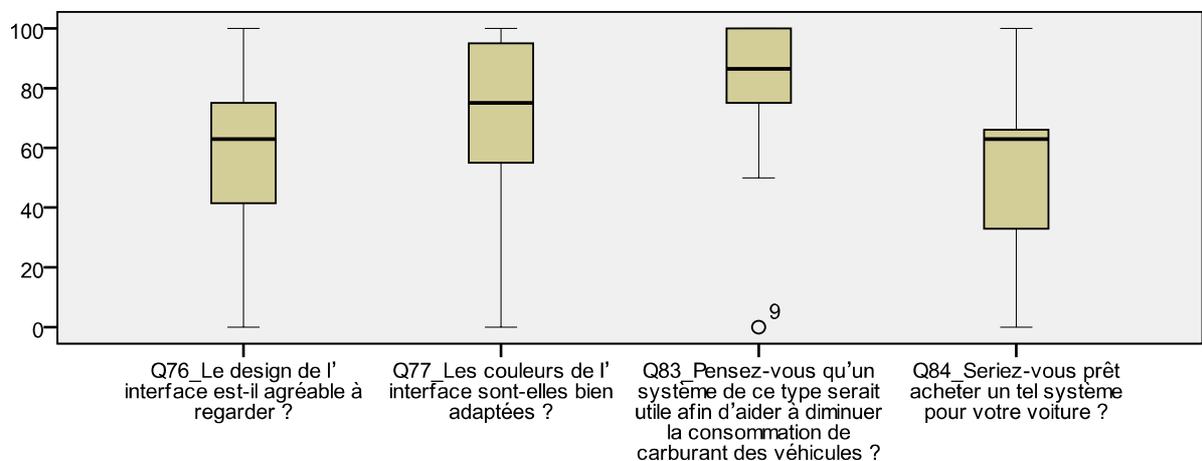
Confiance dans le système et évaluation de la conduite



Visibilité



Esthétique et intérêt



On peut estimer quand moyenne, les utilisateurs sont plutôt satisfaits du système et qu'ils ont le sentiment que cela pourrait les aider à conduire économiquement, cependant une

remarque est ressortie de façon récurrente. Cela concerne la mauvaise visibilité des indications des changements de rapport qui pouvait être caché par les branches du volant lorsque que la personne prenait un virage. C'est pourquoi de nombreux utilisateurs nous ont indiqué qu'ils auraient préféré avoir cette information en affichage tête-haute plutôt que sur le tableau de bord.

VI. CONCLUSION

Ce stage en entreprise a été une expérience forte qui m'a permis de valoriser mes connaissances et mon savoir-faire acquis durant mon parcours scolaire et mes stages antérieurs. Il a concrétisé mes trois années passées à l'UTBM en regroupant l'ensemble des domaines qui m'ont été enseignés au département Ergonomie Design et Ingénierie Mécanique. Mes travaux réalisés au sein de l'IFSTTAR furent variés et enrichissants, autant sur le plan technique qu'humain. Mon profil polyvalent a été sollicité et conforte ma volonté d'orientation professionnelle qui est de suivre l'évolution des projets que je serai amené à réaliser. C'est sur ce point que mon travail au LESCOT fut le plus valorisant.

De ce fait, mon court parcours professionnel, composé de mes stages conventionnés précédents, et enrichi d'une expérience en institut de recherche me donnent la polyvalence et les références souhaitées pour me sentir prêt à me lancer dans la vie active.

Mon seul regret sera de ne pas avoir eu assez de temps pour mener le projet à terme et ainsi connaître les résultats de l'expérience et les bénéfices d'un tel système sur la consommation de carburant.

VII. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Davies, P. (2007) : BP Statistical Review of World Energy 2007
- AIE (Agence International de l'Energie), (2000) : World Energy Outlook ;
- ADEME (Agence de l'Environnement de la Maitrise de l'Energie), (2009) : Consommations conventionnelles de carburant et émissions de gaz carbonique des véhicules particuliers vendus en France ;
- Onoda, T. (2009) : IEA policies - G8 recommendations and an afterwards, Energy Policy ;
- Barbé, J. (2007) : Analyse, Conception et Evaluation d'u Système Embarqué Automobile : Application à un Système d'Eco-Conduite ;
- Nielsen, J. (1993) : Usability Engineering, Chapter 2 ;
- Cherri, C. (CRF), Nodari, E. (CRF), Toffetti, A. (CRF) (2004) : AIDE-adaptive integrated driver-vehicle interface : Review of existing Tools and Methods ;
- Hart, S.G. & Staveland, L.E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): results of empirical and theoretical research. In P. Hancock and N. Meshlcati (eds), Advances in psychology: human mental workload. (North Holland: Elsevier Science), 139-183 ;
- Reid, G.B., Eggemeier, F.T., & Nygren, T.E. (1982). An individual differences approach to SWAT scale development. Proceedings of the Human Factors Society 26th Annual Meeting, Santa Monica, CA : Human Factors Society, 639-642 ;
- Gawron, V. (2000). Human Performance Measures Handbook. Mahwah : Lawrence Erlbaum Associates ;
- Pauzié, A., Pachiaudi, G. (1996). Subjective evaluation of the mental workload in the driving context. International Conference on Traffic and Transport Psychology. Valence : Espagne ;
- Maincent, A (2010). Comportements humains, Activités finalisées et Conception de systèmes d'assistance à la conduite de Véhicules Industriels
- Barbé, J. (2007). Analyse, conception, et évaluation d'un système embarqué

VIII. TABLE DES FIGURES

Figure 1 : logo de l'IFSTTAR.....	8
Figure 2 : logo du LCPC.....	8
Figure 3 : logo de l'INRETS.....	8
Figure 4 : Classification de quelques tâches de l'activité de conduite.....	12
Figure 5 : Représentation schématique des interactions homme-machine en cabine d'après Kamp (1998).....	16
Figure 6 : Cartographie du rendement moteur sur une voiture à essence récente de catégorie moyenne.....	20
Figure 7 : Courbes de consommation en fonction de la vitesse et du rapport de boîte.....	21
Figure 8 : Consommation moyenne en fonction du rapport de boîte pour différentes cylindrées.....	21
Figure 9 : Interface tableau de bord du GERICO.....	23
Figure 10 : Seconde interface GERICO.....	23
Figure 11 : Affichage tête haute du système Honda ECON.....	25
Figure 12 : Interface compte tour.....	25
Figure 13 : Interface montrant l'évolution de l'éco-score du conducteur.....	25
Figure 14 : Interface type d'un système d'aide à la conduite.....	26
Figure 15 : Messages affichés en temps réel au conducteur.....	26
Figure 16 : Rapport de conduite.....	27
Figure 17 : Le système NENPIOH sur PDA.....	28
Figure 18 : Interface visuelle de justification des comportements du système.....	30
Figure 19 : Acceptabilité du système (Nielsen traduite dans la thèse de Barbé j.).....	33
Figure 20 : Les échelles du D.A.L.I. (traduit d'après Pauzié et Pachiaudi, 1996).....	35
Figure 21 : Cartographie du rendement moteur.....	38
Figure 22 : Tracé des routes du monde virtuel.....	42
Figure 23 : zone de campagne vue du ciel après implantation d'une forêt.....	47
Figure 24 : Poste de contrôle du simulateur.....	49
Figure 25 : Interface de la Ford SmartGauge.....	63

Figure 26 : GPS Garmin Ecoroute.....	64
Figure 27 : Interface du système.....	65
Figure 28 : Eco driving indicator.....	65
Figure 29 : Fonctionnement du système ECO :DRIVE.....	66
Figure 30 : Interface du logiciel.....	67
Figure 31 : La boîte robotisé Optidriver+.....	68
Figure 32 : Logiciel Optifuel Infomax.....	69
Figure 33 : Unité de traitement des informations avec indicateur d'éco-conduite.....	70
Figure 34 : Rapport de conduite.....	70
Figure 35 : Structure de conception de l'agent d'éco-conduite.....	71
Figure 36 : Driver consideration space.....	72
Figure 37: Driver action/decision space.....	72

IX. ANNEXES

A. LES AUTRES SYSTÈMES D'AIDE À L'ÉCO-CONDUITE EXISTANT

1. FORMATION À L'ÉCO-CONDUITE

Ces formations alternent des cours exposés sur les thèmes de l'éco-conduite et des risques routiers, et des exercices de mise en situation sur simulateur.

Elles ont comme but que les participant adoptent un éco-comportement lors de leur futur reprise du volant et ainsi :

- Réduire et maîtriser de manière conséquente leur consommation de carburant
- Diminuer les coûts d'entretien, et l'usure de leur véhicule
- Limiter la pollution atmosphérique et l'émission de gaz à effet de serre
- Respecter l'environnement en luttant contre le réchauffement climatique et en économisant les énergies.

Avantages :

- Des conseils pour rendre sa conduite économique

Inconvénients :

- On ne peut pas vérifier si les conseils sont bien appliqués et s'ils sont efficaces
- Les conseils peuvent être oubliés au fil du temps

2. SYSTÈME D'ÉCO-CONDUITE NON AUTOMATISÉ

A) FORD SMARTGAUGE



Figure 25 : Interface de la Ford SmartGauge

Le SmartGauge est un compteur sur écran LCD qui contient plusieurs indicateurs dont un pour l'éco-conduite représentant de la verdure et qui va se modifier en fonction du style de conduite de l'utilisateur.

Avantages :

- L'information donnée est discrète et ne déconcentre pas le conducteur
- L'utilisateur peut visualiser les changements en direct
- L'esthétique

Inconvénients :

- Aucun conseil pour améliorer l'éco-conduite
- L'indicateur prend en compte très peu de données

B) GARMIN ECOROUTE



Figure 26 : GPS Garmin Ecoroute

Ce GPS va émettre un score en fonction de la conduite de l'utilisateur. Ce score sera calculé à partir des accélérations, des freinages et des changements d'allure réalisés par celui-ci et ainsi il pourra juger si ça conduite est économe ou pas en suivant l'évolution de son score.

Une fonction permet également de suivre la consommation du véhicule.

Avantages :

- Eco indicateur en direct
- Suivi de l'évolution de l'éco-score

Inconvénients :

- Aucun conseil pour favoriser l'éco-conduite
- Ne prend pas en compte le changement de rapport

C) SCHOOL-BUS ECO-DRIVING



Figure 27 : Interface du système

Ce système affiche la consommation et la puissance de l'accélération en temps réel avec un code couleur montrant si celle-ci est trop haute ou non.

Sur l'image de gauche, on peut également voir un compte à rebours qui va apparaitre lorsque le bus est à l'arrêt et conseil de couper le moteur au bout d'un certain temps.

Avantages :

- Affichage tête haute (projet  sur le pare-brise)
- Compte à rebours de coupure du moteur

Inconvénients :

- Ne prend en compte que les actions réalisées sur la pédale d'accélérateur
- Pas de conseil de conduite

D) ECO-DRIVING INDICATOR PAR TOYOTA

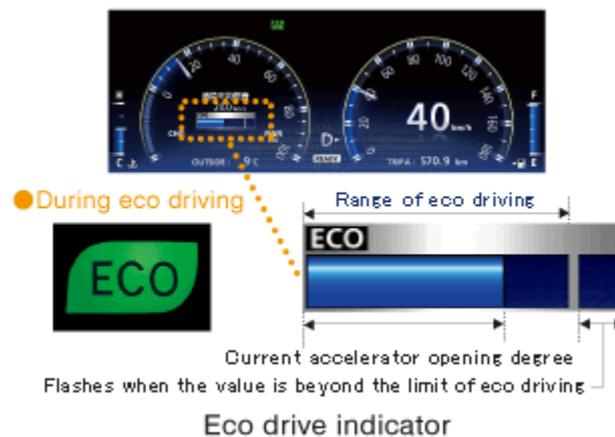


Figure 28 : Eco driving indicator

Ce système est uniquement un indicateur qui va s'allumer quand la conduite est économique et emm tre un signal clignotant lorsque les accélérations sont trop franches.

Avantages :

- Eco-indicateur en direct

Inconvénients :

- N'utilise que la force d'accélération et sans prendre en compte l'environnement
- Aucun conseil de conduite

E) FIAT ECO : DRIVE

Le système Fiat eco : Drive est un logiciel sur ordinateur qui consiste à former les conducteurs à l'éco-conduite à partir de données récupérées durant un trajet via une clé usb.



Figure 29 : Fonctionnement du système ECO :DRIVE

Pour cela le logiciel va attribuer un éco-score en fonction du type de conduite réalisé durant le trajet. Les facteurs qui rentrent en compte pour son calcul sont les suivants :

- Le changement de vitesse (compte pour 31% de la note)
- Accélération uniforme (29% de la note)
- Décélération efficace (25% de la note)
- Vitesse moyenne constante (15% de la note)

L'utilisateur peut ensuite suivre son évolution via des courbes et essayé de s'améliorer grâce au conseil donné et les objectifs qu'il peut se fixer. Le logiciel fait également un calcul prévisionnel de la réduction de CO2 émis et de l'argent économisé.



Figure 30 : Interface du logiciel

Avantages :

- Prise en compte de nombreux facteurs pour le calcul de l'éco-indice
- Suivi de l'éco-score sous forme ludique et interactive
- Nombreux conseils et exercices afin d'améliorer son éco-score

Inconvénients :

- Tout se passe sur un ordinateur hors de la voiture
- Pas de prise en compte de l'environnement

F) PROGRAMME OPTIFUEL PAR RENAULT TRUCK

Le programme Optifuel de chez Renault est un programme proposé aux compagnies de transport afin de réduire la consommation en carburant de leurs camions.

Ce programme est divisé en deux parties :

- La partie technologie, avec des systèmes automatisés permettant d'économiser l'essence.
- La partie information, permettant de former les camionneurs à l'éco-conduite.

(1) OPTIFUEL TECHNOLOGY



Figure 31 : La boîte robotisé Optidriver+

La partie Optifuel Technology consiste à utiliser la nouvelle boîte robotisée Optidriver+, qui idéalement associée aux motorisations DXi (dernière génération de moteur renault) et au système SCR (Selective Catalyst Reduction) engendre une baisse de la consommation.

La boîte robotisée Optidriver+ est dotée d'une programmation électronique qui sélectionne le rapport adapté à la vitesse et au profil de la route afin d'éviter toute perte d'énergie. Sur le dernier rapport, ce programme augmente temporairement les performances du moteurs (+40ch) afin d'éviter les rétrogradages consommateurs d'énergie.

(2) OPTIFUEL INFOMAX

Ce système est quelque peu similaire au système FIAT éco :Drive mais à l'échelle d'une entreprise de transport en gérant plusieurs camions, cela permet ainsi de pouvoir comparer les résultats et suivre l'évolution du programme.

Les données qui sont récupérées et qui servent à déterminer les causes d'une surconsommation sont :

- La vitesse moyenne
- Régime moteur mal adapté
- Le temps passé au ralenti
- Les defaults d'entretien



Figure 32 : Logiciel Optifuel Infomax

On peut alors identifier et transmettre au conducteur concerné les techniques de conduite qui seront à réaliser pour diminuer la consommation moyenne du camion.

Avantages :

- Recherche la cause de surconsommation et trouve la solution
- Couplé à un système automatisé

Inconvénients :

- Ne prend pas en compte l'environnement
- Pas d'indication en temps réel
- Prix du système automatisé

G) CARCHIP PRO



Système permettant d'enregistrer des données provenant de la voiture sur le type de conduite réalisée et cela afin d'utiliser par la suite un logiciel de type Fiat Eco :Drive.

Ses caractéristiques constructeurs :

- Monitor driving habits and engine performance details
- Define your own "EcoDriving Profile" and set thresholds with audible alarms
- Audible alarms ("beeps") help driver remain within limits

- Reminds drivers when they are accelerating too quickly, braking too harshly
- Warns drivers when they are exceeding preset speed limit
- Acts as a "virtual ecodriving coach" when alarms are active
- Records time, date, distance, speed, events and up to 4 separate engine parameters
- Records extreme acceleration and braking events
- Checks your emission system and smog-check readiness
- View and reset engine diagnostic trouble codes
- Stores up to 300 hours of "black-box" driving details
- GPS tracking and wireless Wifi data downloads available on CarChip Fleet models*

H) FUSO (MITSUBISHI) ECOFLEET PRO



Figure 33 : Unité de traitement des informations avec indicateur d'éco-conduite

Ce système Ecofleet Pro semble être quelque peu similaire à celui vu au-dessus, mise à part qu'il permet d'aider à d'autres choses que l'éco-conduite comme la sécurité et le management.

Pendant il est difficile d'obtenir des informations sur ce système car actuellement il est uniquement commercialisé au Japon et toute la documentation est en Japonais.

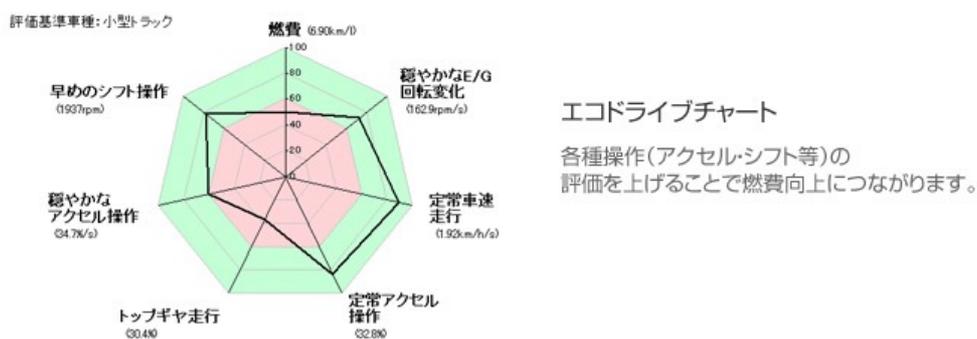


Figure 34 : Rapport de conduite

I) YAZAKI FEDSS (FUEL ECONOMY DRIVING SUPPORT SYSTEM)

Le FEDSS est un système qui permet de collecter des informations moteur et de conduite pour ensuite les analyser et conseiller le conducteur sur la conduite à adopter afin de diminuer la consommation d'essence.

Les informations qu'il prend en compte sont la vitesse du véhicule, la vitesse du moteur, la consommation d'essence, l'ouverture du carburateur (throttle openings%).

Ainsi on préconise au conducteur le meilleur rapport de vitesse et la bonne pression sur la pédale d'accélérateur qui fera baisser au maximum « the load index » qui est le rapport entre l'ouverture du carburateur et la vitesse du moteur et donc diminuer la consommation d'essence.

Les tests réalisés ont montré une économie de carburant de 13% du au faite que le conducteur n'ouvrait pas le carburateur à plus de 70% et ne dépassait que très rarement les 1800 rpm.

J) IN-VEHICLE ECO-DRIVE AGENT FOR SUPPORTING FUEL EFFICIENT DRIVING (Commonwealth scientific and industrial research organisation, Australia)

Cette équipe a basé ses recherches sur le système précédent développé par YAZAKI qui a pour but de conseiller le conducteur à tirer le meilleur rendement possible de son véhicule du point de vue technique afin d'en diminuer sa consommation.

Cependant ces chercheurs ont montré que si l'on voulait un système pleinement efficace il fallait également prendre en compte l'environnement de conduite pour pouvoir aider le conducteur à contrôler son véhicule par rapport à l'environnement et non plus seulement par rapport au performance technique du moteur.

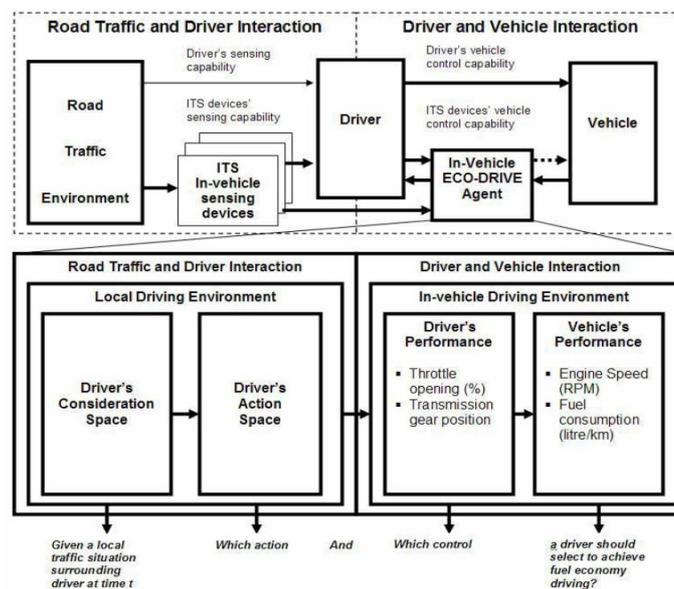


Figure 35 : Structure de conception de l'agent d'éco-conduite

L' co-drive agent a donc été divisé en deux grandes parties ; une gérant l'interaction Trafic routier – Conducteur et l'autre Conducteur –Véhicule.

Comme le montre la Figure 35, il y a deux étapes dans chacune de ces parties. La première analyse et la deuxième conseil.

Interaction Trafic routier – Conducteur :

- Le trafic est analysé grâce aux systèmes ITS (Intelligent Transport System) du véhicule tels que l'ACC (Adaptive Cruise Control).

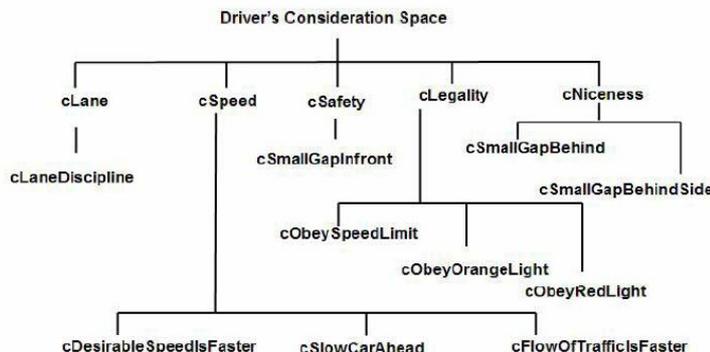


Figure 36 : Driver consideration space

- En fonction de ces données le système est alors en mesure de conseiller le conducteur au type de conduite à avoir. (ex : ralentir plus tôt, laisser une plus grande distance avec la voiture de devant,...)

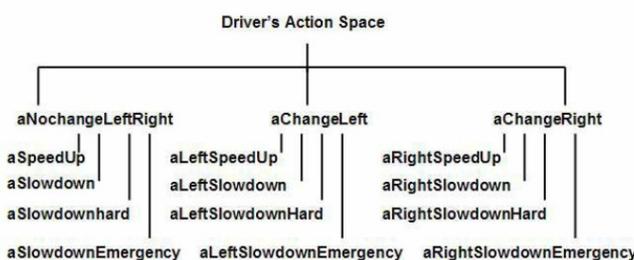


Figure 37: Driver action/decision space

Interaction Conducteur –Véhicule :

- Les performances du véhicule sont analysé tels que la consommation ou la vitesse de rotation du moteur
- En fonction des résultats le conducteur est aidé sur la façon d'utiliser la mécanique (ex : accélérer moins fort, passer sa vitesse plus tôt,...)

Avantages :

- Prise en compte de l'environnement

Inconvénients :

- Pas d'interface proposée

K) LE « DRIVING MONITORING SYSTEM »

Face aux différences de consommation dues aux comportements des conducteurs, un premier système d'aide à la conduite rationnelle, le Driving Monitoring System (DMS) a été développé et installé sur les Magnum (série) et Premium (option) RENAULT TRUCKS. L'objectif du système était d'inciter les conducteurs non sensibilisés à la conduite rationnelle, à utiliser leur moteur dans des plages de fonctionnement optimum en vue de maîtriser leur consommation.

Le système fonctionne sur un mode « conseil », il détermine et propose au conducteur le meilleur rapport de boîte à engager pour optimiser l'utilisation du moteur et de la boîte de vitesse. L'information est présentée sous deux formes, visuelles et sonores. Lorsque le système estime nécessaire le changement d'un rapport, l'information « rapport conseillé » s'affiche (sous forme d'un numéro de 1 à 8) sur le tableau de bord du véhicule. L'affichage visuel est accompagné d'un bip sonore, de cette façon, le conducteur n'est pas obligé de garder un oeil en permanence sur le tableau de bord. Le logiciel intégré dans le calculateur du véhicule utilise les données physiques disponibles qui circulent dans le Bus de communication du véhicule. Le choix du rapport est calculé en fonction de la chaîne cinématique du véhicule (moteur, boîte de vitesse...), de la charge du véhicule, du couple s'opposant ou aidant l'avancée du véhicule (pente, force aérodynamique, forces de roulements...), des actions du conducteur sur la pédale d'accélération et les ralentisseurs.

En revanche, le système n'a aucune connaissance de l'environnement routier, de ce fait, il n'anticipe pas sur les événements. Ainsi, il lui arrive, par exemple, de conseiller de « monter un rapport » à l'approche d'un ralentissement (rond-point, feu tricolore...). Ce type de conseil sera compris par les conducteurs expérimentés comme un défaut du système et, s'il se renouvelle fréquemment (hors autoroutes par exemple, sur des itinéraires variés), il peut occasionner un risque de rejet par l'utilisateur. De plus, l'affichage visuel peut poser problème dans la mesure où il peut se confondre avec l'affichage du rapport engagé et créer de ce fait une interférence cognitive qui pourrait entraîner une diminution des temps de réaction du conducteur voire même des actions inappropriées. Enfin, les « bons » conducteurs en matière de consommation devancent très souvent le système, ce qui leur fait dire qu'il ne sert à rien.

3. SYSTÈME D'ÉCO-CONDUITE AUTOMATISÉ

A) BOITE AUTOMATIQUE ÉCONOMIQUE

Une boîte de vitesses automatique dispose d'un système capable de déterminer de façon autonome le meilleur rapport de transmission. Ce type de boîte détermine seul le bon rapport de transmission grâce à des informations telles que le couple et la vitesse de rotation du moteur, l'enfoncement de la pédale de l'accélérateur, la vitesse du véhicule, le mode de fonctionnement de la boîte, le couple résistant du véhicule et d'autres fonctions plus complexes qui dépendent du niveau technologique de la boîte de vitesses automatique.

Avantages :

- Permet de passer les vitesses au moment idéal pour économiser l'énergie

Inconvénients :

- Coût
- Réticence de certains conducteurs à utiliser ce type de boîte

B. INFORMATIONS DONNÉES AUX VOLONTAIRES

INFORMATIONS DONNÉES AUX VOLONTAIRES ET MODALITÉS DE DELIVRANCE DE CETTE INFORMATION

Titre de l'étude : Evaluation d'un système embarqué d'aide à l'éco-conduite

L'Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (INRETS), en tant que responsable de cette étude, vous propose de participer à une expérimentation qui porte sur l'évaluation de l'acceptabilité d'un système embarqué d'aide à l'éco-conduite et de la charge mentale induite par son utilisation.

L'expérimentation va se dérouler principalement sur le simulateur de conduite de l'IFSTTAR. Elle débutera par une séance de familiarisation au simulateur suivi par un test de la vision afin de détecter les éventuels problèmes de vue. Ensuite viendront deux phases d'évaluation sur le simulateur d'une quinzaine de minutes avec à chaque fois un questionnaire à remplir au terme de celles-ci.

L'IFSTTAR a souscrit, auprès de GENERALI France, une assurance en Responsabilité Civile couvrant les conséquences dommageables éventuelles que pourrait subir un participant à ce projet de recherche.

Votre participation d'une durée approximative de 2h30 s'inscrit dans une étude s'étendant jusqu'au 30 juillet 2011. Vous percevrez une indemnité forfaitaire de 45 Euros, en compensation des contraintes et frais générés par votre participation à cette recherche.

Pour des raisons générales de protection des personnes volontaires, la loi impose de ne pas solliciter les femmes enceintes et impose par ailleurs l'obligation d'être affilié à la sécurité sociale.

Les résultats individuels et les différentes données vous concernant seront strictement confidentiels. Conformément à la loi « informatique et liberté » du 6 janvier 1978, modifiée par la loi n° 2004-801 du 6 août 2004 relative à la protection des personnes physiques à l'égard des traitements de données à caractère personnel (article 39), vous avez un droit d'accès, de rectification et d'opposition aux données vous concernant recueillies dans cette étude.

Signature :

Hélène TATTEGRAIN-VESTE

**FORMULAIRE DE CONSENTEMENT LIBRE ET ÉCLAIRÉ
POUR UNE ÉTUDE SANS BÉNÉFICE INDIVIDUEL DIRECT**

De M., Mme, Mlle (Nom, Prénom)

Adresse :

J'ai été invité(e) à participer à une étude réalisée par l'IFSTTAR concernant l'évaluation d'un système embarqué d'aide à l'éco-conduite. J'ai été libre d'accepter ou de refuser.

J'ai reçu et compris les informations suivantes :

L'expérimentation va se dérouler sur le nouveau simulateur de conduite de l'IFSTTAR. Elle débutera par une séance de familiarisation au simulateur suivi par un test de la vision afin de détecter les éventuels problèmes de vue.

Ensuite viendront deux phases de conduite sur le simulateur d'une quinzaine de minutes avec à chaque fois un questionnaire à remplir au terme de celle-ci.

Les instructions de détail, concernant le déroulement de l'expérimentation, me seront fournies lors de celui-ci, par les personnes qui le mettront en œuvre.

Le but de cette étude est d'évaluer l'acceptabilité d'un concept de système embarqué et la charge mentale induite par son utilisation. La nature de l'étude, son déroulement et ses contraintes m'ont été expliqués par les expérimentateurs. J'ai reçu une réponse satisfaisante à toutes les questions que j'ai pu poser librement à propos de celle-ci.

J'accepte de participer à cette étude dans les conditions précisées ci-dessus.

Mon consentement ne décharge pas les organisateurs de l'étude de leurs responsabilités. Je conserve tous mes droits garantis par la loi. Si je le désire, je suis libre à tout moment d'arrêter ma participation ; j'en informerai alors le responsable de l'étude.

Les données me concernant resteront strictement confidentielles. Je n'autorise leur consultation et leur traitement informatique que par des personnes qui collaborent à l'étude. J'ai bien noté que le droit d'accès, de rectification et d'opposition prévu par la loi " Informatique et Liberté " du 6 janvier 1978, modifiée par la loi n° 2004-801 du 6 août 2004 relative à la protection des personnes physiques à l'égard des traitements de données à caractère personnel (article 39), est applicable à tout moment (texte disponible auprès de Hélène TATTEGRAIN-VESTE).

Je percevrai une indemnité forfaitaire de 45 Euros, en compensation des contraintes et frais générés par ma participation à cette recherche. Dans le cas où je demanderais à mettre fin à ma participation avant la fin de l'expérimentation, cette indemnité serait calculée au prorata de la durée de ma participation.

J'ai expliqué la nature et les contraintes de cette étude à M (Mme ou Melle)

Signature
(précédée de la date manuscrite)

Signature du volontaire
(précédée de la date manuscrite)

FICHE D'INDEMNISATION

EVALUATION D'UN SYSTEME EMBARQUE D'AIDE A L'ECO-CONDUITE

Objet : Indemnisation des volontaires se prêtant à des recherches n'entrant pas dans le champ d'application de la loi N° 2004-801 du 9 aout 2004 modifiée, dite loi Huriet-Sérusclat.

Conformément à la décision de la Directrice Générale de l'IFSTTAR, il convient de verser des indemnités au sujet de recherche se prêtant à la dite recherche, soit :

Madame Í

Monsieur Í

Mademoiselle Í

Nom :

Prénom :

Adresse :

D'un montant de : Quarante-cinq Euros.....

Cette indemnité est à prendre en charge sur le compte *DG - Action Véronèse Eco conduite Lescot* inscrit au budget.

(Nom et/ou N° du contrat :

Le Responsable

C. COMPARAISON DES DIFFÉRENTS TRONÇONS DE ROUTE
1. PARCOURS 1

										Durée du segment (sec)	
mode inter	mode segment prec	inter comparai son	N'intersection	contexte	Infrastructure	lievre	condition feux	Direction	Précédent	Suivant	
attente	seul		1	campagne	Cedez le passage			Droite	01:01	01:11	
suivi	suivi		2	campagne	Rond point			Gauche	01:11	01:17	
seul	seul		3	campagne	Cedez le passage			Gauche	01:17	00:37	
seul	seul		4	campagne	Cedez le passage			Droite	00:37	01:29	
attente	seul		5	ville	Rond point	arrive pour être 10 m devant en sortie		Gauche	01:29	00:26	
suivi	suivi	13	6	ville	Feux tricoloreR	fangio TD	feuxR 10s avant arrive lievre	En face	00:26	00:27	
suivi	suivi	23	7	ville	Feux tricoloreR	fangio puis part a droite	feuxR 10s avant arrive lievre	En face	00:27	00:22	
seul	seul	12	8	ville	Feux tricoloreV	Non	feux vert mileur segment	Droite	00:22	00:13	
seul	seul	24	9	ville	Feux tricoloreR	arrete au feu route a droite	rouge direct feux passe vert des que le lievre est passe	En face	00:13	00:27	
suivi	suivi	20	10	ville	Feux tricoloreV	tourne � gauche se gare apres le feu sans trafic	feuxV 10s avant arrive lievre	Gauche	00:27	00:15	
seul	seul	18	11	ville	Rond point	livre arrive de la gauche	non	En face	00:15	00:28	
suivi	suivi	8	12	ville	Feux tricoloreR	part en face	feuxR 10s avant arrive lievre	Droite	00:28	00:27	
seul	seul	6	13	ville	Feux tricoloreV	non	feux vert mileur segment	En face	00:27	00:37	
seul	seul	26	14	ville	Feux tricoloreV	non	feux vert mileur segment	En face	00:37	#REF!	
suivi	suivi	21	16	ville	Feux tricoloreV	part a droite	vert	En face	#REF!	00:43	
seul	seul	19	17	ville	Feux tricoloreR	auche legerement moins vite vitesse pour	rouge longtemps avant vert a 20m	Droite	00:43	00:19	
suivi	suivi	11	18	ville	Rond point	fangio	non	En face	00:19	00:31	
suivi	suivi	17	19	ville	Feux tricoloreR	part en face	vert	Droite	00:31	00:24	
seul	seul	10	20	ville	Feux tricoloreV	sans trafic	vert	Gauche	00:24	00:22	
seul	seul	16	21	ville	Feux tricoloreV	non	vert	En face	00:22	00:07	
seul	seul	25	22	ville	Feux tricoloreV	trafic en face	vert	Gauche	00:07	00:28	
seul	seul	7	23	ville	Feux tricoloreR	arrive de droite	plusieurs voitures	En face	00:28	00:17	
suivi	suivi	9	24	ville	Feux tricoloreV	fangio	vert	En face	00:17	00:06	
suivi	suivi	22	25	ville	Feux tricoloreV	trafic en face : impossible car aucune route en face	vert	Gauche	00:06	00:33	
suivi	suivi	14	26	ville	Feux tricoloreR	fangio	feuxR 10s avant arrive lievre	En face	00:33		

2. PARCOURS 2

										Durée du segment (sec)	
mode inter	mode segment prec	inter comparaison avec p1	inter comparaison	N°intersection	contexte	Infrastructure	lievre	condition feux	Direction	Précédent	Suivant
seul		1		1	campagne	Cédez le passage	arrive de droite		Gauche	00:57	01:34
suivi		2		2	campagne	Rond point	part à gauche		En face	01:34	01:17
seul		3		3	campagne	Cédez le passage	non		Gauche	01:17	00:37
seul		4		4	campagne	Cédez le passage	non		Droite	00:37	01:29
seul		5		5	ville	Rond point	arrive de droite		Gauche	01:29	00:26
suivi		6	26	6	ville	Feux tricoloreR	part à droite		En face	00:26	00:27
seul		20	16	7	ville	Feux tricoloreV	non		Gauche	00:27	00:33
seul		17	11	8	ville	Feux tricoloreV	non		Droite	00:33	00:06
seul		9	12	9	ville	Feux tricoloreR	arrive de droite		En face	00:06	00:17
suivi		7	20	10	ville	Feux tricoloreR			En face	00:17	00:28
suivi		19	8	11	ville	Feux tricoloreR			Droite	00:28	00:07
suivi		25	9	12	ville	Feux tricoloreV	part à gauche		En face	00:07	00:22
seul		8	23	13	ville	Feux tricoloreV	non		Droite	00:22	00:24
seul		21+22	21	14	ville	Feux tricoloreV	arrive d'en face		Gauche	00:24	00:31
suivi		18	22	15	ville	Rond point			En face	00:31	00:19
suivi		10	7	16	ville	Feux tricoloreV	tourne à gauche se gare apres le feu		Gauche	00:19	00:43
seul		14	24	17	ville	Feux tricoloreV	non		En face	00:43	00:19
suivi		16	25	19	ville	Feux tricoloreV	part à droite		En face	00:15	00:37
seul		23	10	20	ville	Feux tricoloreR	arrive de droite		En face	00:37	00:27
suivi		24+25	14	21	ville	Feux tricoloreV	part en face		Gauche	00:27	00:28
seul		11	15	22	ville	Rond point	arrive de droite		En face	00:28	00:15
suivi		12	13	23	ville	Feux tricoloreR			Droite	00:15	00:27
suivi		26	17	24	ville	Feux tricoloreR	part à droite		En face	00:27	00:13
seul			19	25	ville	Feux tricoloreV	non		En face	00:13	00:21
seul		13	6	26	ville	Feux tricoloreV	non		En face	00:21	00:16
				27	ville	Feux tricoloreV	non		En face	00:16	

D. QUESTIONNAIRES

Fiche Manip

Numéro du sujet :

Date :

Heure :

Parcours Baseline :

Parcours Evaluation :

Remarques :

Calibration facelab :

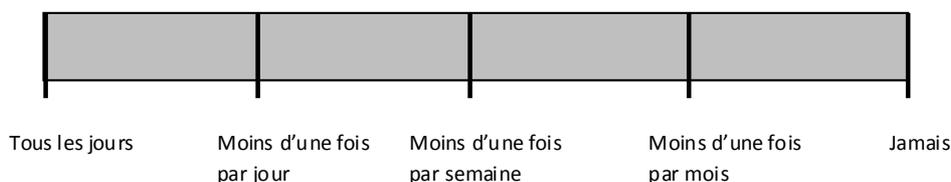
Caractéristiques :

- Sexe
 - Homme Femme
- Quel est votre âge ? _____
- Avez-vous le permis B ?
 - oui non
- Conduisez-vous dans le cadre de votre activité professionnelle ?
 - oui non
- Avez-vous des problèmes de vision non corrigés ou de santé pouvant gêner à la conduite ?
 - oui non
 - si oui précisez :
- Presbytie :
 - oui non

Questionnaire après la base line :

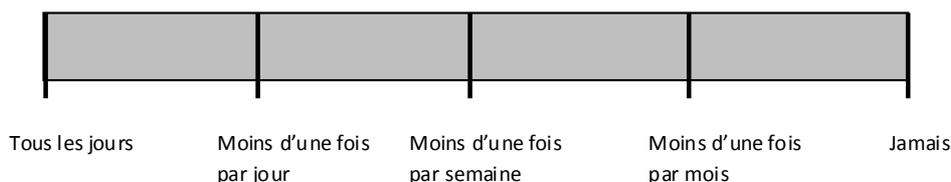
Expérience de conduite et type de trajet :

- En quelle année avez-vous obtenue le permis de conduire ?
- Le nombre de kilomètres moyen où vous avez conduit pendant une année ?
- La fréquence à laquelle vous utilisez votre voiture ?

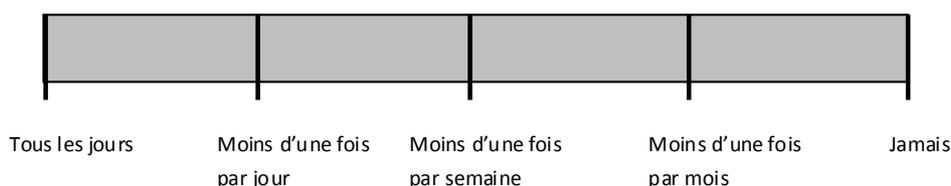


- Type de route empruntée ?

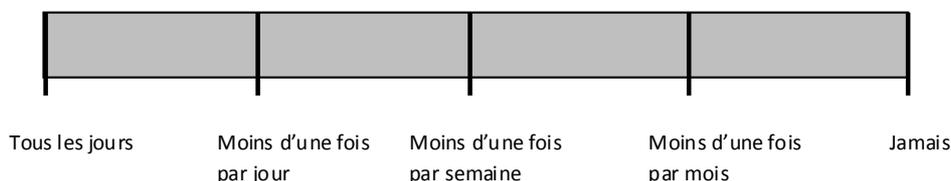
Autoroute



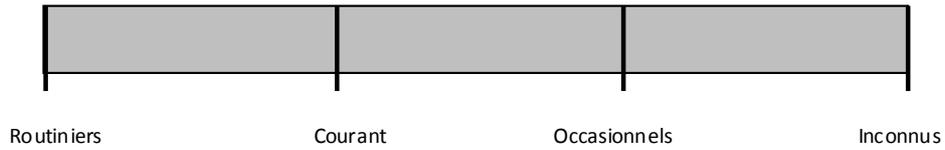
Nationales ou Départementales



Villes

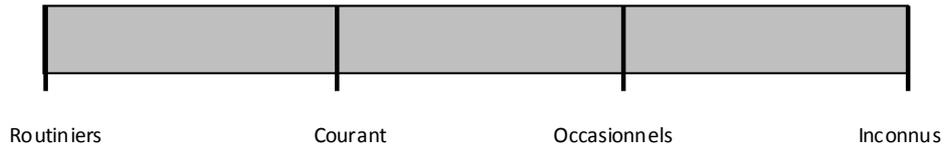


- Les parcours que vous faites sur autoroute sont la plupart du temps des parcours ...

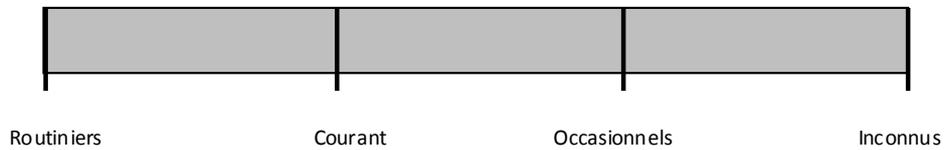


- Les parcours que vous faites sur nationales ou départementales sont la plupart du temps des parcours ...

...



- Les parcours que vous faites en ville sont la plupart du temps des parcours ...



Choix de type de véhicules :

- Quel modèle de voiture conduisez-vous ?
- Si vous deviez acheter une voiture vous la choisiriez plutôt pour (classer de 1, le critère le plus important à 3 le moins important)
 - Son esthétique : _____
 - ses performances : _____
 - sa praticité : _____

Expérience avec système embarqué :

- Quel type de système embarqué utilisez-vous et quelle expérience en avez-vous ?

- GPS

--	--	--	--

Utilise couramment
ce système

Petite expérience
d'utilisation

déjà entendu parler
mais jamais utilisé

Non et je ne
connais pas ce système

- Limiteur de vitesse

--	--	--	--

Utilise couramment
ce système

Petite expérience
d'utilisation

déjà entendu parler
mais jamais utilisé

Non et je ne
connais pas ce système

- Régulateur de vitesse

--	--	--	--

Utilise couramment
ce système

Petite expérience
d'utilisation

déjà entendu parler
mais jamais utilisé

Non et je ne
connais pas ce système

- Radar de recul

--	--	--	--

Utilise couramment
ce système

Petite expérience
d'utilisation

déjà entendu parler
mais jamais utilisé

Non et je ne
connais pas ce système

- système d'information de la consommation

--	--	--	--

Utilise couramment
ce système

Petite expérience
d'utilisation

déjà entendu parler
mais jamais utilisé

Non et je ne
connais pas ce système

- avertisseur de radar

--	--	--	--

Utilise couramment
ce système

Petite expérience
d'utilisation

déjà entendu parler
mais jamais utilisé

Non et je ne
connais pas ce système

- Evolution de l'utilisation de ces systèmes sur la dernière année sauf si vous le possédez depuis moins d'un an ?

- GPS, depuis moins de 1 an ou



de plus en plus de la même manière de moins en moins N'utilise pas

- Limiteur de vitesse, depuis moins de 1 an ou



de plus en plus de la même manière de moins en moins N'utilise pas

- Régulateur de vitesse, depuis moins de 1 an ou



de plus en plus de la même manière de moins en moins N'utilise pas

- Radar de recul, depuis moins de 1 an ou



de plus en plus de la même manière de moins en moins N'utilise pas

- système d'information de la consommation, depuis moins de 1 an ou



de plus en plus de la même manière de moins en moins N'utilise pas

- avertisseur de radar, depuis moins de 1 an ou



de plus en plus de la même manière de moins en moins N'utilise pas

Expérience en technologie :

Indiquez votre expérience avec les technologies suivantes :

- Email :

 Expérimenté
 intermédiaire
 débutant
 Aucune

Expérimenté intermédiaire débutant Aucune

- Internet :

 Expérimenté
 intermédiaire
 débutant
 Aucune

Expérimenté intermédiaire débutant Aucune

- Ordinateur :

 Expérimenté
 intermédiaire
 débutant
 Aucune

Expérimenté intermédiaire débutant Aucune

- Appareil photo numérique :

 Expérimenté
 intermédiaire
 débutant
 Aucune

Expérimenté intermédiaire débutant Aucune

- Smartphone/tablette tactile :

 Expérimenté
 intermédiaire
 débutant
 Aucune

Expérimenté intermédiaire débutant Aucune

Protection de l'environnement :

- Vous sentez-vous concernés par les problèmes liés à l'environnement ?



Beaucoup assez un peu Pas du tout

- Quelle(s) action(s) individuelle(s) faites-vous pour participer à la protection de l'environnement ?

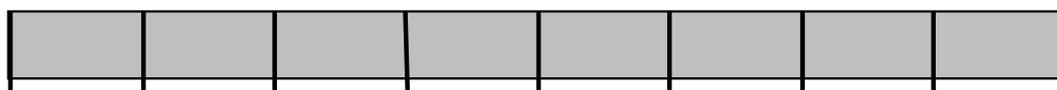
- | | | | |
|--|--------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| Tri sélectif des déchets | <input type="checkbox"/> | Eteindre les appareils électriques | <input type="checkbox"/> |
| Compost dans le jardin | <input type="checkbox"/> | Utiliser un vélo | <input type="checkbox"/> |
| Conduite économique | <input type="checkbox"/> | Utiliser les transports en commun | <input type="checkbox"/> |
| Utiliser une chasse-d'eau économique | <input type="checkbox"/> | | |
| Autres <input type="checkbox"/> précisez : _____ | | | |

- Classer ces points de 1 à 5 du plus important au moins important pour avoir une conduite économique

- _____ La vitesse
- _____ L'accélération
- _____ L'anticipation
- _____ Le freinage
- _____ Régime moteur

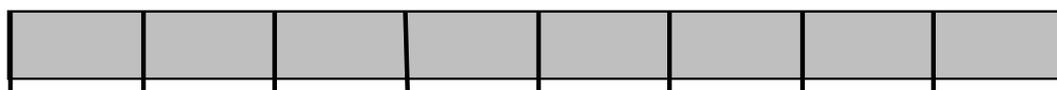
Effort perçu lors de certaines situations de conduite :

- Franchir un cédez le passage :



Effort Extrême Très gros effort Gros effort Effort considérable Plutôt gros effort Certain - effort Petit - effort Quasi pas d'effort Aucun effort

- Passer un rond-point :



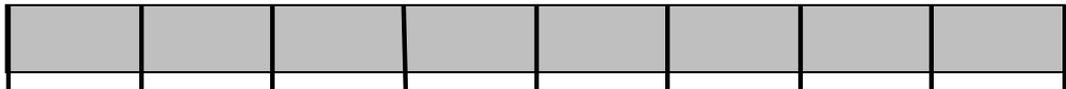
Effort Extrême Très gros effort Gros effort Effort considérable Plutôt gros effort Certain - effort Petit - effort Quasi pas d'effort Aucun effort

- Franchir un feu :



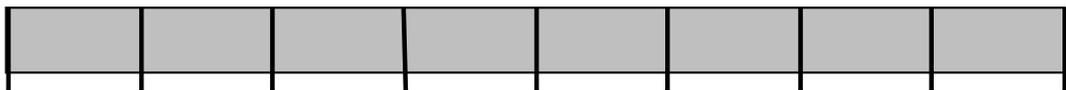
Effort Extrême	Très gros effort	Gros effort	Effort considérable	Plutôt gros effort	Certain - effort	Petit - effort	Quasi pas d'effort	Aucun effort
-------------------	---------------------	----------------	------------------------	-----------------------	---------------------	-------------------	-----------------------	-----------------

- Suivre une voiture :



Effort Extrême	Très gros effort	Gros effort	Effort considérable	Plutôt gros effort	Certain - effort	Petit - effort	Quasi pas d'effort	Aucun effort
-------------------	---------------------	----------------	------------------------	-----------------------	---------------------	-------------------	-----------------------	-----------------

- Tourner dans une intersection :



Effort Extrême	Très gros effort	Gros effort	Effort considérable	Plutôt gros effort	Certain - effort	Petit - effort	Quasi pas d'effort	Aucun effort
-------------------	---------------------	----------------	------------------------	-----------------------	---------------------	-------------------	-----------------------	-----------------

Questionnaire à remplir à la fin :

Effort perçu lors de certaines situations de conduite avec le système d'aide :

Indiquez à chaque fois si vous regardez le système pendant ces situations :

Franchir un cède le passage : Je regarde le système d'aide, oui non

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Effort Extrême Très gros effort Gros effort Effort considérable Plutôt gros effort Certain - effort Petit - effort Quasi pas d'effort Aucun effort

• Passer un rond-point : Je regarde le système d'aide, oui non

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Effort Extrême Très gros effort Gros effort Effort considérable Plutôt gros effort Certain - effort Petit - effort Quasi pas d'effort Aucun effort

• Franchir un feu : Je regarde le système d'aide, oui non

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Effort Extrême Très gros effort Gros effort Effort considérable Plutôt gros effort Certain - effort Petit - effort Quasi pas d'effort Aucun effort

• Suivre une voiture : Je regarde le système d'aide, oui non

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Effort Extrême Très gros effort Gros effort Effort considérable Plutôt gros effort Certain - effort Petit - effort Quasi pas d'effort Aucun effort

• Tourner dans une intersection : Je regarde le système d'aide, oui non

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Effort Extrême Très gros effort Gros effort Effort considérable Plutôt gros effort Certain - effort Petit - effort Quasi pas d'effort Aucun effort

Connaissances mécaniques :

- Quel est votre niveau de connaissances en mécanique automobile ?



Expérimenté intermédiaire débutant Aucune

Compréhension du système :

- Avez-vous facilement compris le fonctionnement du système ?



Impossible Difficilement Facilement Très facilement

- Avez-vous facilement compris la signification de chaque logo ainsi que le conseil correspondant ?



Impossible Difficilement Facilement Très facilement

- Sinon les quels n'avez-vous pas compris:

- La jauge d'indication de régime moteur optimal est-elle compréhensible ?



Impossible Difficilement Facilement Très facilement

Evaluation subjective de l'interface du système d'aide à l'écoconduite :

Le design de l'interface est-il agréable à regarder ?



Agréable

Désagréable

Les couleurs de l'interface sont-elles bien adaptées ?



Adaptées

Non-adaptées

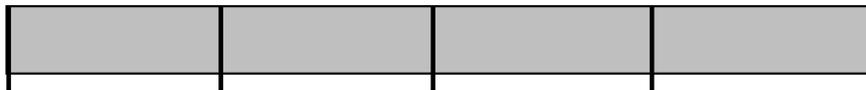
La visibilité générale du système est-elle bonne ?



Bonne

Mauvaise

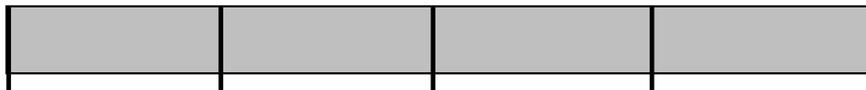
La visibilité des différents symboles sur le système est-elle bonne ?



Bonne

Mauvaise

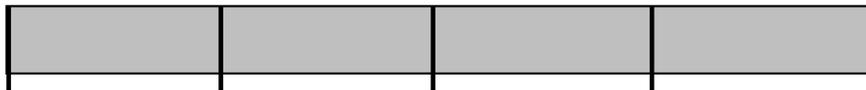
La disposition des différents symboles sur le système est-elle bonne ?



Bonne

Mauvaise

La visibilité du cadran de compte-tours est-elle bonne ?



Bonne

Mauvaise

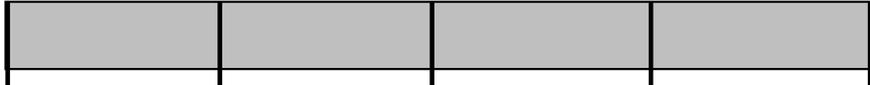
Les consignes de changement de rapport sont-elles bien visibles ?



Visible Non Visibles

Intérêt d'un système d'éco-conduite :

Pensez-vous qu'un système de ce type serait utile afin d'aider à diminuer la consommation de carburant des véhicules ?



Utile Inutile

Seriez-vous prêt acheter un tel système pour votre voiture ?



Oui Plutôt oui Plutôt non Non

Evaluation final du système :

L'esthétique : /20

La facilité d'utilisation : /20

L'utilité : /20

Le fonctionnement : /20

Avez-vous des remarques à ajouter :

Mots clefs

Recherche – Transport – Environnement – Eco-conduite – Ergonomie – Système embarqué –
Activité de conduite – Evaluation

LAJUS Anthony

Rapport de stage ST50 - P2011

Résumé

Je viens de passer les six mois de mon stage de fin d'étude au sein du Laboratoire d'Ergonomie et Sciences Cognitive pour les Transports (LESCOT) qui fait partie de l'IFSTTAR (institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux. Les centres de préoccupation de ce laboratoire sont l'homme en situation de déplacement, ses spécificités individuelles et ses interactions avec son environnement. Durant ce stage j'ai été chargé d'un projet visant à mettre en place et faire passer une évaluation pour un système embarqué d'aide à l'éco-conduite et cela à l'aide du simulateur de conduite de l'IFSTTAR. Pour y parvenir, j'ai du dans un premier temps me renseigner sur tous les domaines dont j'allais avoir à faire, l'activité de conduite, l'évaluation de système, l'éco-conduite, les simulateurs de conduites,...

Puis j'ai pu commencer à mettre en place l'évaluation avec les différentes étapes que cela peut comporter, méthodologique, technique et juridique. Et ainsi faire passer mon expérimentation à la vingtaine de sujets rémunérés que j'avais recrutés.

IFSTTAR - LESCOT

25 avenue François Mitterrand

69500 Bron

www.ifsttar.fr