

INTEGRATION DE L'ESTIMATION DU FACTEUR HUMAIN DANS LE PROCESSUS DU PROJET DES ROUTES. UNE FAÇON D'AMÉLIORER LES STANDARDS DE SÉCURITÉ DES ROUTES INTERURBAINES

S. CAFISO & G. LA CAVA
Département d'ingénierie Civile et de l'Environnement
École d'Ingénierie - Université de Catane
Viale Andrea Doria 6, I-95125 Catania, Italie
Fax-No. +39 095 738 2247
e-mail: dcafiso@dica.unict.it glacava@dica.unict.it

R. Heger
Faculté de Science Trafic, Psychologie de Trafic
Université Technique de Dresde, Allemagne
Ralf.Heger@imail.de

R. LAMM
Institut d'Ingénierie des autoroutes et des chemins de fer - Université de Karlsruhe (TH)
Kaiserstraße 12 - D-76131 Karlsruhe, Germany
Fax-No. ..49 721 60 76 10
e-mail: Lamm@ise.uni-karlsruhe.de

SOMMAIRE

Chaque année 40.000 - 50.000 personnes sont tuées et plus de 3 millions sont blessées à cause des accidents de la route aussi bien aux Etats-Unis que dans les pays de l'Union Européenne. En Europe 99% des accidents mortels dans le réseau des transports sont liés au facteur humain. Cependant une recherche des causes des accidents à remarqué qu'il ne s'agit pas d'un seul facteur qui les détermine, mais qu'un grand nombre de cas sont le résultat d'une combinaison entre eux et ils peuvent être rapportés à la faute humaine et à la route elle-même.

En outre, on sait que les différentes manières de projet d'une route constituent un puissant instrument à même d'influencer par la suite la façon de conduire d'un usager. C'est ainsi que cet étude focalisera premièrement l'attention entre l'environnement de la route et de l'usager, au but de développer des alternatives de projet plus convenables pour améliorer la sécurité des routes.

Une brève révision mondiale des règles du projet des routes à révélé que la plupart des standards des projets ne tient compte des problèmes concernant le facteur humain que de façon implicite. Ces mémoires décrivent toute une méthodologie développée à l'intérieur d'un projet de recherche internationale subventionnée par l'Université de Catane en collaboration avec le Ministère Italien de l'Université. Le but essentiel de ce projet de recherche et celui d'améliorer les standards des plans pour la sécurité des routes par rapport aux besoins du facteur humain. On donnera une méthode d'évaluation pour quantifier la charge mentale de l'usager de la route. Toute une série de méthodologies et d'instruments de recherche ont été appliqués.

Les données expérientielles ont été rassemblées en utilisant un véhicule équipé qui à roulé sur des routes interurbaines dans des conditions réelles de circulation routière. Ce véhicule à été équipé d'un récepteur GPS, des capteurs pour la mesurage soit de la vitesse que de l'accélération, d'une caméra pour l'enregistrement du champ visuel de l'usager, et d'un système de mémorisation des paramètres psychologiques (comme l'électrocardiogramme ECG, l'électroculogramme EOG, l'activité électrodermique EDA et celle électromyographique EMG). On a mené une vaste recherche sur des tronçons des

routes apportant ainsi un exemple représentatif des routes italiennes interurbaines. En s'appuyant sur les résultats obtenus, on a élaboré une procédure qui a permis de distinguer des conditions de la façon de conduire "bonnes" et "mauvaises"

MOTS CLÉS: SÉCURITÉ/ COMPORTEMENT DU CONDUCTEUR/ ROUTES INTERURBAINES /CHARGE MENTALE/ VÉHICULE ÉQUIPÉ

INTRODUCTION

Dans l'identification du système route – environnement il est très important d'analyser tous les éléments qui sont à même d'influencer la façon de conduire de l'utilisateur routier de façon à évaluer le niveau effectif de sécurité des routes. De cette façon seront analysés les aspects importants concernant les facteurs humains potentiellement influencés par le système route – véhicule – environnement. Au moment de conduire l'utilisateur reçoit et élabore un nombre considérable d'inputs, surtout de genre visuel, établis en tenant compte de ses propres caractéristiques (l'âge, le sexe, l'état psychologique, le niveau de concentration, le seuil du risque subjectif) pour évaluer les différentes alternatives (par exemple celles de la vitesse opérationnelle, de la trajectoire du véhicule, de la distance entre les véhicules et de la possibilité de dépassement) pour décider et exécuter les manœuvres les plus propres et donc d'observer leur résultat à travers l'acquisition et l'élaboration de nouveaux renseignements. Par conséquent, le conducteur revêt une importance considérable dans la réussite ou dans l'échec du système routier. Un comportement inadéquat est le résultat d'un défaut de l'interaction entre l'homme et le véhicule, ou bien, d'une méconnaissance des façons de conduire successives par rapport à la route, ou, à l'environnement routier qui pourraient entraîner de dangereuses situations. Dans ce domaine, la façon la plus efficace pour améliorer la sécurité de la route est celle de faciliter l'interaction de l'utilisateur avec le véhicule, et aussi le fait de créer des projets de routes dont les caractéristiques de la façon de conduire soient visibles, compréhensibles et soigneusement dressées mais en tenant compte de la réponse à la façon de conduire, de sa dynamique et du point de vue psychologique. La réalisation de convenables façons de conduire pourra être atteinte en élaborant une procédure qui sera en mesure d'évaluer la réponse de l'utilisateur, dans des termes de la charge mentale par rapport au plan de la route.

On sait bien que la façon de conduire impose une charge mentale sur le conducteur (workload). Cette charge mentale varie beaucoup en fonction des difficultés et des fréquences des actions exécutées. Le niveau de charge mentale est beaucoup influencé par les attentes de l'utilisateur et de ses propres capacités. Des routes qui présentent des incongruités des projets pourraient violer les attentes du conducteur, et lui imposer une intense charge mentale. Il serait utile d'avoir une révision de l'estimation de la sécurité des routes par rapport à la charge mentale, afin de prévenir tous les scénarios qui d'une part portent au maximum les capacités de l'utilisateur dans sa performance d'autre part, lui laissent "les moindres capacités" pour répondre à des sollicitations inattendues. Cependant, la plupart des règles de nombreux pays du monde entier n'envisagent pas suffisamment l'importance du comportement de l'utilisateur. Il sera convenablement décrit par la suite.

Le mesurage des paramètres psychophysiques tels que les réponses cardiaques, électrodermiques, électromyographiques et celles des battements des paupières pourraient permettre l'estimation de l'effective charge mentale du conducteur sur des routes existantes et sous des réelles conditions de circulation.

1. RÉVISION DES RÈGLES

Une attentive révision des règles internationales (Canada 1999, South Africa 2003, Italy 2001, Germany 1995-96) a révélé dans la majorité des standards examinés de faibles introductions quantitatives par rapport au Facteur Humain, et à la Sécurité de la circulation routière.

Or, d'habitude la largeur de la voie est établie par rapport à la silhouette du véhicule inclus parfois les espaces latérales, et ceux de sécurité. Donc, tous les aspects concernant la sécurité et la façon de conduire sont touchés plus au moins indirectement.

Par rapport au tracé horizontal, la longueur maximum des lignes droites est souvent établie, pour éviter les marques de fatigues; les valeurs des rayons minimum sont aussi établis en tenant compte de la dynamique de la façon de conduire. Toutefois, il est vrai que bien d'autres relations de projet assurent une certaine congruence au tracé. En outre, aux côtés de la vitesse du plan, la réelle façon de conduire de l'utilisateur est perçue du point de vue de la vitesse opérationnelle laquelle sera exprimée du 85^e percentile de la vitesse des véhicules dans des conditions de flux libre.

Par rapport au tracé vertical presque toutes les règles demandent des valeurs de nivelettes positionnées à un degré plus bas que possible, pour des raisons de sécurité et des différentes façon de conduire. Les valeurs des raccords convexes et concaves dépendent en large mesure du fait d'avoir préalablement considéré suffisamment la distance de visibilité.

Pour montrer de bonnes ou de mauvaises solutions, beaucoup de règles discutent le tracé tridimensionnel au point de vue qualitatif sur des procédés graphiques.

Quant à l'étude de la distance de visibilité on a fixé un temps de réaction et de perception ainsi que la hauteur de l'œil du conducteur et celle d'un obstacle.

Il n'est pas facile de repérer des renseignements plus amples concernant le facteur humain et de la sécurité des routes dans plusieurs règles internationales, à l'exception du Canada, de l'Afrique du Sud et dans le Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook (Canada 1999, South Africa 2003, Lamm 1999).

Dans celles ci de nouveaux problèmes des standards des projet par rapport à l'exécution de la façon de conduire, de la charge mentale, des attentes du conducteur, de ses réaction, ont été déjà partiellement abordés.

On espère que l'appréciation du comportement du conducteur comme partie du réseau de la circulation routière deviendra essentielle, au profit de l'efficacité du plan des routes. À ce propos, les connaissances des performances humaines pourraient devenir, dans le futur, un input fondamental dans le domaine des projet.

2. SÉLECTION DES TESTS SUR LE CONDUCTEUR

Faute l'absence d'un échantillon entièrement représentatif de tous les usagers routiers, on en a choisi l'un d'entre ceux de la population des conducteurs, d'après les éléments du nombre (30 personnes pour avoir une distribution statistique normale), d'homogénéité (des étudiants entre 24 –32 ans ayant la même pratique dans la façon de conduire) et des réponses psychophysiques acceptables. Tous les gens qui ne répondent à aucun de ces paramètres que de façon très faible à cause de maladies ou bien de problèmes physiques ont été éliminés du échantillon. C'est ainsi qu'au moment de la sélection, deux tests sur les conditions de leur état psychologique (le test "d2" et celui de la lettre roulante) (Brickenkamp, 1998). ont été appliqués, dans le but de distinguer les conducteurs qui sont beaucoup ou peu réactifs.

La première phase de ces tests sur les conducteurs appelée phase de présélection a été exécutée à l'aide d'une fiche ayant les renseignements concernant l'âge, les conditions de

santé et celles de la pratique. Selon les données recueillies on a écarté presque 40% des personnes qui ont montré des caractéristiques particulières par rapport aux standards établis.

Dans la deuxième phase, la sélection pour le contrôle des caractéristiques psychophysiologiques a été menée selon un opportun protocole. Celui-ci envisageait de façon particulière l'emploi de tests psychologiques spécifiques et d'une simulation virtuelle de la façon de conduire, dans le but d'acquiescer pour autant que possible des groupes homogènes et capables, à l'intérieur des paramètres psychophysiologiques. Le test de la lettre roulante et celui du "d2" ont été particulièrement employés. Le premier d'entre eux, a été conçu pour la vérification de certains aspects du fonctionnement du cerveau, et représente une forte "impulsion" qui permet d'avoir une réponse considérable de l'utilisateur, analysée d'après les paramètres psychophysiologiques; cela nous permet aussi d'évaluer "le temps de réaction de choix" en état de mesurer l'habileté du conducteur à accomplir des choix précises, en réponse aux différentes façons d'apercevoir le monde physique. Le deuxième, mesure l'attitude et le rendement à l'égard de la façon de conduire. Il est employé jusqu'à présent dans le domaine de la psychologie appliquée, pour estimer les capacités de concentration et de la vitesse dans l'élaboration des données. Au moment du déroulement des tests, les individus ont été soigneusement contrôlés par un appareil électromédical apte aux spécifiques nécessités des tests sur route. L'appareil enregistre des paramètres psychophysiologiques bien établis (ECG, EMG, EOG, EDA) particulièrement représentatifs de la charge mentale pendant les tests.

3. SÉLECTION DES CIRCUITS D'ESSAI ET ACQUISITION DES DONNÉES

Les circuits d'essai pour les expériences sur champ ont été sélectionnés du réseau local interurbain (des routes nationales à deux voies) dans la province de Catane. Chaque circuit d'essai doit avoir au minimum 3 km de long (au max. 7 km), une moyenne de circulation routière par an et par jour qui ne soit pas trop haute, d'ailleurs, il serait bien difficile de réussir un test sans interférences. Pour éliminer les effets de routines dans les paramètres psychophysiologiques, la personne qui se soumet au test ne connaîtra ni le début ni la fin. Au début, un parcours de 20 minutes se rend nécessaire pour que l'utilisateur se familiarise avec le véhicule d'essai.

Avant d'exécuter les tests, il faut identifier les éléments les plus importants qui influencent le facteur humain et la façon de conduire. On devra recueillir toutes les données essentielles pour marquer ensuite la réponse de l'utilisateur et de la charge mentale pendant le test. Les données nécessaires seront partagées en trois groupes: les Static Data (SD), les Dynamic Data (DD) et le Human Data (HD)

3.1. Les Static Data

les données statiques représentent les caractéristiques des infrastructures des circuits d'essai qui ne changent pas le long de la route, mais qui sont néanmoins remarquables pour l'attitude de l'homme. Les traits distinctifs du tracé sont : la signalisation routière; la présence d'intersections ; présence d'obstacles latéraux et organisation des marges. Pour la section transversale: typologie, largeur de la voie, distance de visibilité disponible.

Pour avoir des renseignements concernant les données statiques, on a fait un levé du tracé horizontal et vertical pour l'application de la cinématique DGPS. Les mesurages ont été accomplis exploitant deux instruments du système de la Position Globale (GPS) utilisés en conditions de modalité dynamique différentielle. Pendant le test, afin de corriger les fautes dues à la variation de la position du véhicule le long de la route, les points ont été adaptés à l'aide d'une spline 2d cubique de régression dont les paramètres avaient été utilisés pour reconnaître les principaux éléments géométriques horizontales.

Dans l'intention d'estimer le niveau d'influence des Static Data sur l'usager en termes de sécurité de la route, chacun de paramètres précédents a été contrôlé le long du circuit d'essai.

Tracé : l'incongruité du tracé horizontal est retenue plus importante que la sécurité. Ainsi le niveau de la qualité du projet planimétrique est-il estimé par les critères de sécurité [1, 2]. S'appuyant sur les considérations faites auparavant, trois paramètres ont été proposés pour déterminer le degré de sécurité offert par la route en relation aux caractéristiques du tracé. Les trois critères suivantes se rapportent à :

1. La différence entre la vitesse opérationnelle représentée par la vitesse du 85^e percentile et celle de projet de la section routière analysée (critère de sécurité I);
2. La différence dans les vitesses opérationnelles entre deux éléments géométriques successifs (critère de sécurité II).
3. L'équilibre dynamique dans les courbes comme résultat de la différence entre l'adhérence disponible (f_{RA}) et celle demandée (f_{RD}).

Alors que les différences entre les deux facteurs remarquant les divers critères augmentent, le degré de sécurité décroît. Donc, cela pourrait provoquer une hausse des accidents de voitures. Trois classes d'évaluation ont été établies (bon, discret, mauvais), qui en résultent des différences entre les valeurs effectives et théoriques des trois critères

Tableau 1 – Classes de Projet en Association avec les Critères de Sécurité (Lamm 1999, Lamm 2002)

Critères de Sécurité	CLASSES DE PROJET		
	BON (Good)	DISCRET (Fair)	MAUVAIS (Poor)
I	$ V_{85_i} - V_d \leq 10 \text{ km/h}$	$10 \text{ km/h} < V_{85_i} - V_d \leq 20 \text{ km/h}$	$ V_{85_i} - V_d > 20 \text{ km/h}$
II	$ V_{85_i} - V_{85_{i+1}} \leq 10 \text{ km/h}$	$10 \text{ km/h} < V_{85_i} - V_{85_{i+1}} \leq 20 \text{ km/h}$	$ V_{85_i} - V_{85_{i+1}} > 20 \text{ km/h}$
III	$0.01 \leq f_{RA} - f_{RD}$	$-0.04 \leq f_{RA} - f_{RD} < 0.01$	$f_{RA} - f_{RD} < -0.04$

Les différences associées aux trois critères se fondent sur des études réalisées par de vastes Data base aux États-Unis et en Allemagne: Pour l'évaluation de V_{85} , plusieurs équations de régression ont été proposées selon les différents pays du monde, et mis en relation à un nouvel élément du plan "le taux de variation de courbure de chaque courbe" (CCRs) établis par la relation suivante:

$$CCR_S = \frac{\left(\frac{L_{C11}}{2R} + \frac{L_{Cr}}{R} + \frac{L_{C12}}{2R}\right)}{L} \cdot \frac{200}{\pi} \cdot 10^3 = \frac{\left(\frac{L_{C11}}{2R} + \frac{L_{Cr}}{R} + \frac{L_{C12}}{2R}\right)}{L} \cdot 63,700 \quad (\text{Eq. 1})$$

où:

CCR_S = taux de variation de chaque courbe circulaire avec des courbes de raccordement. [gon/km],

L = $L_{C11} + L_{Cr} + L_{C12}$ = longueur totale de la section courbe unidirectionnelle.[m],

L_{Cr} = longueur de la courbe circulaire [m],

R = rayon de la courbe circulaire [m],

L_{C11}, L_{C12} = longueur des clothoïdes (avant et après la courbe circulaire), [m]

La figure 1 montre un exemple, tiré des circuits d'essai et estimé à l'aide des trois Critères de Sécurité, qui illustre des traits Mauvais et Discrets.

Distance de Visibilité: l'Évaluation de la distance de visibilité à chaque point du circuit d'essai a été réalisée, utilisant un logiciel pour l'élaboration des images conçu pour le mesurage de la distance de visibilité, des images retenus le long de la route et localisés par le système GPS (figure 1).

Signalisation Routière: une spécifique signalisation routière (tels que le limites de

dépassement, tournant dangereux, chevron) a été disloquée le long des circuits d'essai utilisant les images digitales. Des tronçons avec des limites de vitesse, ont été éliminés de ceux circuits-ci.

Typologie de la Section de la voie et sa largeur: tous les circuits d'essai ont été sélectionnés en tenant compte du même type de route (de routes interurbaines à deux voies) avec une voie de 3.00 mètres de long et un pavé goudronné de 1.00 mètres de large.

Présence d'intersections: au fin d'éliminer l'influence des intersections, dans cette partie de la recherche, une longueur de 150 mètres avant et après l'intersection n'a pas été considérée faisant partie du circuit d'essai.

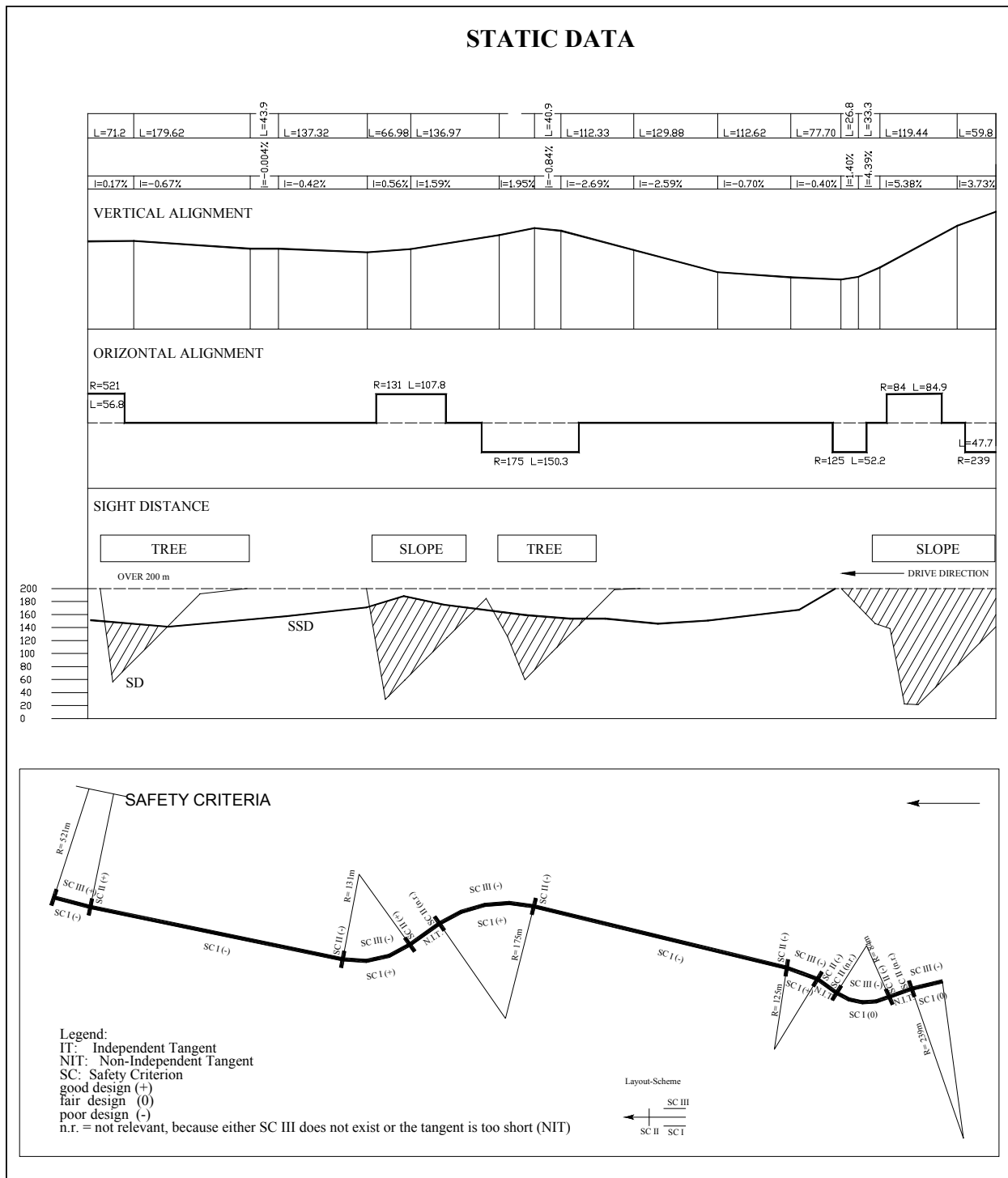


Figure 1 - Alignement horizontal et vertical, distance de visibilité disponible (SD) en relation avec la distance de visibilité pour l'arrêt (SSD), évaluation des Critères de Sécurité

3.2. Dynamic Data.

Les Dynamic Data se rapportent à la réponse de l'utilisateur au moment de conduire et à l'interaction véhicule – route. On les a identifiés en: La vitesse du véhicule; l'accélération transversale, verticale et longitudinale; la trajectoire véhiculaire; le champ visuel de l'utilisateur, cas éventuels. Toutes ces données ont été prises au cours du test avec une fréquence de cinq par second, avec la position correspondante GPS du véhicule le long du circuit d'essai (figure 2). Dans les parties du circuit où il n'y avait pas le signal GPS, la position du véhicule a été déterminée par les données tirées du système pedomètre et gyroscopique installés dans le véhicule d'essai.

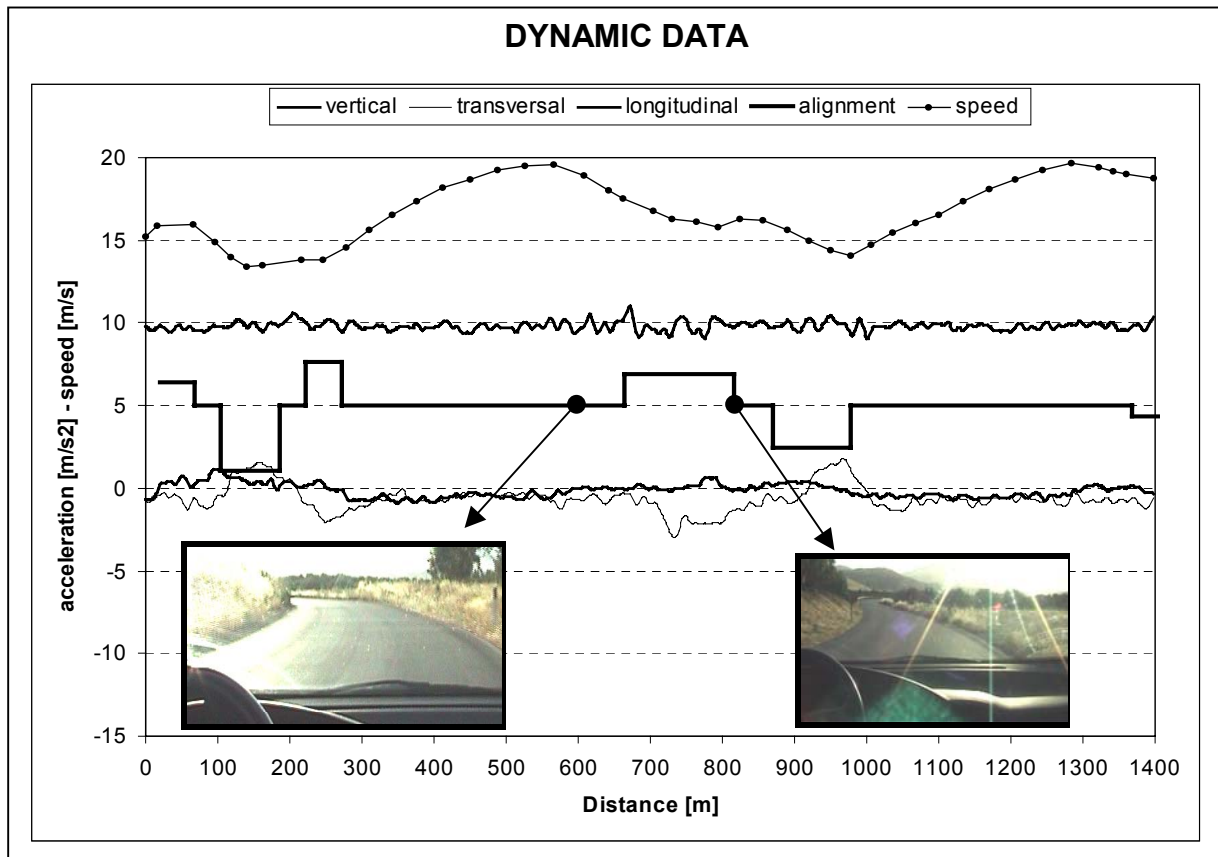


Figure 2 - La vitesse, les accélérations et le champ de visibilité de l'utilisateur pendant le test

3.3 Human Data

Les données sur l'homme sont employées pour mesurer soit les limites de la capacité de l'homme dans l'accomplissement d'une action spécifique aussi que les incongruences géométriques, lesquelles non seulement illustrent les effets marginaux dans la vitesse opérationnelle mais aussi leurs effets remarquables dans la demande de concentration et de charge mentale (des raccords convexes, doublement des autres véhicules). Les concepts concernant la charge mentale se rapportent aux limites supérieures des facultés humaines d'élaborer les données. Les concepts de congruité et d'attente sont employés de façon à éliminer les changements subits dans la concentration et dans la charge mentale. On sait que les capacités de performance de l'homme ne sont pas excellentes quand la charge mentale excède ou bien tombe au-dessous de certaines valeurs moyennes. Ces conditions amènent à une plus haute probabilité de fautes humaines ou des maladroites que dans de cas particuliers pourraient provoquer des accidents. Les paramètres psychophysiologiques peuvent être rapportés aux processus internes telles que les émotions, la concentration, les motivations et les charges des connaissances. L'un de nos buts est celui de mesurer la capacité de l'utilisateur de soutenir une certaine tâche. Il existe donc une distinction entre la charge mentale externe et la demande interne qui se fonde sur des habiletés individuelles de l'homme. Les paramètres

psychophysiologiques sont des indicateurs soit des demandes internes que de chaque nécessité concernant les habiletés et ils reflètent les processus internes qui sont à mesure de déterminer l'attitude de l'utilisateur et de sa performance. Les mesures sur l'échantillon du test de la personne qui conduit ont été élaborées pour acquérir des paramètres psychophysiologiques au moment de conduire. Une vaste révision dans la littérature (Heger 1995), a révélé que des signaux spécifiques et des paramètres psychophysiques sont adéquats dans des mensurations prévues. D'accord avec la littérature les signaux ont été enregistrés par la personne soumise au test: l'électrocardiogramme (ECG), l'électrooculogramme (EOG), l'activité électrodermique (EDA) et l'électromyographie (EMG). Ce sont des signaux standard d'usage commun dans les mesures psychophysiologiques. À partir de ces signaux on obtient les paramètres ou indicateurs: le battement du cœur, la fréquence du battement, l'amplitude de la courbe T, le battement des paupières, l'Activité électrodermique tonique, l'Activité électrodermique phasique et l'Électromyographie intégrée de différents muscles du visage et du cou.

Figure 3 montre que dans les courbes il y a une haute variabilité du battement du cœur, une croissante activité électrodermique et une concentration visuelle sur ces éléments exprimé par un haut intervalle du battement des paupières

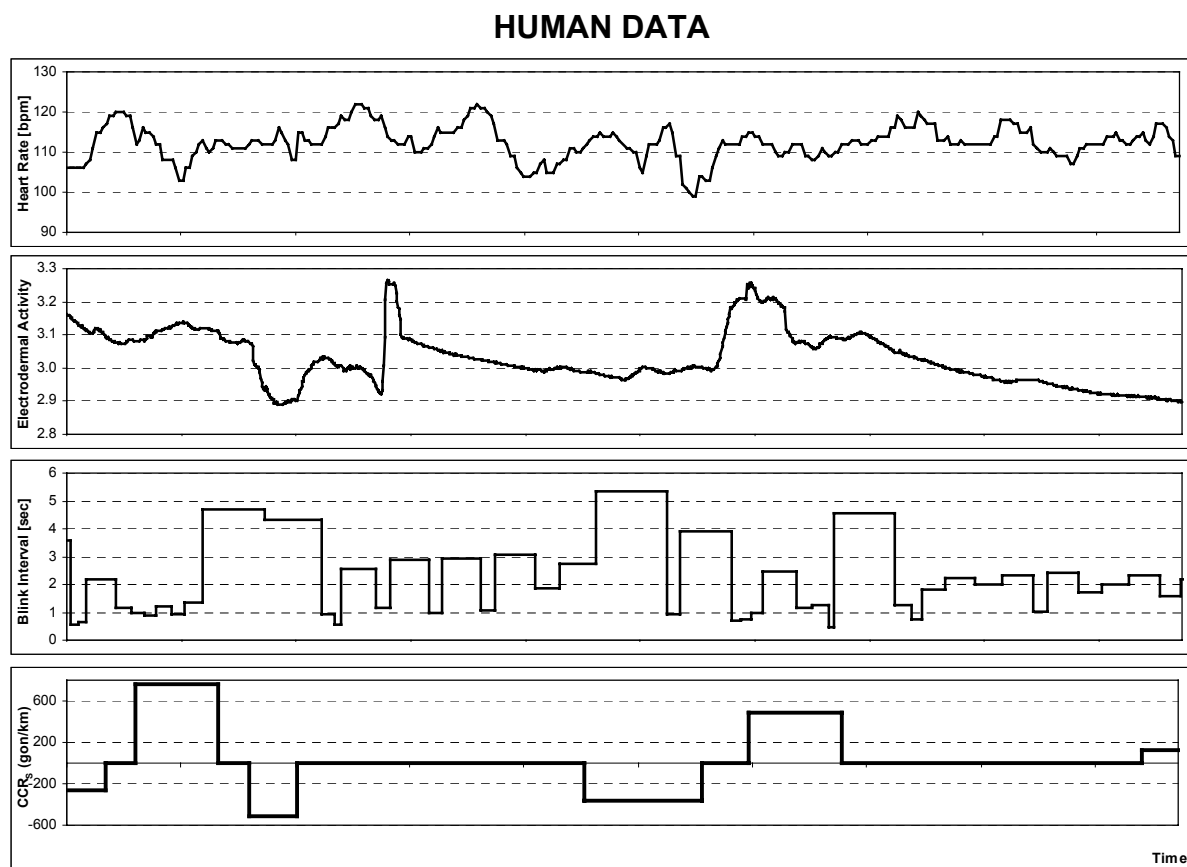


Figure 3 – Battement du cœur ,activité électrodermique et battement des paupières en rapport au CCRs pendant le test

Le véhicule instrumenté, qui a été employé pour le contrôle des tests sur le conducteur, appartient à une classe moyenne. Il a été équipé avec un système de mesurage (GPS, des capteurs de vitesse, un accéléromètre triple axel) pour contrôler et enregistrer à tout instant les Dynamic Data. Toutes ces données ont été synchronisées avec celles de l'utilisateur comme en résultent des paramètres psychophysiologiques (synchronisation obtenue à travers le time- event marker) localisés le long de circuit d'essai et assemblés aussi aux Static Data.

Dans le but de réussir cet objectif, tout l'équipement décrit a été soigneusement choisi de manière à atteindre aussi un niveau de précision et de compatibilité avec les trois data bases. Un système matériel et logiciel a été projeté et réalisé pour l'acquisition, la synchronisation et le rangement des données dynamiques et celles de l'utilisateur.

3. CONCLUSIONS

Bien que environ 95% de tous les facteurs à l'origine des accidents de route soient attribués au facteur humain, une brève révision internationale des guides du projet des routes a démontré que la plupart des standards ne retiennent le facteur humain que de façon implicite. Une méthode d'estimation de la façon de conduire et de la charge mentale a été élaborée dans le but d'améliorer les standards du projet pour la sécurité de la route en tenant compte du facteur humain.

Les données sur champ ont été rassemblées par un véhicule instrumenté qui roule dans de normales conditions de circulation. Ce véhicule est équipé avec un système projeté pour recueillir les "Dynamic Data", qui dépendent de la façon de conduire et de l'interaction véhicule-route, ainsi que les "Human Data" dont la représentation des paramètres psychophysiologiques peut être mise en relation avec les données de la charge mentale. Les circuits d'essai ont été représentés à travers les "Static Data" en relation aux caractéristiques de l'infrastructure routière dont dépendent la sécurité et la façon de conduire.

L'expérimentation menée sur une route interurbaine à deux voies a montré la capacité du système de recueillir tous les renseignements qui sont en mesure de remarquer soit la façon de conduire soit la charge mentale, par rapport aux aspects propres de la route.

Bien que l'expérimentation soit encore fondée sur une petite partie de l'échantillon sélectionné, dès les premiers résultats on remarque une influence considérable de la géométrie horizontale du tracé et de la distance de visibilité sur la façon de conduire de l'utilisateur. L'estimation aussi de quelques paramètres tels que le battement du cœur, de sa fréquence, de l'ampleur de la courbe T, du battement des paupières, de l'activité électrodermique phasique et de celle tonique, avec l'électromyographie intégrée des divers muscles du visage et ceux du cou, nous rendent des informations originelles concernant la charge mentale de l'utilisateur et de ses étroits liens avec les caractéristiques de la route.

BIBLIOGRAPHIE

- R. Brickenkamp, Eric Zillmer "d2 Test of Attention" Hogrefe & Huber Publishers 1998.
- R. Heger, "Driving Behavior and Driver Mental Workload as Criteria for Highway Geometric Design Quality" International Symposium on Highway Geometric Design Practices, Boston Massachusetts, U.S.A., 1995
- Lamm, R., B. Psarianos, T. Mailaender, E.M. Choueiri, R. Heger, R. Steyer, "Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook," McGraw-Hill, New York, U.S.A., 1999
- Lamm, R., B. Psarianos, and S. Cafiso.: "Safety Evaluation Process for Two-Lane Rural Roads – A Ten Year Review", Transportation Research Record, No. 1796, 2002.
- Ministero dei Lavori Pubblici Italy, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade". D.M. 5/11/2001
- Official Technical German Guidelines for Road Design RAS Q 1996, RAS L 1995
- South African National Roads Agency "Geometric Design Guidelines". January, 2003
- Transportation Association of Canada ACT "Geometric Design Guide for Canadian Roads – Part 1" September 1999