



**GUIDE FACTEURS HUMAINS
POUR DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES PLUS SÛRES**

**HUMAN FACTORS GUIDELINE
FOR SAFER ROAD INFRASTRUCTURE**

Comité technique AIPCR C3.1 Sécurité routière
PIARC Technical Committee C3.1 Road Safety



Comité technique AIPCR C3.1 Sécurité routière

PIARC Technical Committee C3.1 Road Safety

GUIDE FACTEURS HUMAINS
POUR DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES PLUS SÛRES

HUMAN FACTORS GUIDELINE
FOR SAFER ROAD INFRASTRUCTURE



A propos de l'AIPCR

L'Association mondiale de la Route (AIPCR) est une association à but non lucratif fondée en 1909 pour favoriser la coopération internationale et les progrès dans le domaine de la route et du transport routier.

L'étude faisant l'objet de ce rapport a été définie dans le Plan stratégique 2004-2007 approuvé par le Conseil de l'AIPCR dont les membres sont des représentants des gouvernements nationaux membres. Les membres du Comité technique responsable de ce rapport ont été nommés par les gouvernements nationaux membres pour leurs compétences spécifiques.

Les opinions, constatations, conclusions et recommandations exprimées dans cette publication sont celles des auteurs et ne sont pas nécessairement celles de la société/organisme auquel ils appartiennent.

N° ISBN : 2-84060-215-6

*Ce rapport est disponible sur le site de l'Association mondiale de la Route (AIPCR)
<http://www.piarc.org>*

Tous droits réservés © Association mondiale de la Route (AIPCR).

*Association mondiale de la Route (AIPCR)
La Grande Arche, Paroi nord, Niveau 5
92055 La Défense cedex, FRANCE*

Statements

The World Road Association (PIARC) is a nonprofit organisation established in 1909 to improve international co-operation and to foster progress in the field of roads and road transport.

The study that is the subject of this report was defined in the PIARC Strategic Plan 2004 – 2007 approved by the Council of the World Road Association, whose members and representatives of the member national governments. The members of the Technical Committee responsible for this report were nominated by the member national governments for their special competences.

Any opinions, findings, conclusions and recommendations expressed in this publication are those of the authors and do not necessarily reflect the views of their parent organizations or agencies.

International Standard Book Number 2-84060-215-6

*This report is available from the internet site of the World Road Association (PIARC)
<http://www.piarc.org>*

Copyright by the World Road Association. All rights reserved.

*World Road Association (PIARC)
La Grande Arche, Paroi nord, Niveau 5
92055 La Défense cedex, FRANCE*



Ce rapport a été élaboré par le groupe de travail "Facteurs humains" du Comité technique 3.1 Sécurité routière. Le travail réalisé repose sur une étude bibliographique des expériences portant sur les éléments de l'infrastructure routière qui influencent le comportement du conducteur et la prise de décision. Cette étude repose aussi sur une méthode spéciale d'analyse des accidents développée en Allemagne, à savoir le « profilage des facteurs humains ».

Ont participé à l'élaboration de ce rapport :

Rédaction en chef

Intelligenz System Transfer GmbH Potsdam (Allemagne)

Choix des études de terrain et illustrations

Hans-Joachim VOLLPRACHT, Président du Comité technique 3.1 Sécurité routière (Allemagne)

Texte, photos des études sur le terrain et contrôle qualité

Dr. Sibylle BIRTH, Meike Pflaumbaum, Daniela POTZEL, Georg SIEBER, Intelligenz System Transfer GmbH Potsdam (Allemagne)

Conseil pour l'adaptation à un lectorat international. Illustrations

Pascal CHAMBON, SETRA (France)

Francois GANNEAU, SETRA (France)

Armand ROUFFAERT, Ministerie van de Vlaamse Gemenschap (Belgique)

Mike GREENALGH, Highways Agency (Grande-Bretagne)

Conseil éditorial

Lárus ÁGÚSTSSON, Danish Road Directorate (Danemark)

Patrick Mallejacq, Ministère de l'Équipement (France)

Roberto LLAMAS RUBIO, Ministerio de Fomento (Espagne)

Eddy WESTDIJK, Stichting C.R.O.W. (Pays-Bas)

Peter HOLLO, Institute for Transport Sciences Ltd. (Hongrie)

Peter ELSENAAR, Paricel Consult (Pays-Bas)

This report has been prepared by the working group "Human Factors" of the PIARC Technical Committee 3.1 Road Safety. The work is based on a literature study of experimental proofs about road features that influence driver's behaviour and decision making. It is also based on a special method developed in Germany of accident analysis, the "Human Factors Profiling".

The contributors to the preparation of this report are:

Editor

Intelligenz System Transfer GmbH Potsdam, Germany

Idea and pictures from on the spot investigations

Hans-Joachim VOLLPRACHT, Chairman of Technical Committee 3.1 Road Safety, Germany

Text, pictures from on the spot investigations and quality control

Dr. Sibylle BIRTH, Meike Pflaumbaum, Daniela POTZEL, Georg Sieber, Intelligenz System Transfer GmbH Potsdam, Germany

Discussion and international adapting advice, pictures

Pascal CHAMBON, SETRA, France

Francois GANNEAU, SETRA, France

Armand ROUFFAERT, Ministerie van de Vlaamse Gemenschap, Belgium

Mike GREENALGH, Highways Agency, Great Britain

Edition advice

Lárus ÁGÚSTSSON, Danish Road Directorate, Denmark

Patrick MALLEJACQ, Ministère de l'Équipement, France

Roberto LLAMAS RUBIO, Ministerio de Fomento, Spain

Eddy WESTDIJK, Stichting C.R.O.W., Netherlands

Peter HOLLO, Institute for Transport Sciences Ltd., Hungary

Peter ELSENAAR, Paricel Consult, Netherlands



Phil ALLAN (Australie) et Steve J. LEE (Grande-Bretagne), membres du CT 3.1, ont contribué à la rédaction de la version anglaise et ont apporté des commentaires précieux sur le projet du rapport.

Le rapport a été rédigé par Intelligenz System Transfer Potsdam GmbH et le contrôle qualité a été assuré par Lárus ÁGÚSTSSON, ingénieur en chef sécurité routière, M.Sc. (Civ.Eng.), Direction des routes du Danemark, et Hans-Joachim VOLLPRACHT, Président du Comité technique C3.1 Sécurité routière (Allemagne).

Le président du CT3.1 est Hans-Joachim VOLLPRACHT (Allemagne) et les Secrétaires sont Beth ALICANDRI (USA), Patrick MALLEJACQ (France) et Roberto LLAMAS RUBIO (Espagne).

La traduction vers l'anglais, le français et l'espagnol de la version originale a été assurée par :

- *Intelligenz System Transfer Potsdam GmbH (Allemagne) pour la version anglaise,*
- *Armand ROUFFAERT (Belgique) pour la version française,*
- *Roberto LLAMAS RUBIO, Ministerio de Fomento (Espagne), pour la version espagnole.*

Mr. Phil ALLAN (Australia) and Mr. Steve J. LEE (Great Britain) - members of TC 3.1 - have helped with the English language and have made some valuable comments on the draft of the report.

The report was edited by Intelligenz System Transfer Potsdam GmbH and quality control is made by Mr. Lárus ÁGÚSTSSON, Chief Engineer Road Safety, M.Sc. (Civ.Eng.), Danish Road Directorate, Denmark and Hans-Joachim VOLLPRACHT, Chairman of Technical Committee 3.1 Road Safety, Germany.

TC3.1 is chaired by Hans-Joachim VOLLPRACHT (Germany) and the secretaries are: Beth ALICANDRI (USA), Patrick MALLEJACQ (France) and Roberto LLAMAS RUBIO (Spain).

The translation into English/French/Spanish of the original version was produced by:

- *Intelligenz System Transfer Potsdam GmbH (Germany) for the English version,*
- *Armand ROUFFAERT (Belgium) for the French version,*
- *Roberto LLAMAS RUBIO, Ministerio de Fomento (Spain), for the Spanish version*



RÉSUMÉ12

CONTEXTE ET OBJECTIF 12

TROIS CATÉGORIES D'ERREURS FRÉQUENTES EN CONCEPTION ROUTIÈRE 12

PERSPECTIVES 14

LE DILEMME DES DEUX MONDES DANS LES STRATÉGIES DE PRÉVENTION : 16

L'APPROCHE PRÉACCIDENT ET POSTACCIDENT 16

Approche post-accident 16

Approche préaccident 18

TERMINOLOGIE 20

DÉFINITION DES FACTEURS HUMAINS 22

Que signifie « Facteur Humain? » 22

Quelles sont les proportions entre erreurs d'opération, erreurs de conduite et accidents ? 24

Comment le concept Facteur Humain est-il utilisé en pratique ? 24

Le concept Facteur Humain rend-il d'autres mesures de sécurité de la circulation inutiles ? 26

Le concept Facteur Humain rend-il inutile l'analyse d'accidents dans l'approche post-accident ? 26

TESTEZ VOTRE COMPRÉHENSION DU FACTEUR HUMAIN 26

I. PREMIÈRE CLASSE D'ERREURS FACTEUR HUMAIN L'AXIOME 6 SECONDES..... 28

I.1. EXIGENCE ROUTIÈRE FACTEUR HUMAIN NO.1 : 28

 « LA ROUTE DEVRAIT DONNER AU CONDUCTEUR ASSEZ DE TEMPS DE RÉACTION » 28

I.2. CONCLUSION PRATIQUE 28

I.3. MESURES 38

II. DEUXIÈME CLASSE D'ERREURS FACTEUR HUMAIN – L'AXIOME CHAMP DE VISION 40

II.1. EXIGENCE FACTEUR HUMAIN N° 2 : 40

 LA ROUTE DOIT OFFRIR AU CONDUCTEUR UN CHAMP DE VISION SÛR 40

II.2. CONCLUSION PRATIQUE 46

Illusion de perspective 54

II.3. MESURES 68

SUMMARY 13

BACKGROUND AND GOAL 13

THREE CLASSES OF MISTAKES IN ROAD DESIGN 13

PERSPECTIVES 15

THE TWO-WORLD DILEMMA IN PREVENTION STRATEGIES: 17

THE PRE- AND POST- ACCIDENT APPROACH 17

Post-Accident Approach 17

Pre-Accident Approach 19

TERMINOLOGY 21

DEFINITION OF HUMAN FACTORS 23

What does "human factors" mean? 23

What are the proportions between operational errors, driving errors and accidents? 25

How is the human factors concept used in practice? 25

Does the human factors concept make other traffic safety measures superfluous? 27

Does the human factors concept obviate the need for analysis of accidents in the post-accident approach? 27

TEST YOUR UNDERSTANDING OF HUMAN FACTORS 27

I. FIRST CLASS OF HF MISTAKES – THE 6-SECOND AXIOM 29

I.1 THF ROAD REQUIREMENT NO.1: THE ROAD SHOULD GIVE THE DRIVER ENOUGH REACTION TIME 29

I.2 CONCLUSION FOR PRACTICAL WORK 29

I.3 MEASURES 39

II. SECOND CLASS OF HF MISTAKES – THE FIELD OF VIEW AXIOM 41

II.1 THF ROAD REQUIREMENT NO. 2: THE ROAD MUST OFFER THE DRIVER A SAFE FIELD OF VIEW 41

II.2 CONCLUSION FOR PRACTICAL WORK 47

Perspective Illusion 55

II.3 MEASURES 69



III. TROISIÈME CLASSE D'ERREURS FACTEUR HUMAIN – L'AXIOME LOGIQUE..... 70

III.1. EXIGENCE FACTEUR HUMAIN NO. 3 :
LES ROUTES DOIVENT SUIVRE LA LOGIQUE DE PERCEPTION DU CONDUCTEUR 70

III.2. CONCLUSION PRATIQUE 74

III.3. MESURES 90

III.4. EXEMPLE : ENTRÉE DE VILLE NON PERCEPTIBLE 92

IV. CONCLUSIONS 96

IV.1. DIFFICULTÉS DES INGÉNIEURS À DÉFINIR LES ERREURS HUMAINES
LIÉES À LA CONCEPTION DE LA ROUTE..... 96

IV.2. RÉSULTATS DU PROFILAGE DES FACTEURS HUMAINS 98

V BIBLIOGRAPHY / REFERENCES 104

APPENDIX: ITS CHECKLIST 2007 106

III. THIRD CLASS OF THE MISTAKES – THE LOGIC AXIOM 71

III.1 THF ROAD REQUIREMENT NO. 3:
ROADS HAVE TO FOLLOW THE DRIVER'S PERCEPTION LOGIC 71

III.2 CONCLUSION FOR PRACTICAL WORK..... 75

III.3 MEASURES 91

III.4 EXAMPLE: INVISIBLE TOWN ENTRANCE 93

IV CONCLUSIONS 97

IV.1 DIFFICULTIES FOR ENGINEERS TO IDENTIFY HUMAN FACTORS DESIGN MISTAKES 97

IV.2 RESULTS OF HUMAN FACTORS PROFILING 99

V BIBLIOGRAPHY / REFERENCES 104

APPENDIX: ITS CHECKLIST 2007 106



RÉSUMÉ

► CONTEXTE ET OBJECTIF

Tout le monde sait que les facteurs humains ont une énorme influence sur la sécurité de l'utilisation de systèmes techniques. Les facteurs humains pourraient être décrits comme la contribution des personnes à des événements graves. Il s'agit du terme générique pour désigner les comportements psychologiques et physiologiques, dont on a la preuve qu'ils contribuent à des erreurs opérationnelles dans la manipulation de machines et de véhicules. Le concept des facteurs humains en matière de sécurité routière recouvre les éléments de la route qui ont une influence sur le bon ou le mauvais comportement du conducteur. Il prend en compte les causes de l'erreur opérationnelle du conducteur en tant que première étape d'une chaîne d'actions, qui peuvent mener à un accident. Les erreurs opérationnelles fréquemment observées proviennent de l'interaction directe entre les caractéristiques routières et les caractéristiques des réactions de l'automobiliste. Étant donné qu'on ne peut changer les réactions des automobilistes, l'attention doit être portée sur une conception des routes qui soit explicite. Les recommandations contenues dans ce document expliquent la relation entre certaines caractéristiques routières qui sont à l'origine d'erreurs de conduite, et dont le conducteur n'a pas conscience. Les exemples et schémas détaillés permettent à l'ingénieur de comprendre le rapport entre des caractéristiques routières défectueuses et des erreurs opérationnelles. Ces exemples peuvent être utilisés comme une sorte de liste de contrôle pour l'étude sur le terrain des lieux où se sont produits les accidents. Ils peuvent également être employés pour déterminer la méthode de planification et de construction dans les audits de sécurité routière.

► TROIS CATÉGORIES D'ERREURS FRÉQUENTES EN CONCEPTION ROUTIÈRE

1. L'axiome des 6 secondes : la route doit laisser suffisamment de temps au conducteur

Il faut en moyenne 4 à 6 secondes à un conducteur pour changer complètement la manœuvre qu'il a amorcée. À une vitesse de 100 km/h, cela correspond à une distance de 300 m. Une route adaptée aux usagers permet au conducteur de s'adapter à une nouvelle situation. À un minimum de 6 secondes avant des points critiques tels que des carrefours, des virages ou des passages à niveau, il est nécessaire de prévoir des zones de transition, d'enlever les obstacles à la visibilité, de rendre les intersections plus visibles, ou signaler les arrêts de bus, les pistes cyclables et autres éléments importants par des marquages sur la chaussée.

SUMMARY

► BACKGROUND AND GOAL

It is well known, that human factors have an enormous influence on the safe handling of technical systems. Human factors can be described as people's contributions to damaging events. It is the generic term for those psychological and physiological patterns, which are verified to contribute to operational errors in handling machines and vehicles. The human factors concept in relation to road safety, considers road features that influence right or wrong behaviour of the driver. It considers the causes of driver's operational error as the first step in a chain of actions, which may proceed to an accident. Many of the often observed operational errors result from the direct interaction between road characteristics and the driver's reaction characteristics. Because the driver's reaction characteristics cannot be changed, the attention should be focused on a self-explanatory road design. In these guidelines explain the relationship between several road features that trigger mostly unconscious wrong driving reactions. The detailed examples and sketches allow the engineer, to understand the relationship between undesirable road features and operational errors. They can be used as a kind of checklist in the "on-the-spot" investigation of accident points or in Road Safety Inspections. They can also be used to qualify the planning and construction process in Road Safety Audits.

► THREE CLASSES OF MISTAKES IN ROAD DESIGN

1. The 6-Second Axiom: The road should give the driver enough time

The average driver needs 4–6 seconds to change their driving programme completely. At a speed of 100 km/h this results in a distance of up to 300 m. A user-friendly road will allow a reliable adjustment of driver's behaviour to a new situation. At least 6 seconds before critical points such as junctions, bends or railway crossings it is necessary to arrange transition areas, to remove barriers to line of sight, to make junctions perceptible or to use markings to indicate bus stops, bicycle paths and other critical points.



2. L'axiome du champ de vision

Conduire un véhicule motorisé modifie bien plus le champ de vision que tout autre type de déplacement. Un environnement monotone ou à fort contraste, des mauvais effets optiques ou des illusions d'optique affectent la qualité de la conduite. Le champ de vision peut soit stabiliser ou déstabiliser le conducteur ; le fatiguer ou le stimuler. Une route conviviale et explicite évite par exemple la monotonie, ainsi que des repères optiques qui ne sont pas parallèles à la route ou qui comportent des discontinuités. Elle doit également éviter d'attirer trop l'attention sur des éléments en bordure, au détriment du tracé de la route.

3. L'axiome de la logique : les routes doivent suivre la perception de la logique du conducteur

Le conducteur suit la route selon une logique d'attente et d'orientation, qu'il a acquise grâce à son expérience et ses perceptions récentes. Des anomalies inattendues perturbent la chaîne d'action qui répond majoritairement à des automatismes, ce qui peut mener le conducteur à hésiter. Il faut ensuite plusieurs secondes critiques avant que la perturbation puisse être traitée. Par conséquent, les planificateurs s'efforcent de maintenir une logique dans les caractéristiques de la route. Tout changement soudain, source de confusion, est exclu.

► PERSPECTIVES

Durant quatre années, le groupe de travail "Facteurs humains" du Comité technique AIPCR 3.1 Sécurité routière a travaillé à l'élaboration de ces recommandations. Les commissions d'accidents de la circulation peuvent les utiliser pour une nouvelle approche dans l'analyse des causes d'accidents ou pour des inspections de sécurité routière. Les constructeurs de route peuvent les utiliser pour la certification de leur plan d'audit de sécurité. Durant le prochain cycle de travail (2008-2011), l'objectif devrait consister à transformer ces connaissances en recommandations en matière de conception.

2. The Field of View Axiom: The road must offer a safe field of view

Motorised driving changes the field of view much more than any other movement. Monotonous or high-contrast periphery, optical misguidance and illusions affect the quality of driving. The field of view can either stabilise or destabilise the driver. It can tire or stimulate him. A user-friendly, self-explanatory road avoids for instance monotony, optical guiding lines, which are not parallel to the road edge or optical guiding lines with gaps. It also avoids dominant eye-catching objects despite the direction of the road.

3. The Logic Axiom: Roads have to follow driver's perception logic

The driver follows the road with expectation and orientation logic, which was formed by his experience and recent perceptions. Unexpected abnormalities disturb the mostly automated chain of actions, which may cause the driver to "stumble". Then several critical seconds pass, until the disturbance can be handled. Therefore, planners try to keep up the road characteristics accordingly. They begin by indicating inevitable changes as early and clearly as possible and try to minimise any sudden changes that may confuse the driver.

► PERSPECTIVES

Over four years the working group "Human Factors" of the PIARC Technical Committee 3.1 Road Safety has developed this guideline. Traffic accident commissions can use it as a new approach in assessment of accident causes or for Road Safety Inspections. Road constructors can use it to qualify their plans in Road Safety Audits. During the next working period it is the goal to transfer the knowledge from this guideline into design recommendations.



I N T R O D U C T I O N

► LE DILEMME DES DEUX MONDES DANS LES STRATÉGIES DE PRÉVENTION : L'APPROCHE PRÉACCIDENT ET POSTACCIDENT

Approche post-accident

La recherche accident traditionnelle joue un rôle important dans le développement de la construction routière. Traditionnellement, elle part des conséquences qui furent évaluées sur chaque lieu d'accident. Tout accident est considéré comme le point final où la voiture s'arrête, ou de la collision ou celui où le dégât se produit.

L'analyse du point noir dans ce cas démarre avec la recherche de données de police sur la corrélation entre les caractéristiques de l'accident et les caractéristiques « suspectes » de la route (par exemple adhérence, géométrie, ornière) ou les caractères « suspects » du conducteur tels que déficits de performance, ébriété, capacités, âge et autres. D'un côté cette méthode est confortable mais d'un autre côté elle est chargée de problèmes insolubles.

Le pourcentage élevé de feuilles de données incorrectes ainsi que de cas non rapportés et après toutes les explications tautologiques (« perte de contrôle ») rendent impossible de développer toute hypothèse testable pour l'examen des causes d'accident.

Cette analyse de point noir traditionnelle ouvre sur un examen sur les lieux pour trouver des contremesures efficaces. Mais jusqu'à maintenant il y a un manque de contenu spécifié pour l'inspection et pas de procédure validée prenant en compte l'arrièreplan des fautes de conduite. Il est parfois évident que la route devrait être reconstruite. Mais très souvent l'analyse se termine sans donner d'idée sur quoi faire. Ainsi les recommandations tentent de minimiser les conséquences de l'accident avec la mise en place par exemple de barrières de sécurité, de signaux d'avertissement supplémentaires, de limitations de vitesse ou – très souvent – de feux de circulation.

Cette approche est comparable à un hôte qui a un escalier avec différentes hauteurs de marches. Les invités trébuchent, encore et toujours, se fracturent la jambe ou les côtes. Notre hôte veut donc améliorer la situation : il marque tous les points fins de collision, analyse leur localisation et les conséquences. Finalement, il décide de mettre des coussins sur les points fins (les marches) et sur la rampe.

L'approche postaccident pousse à un tas de changements dans la minimisation des conséquences d'accidents. Ces changements ont contribué à la réduction

I N T R O D U C T I O N

► THE TWO-WORLD DILEMMA IN PREVENTION STRATEGIES: THE PRE- AND POST-ACCIDENT APPROACH

Post-Accident Approach

Traditional accident research plays an important role in the development of road construction. Traditionally, it starts from the consequences which were assessed at each location of an accident. Any accident is considered to be the location of the final point where the car comes to a halt or where the collision or the damage occurs.

Blackspot analysis in this case starts with searching police data for correlations between accident features and “suspicious” road features (e.g. grip, geometry, wheel rut) or the contributory characteristics of the driver, such as performance deficits, drunkenness, abilities, age and others. This method is convenient however it is saddled with insoluble problems.

The high percentage of incorrect data sheets and unreported cases, as well as the abundance of tautological explanations (“loss of control”), makes it impossible to develop any testable hypothesis for investigating the causes of accidents.

Traditional blackspot analysis evolves into an “on-the-spot” investigation to find effective countermeasures. Until now however, there has been a lack of specified inspection features and no validated procedures that take into consideration the background of driving errors. Sometimes it is obvious that the road should be reconstructed. Very often the analysis ends without reaching any conclusions as to what can be done. So the recommendations try to minimise the consequences of the accident, for example through the use of crash barriers, additional warning signs, speed limits or very often, traffic lights.

This approach is comparable to a host whose house has stairs with steps of differing heights. Again and again, his guests stumble and as a result bruise, strain or fracture their legs or ribs. So the host wants to improve the situation: he marks all final points of collisions, analyses their locations and the consequences. Finally, he decides to cushion the final points (steps) and the handrail with crash cushions.

The post-accident approach drives many changes in terms of minimising the consequences of accidents. These changes have contributed to fewer seriously



des blessés graves ou des dégâts, mais quand les déclencheurs d'accident sont pour la plupart inconnus, une prévention d'accident efficace est impossible.

Approche préaccident

Par contraste, le concept Facteur Humain prend en compte les déclencheurs de ces réactions et les schémas de comportement d'un conducteur qui peuvent conduire à un accident.

Avec le transfert du concept Facteur Humain aux accidents de circulation, l'expert en sécurité routière interroge les raisons qui amènent une erreur d'opération du conducteur, laquelle conduit finalement à un accident. Ce mode de considération n'est pas nouveau en conception routière. Déjà dans les années 1930 des idées de base du concept Facteur Humain ont été incluses dans la conception des routes principales et autoroutes¹.

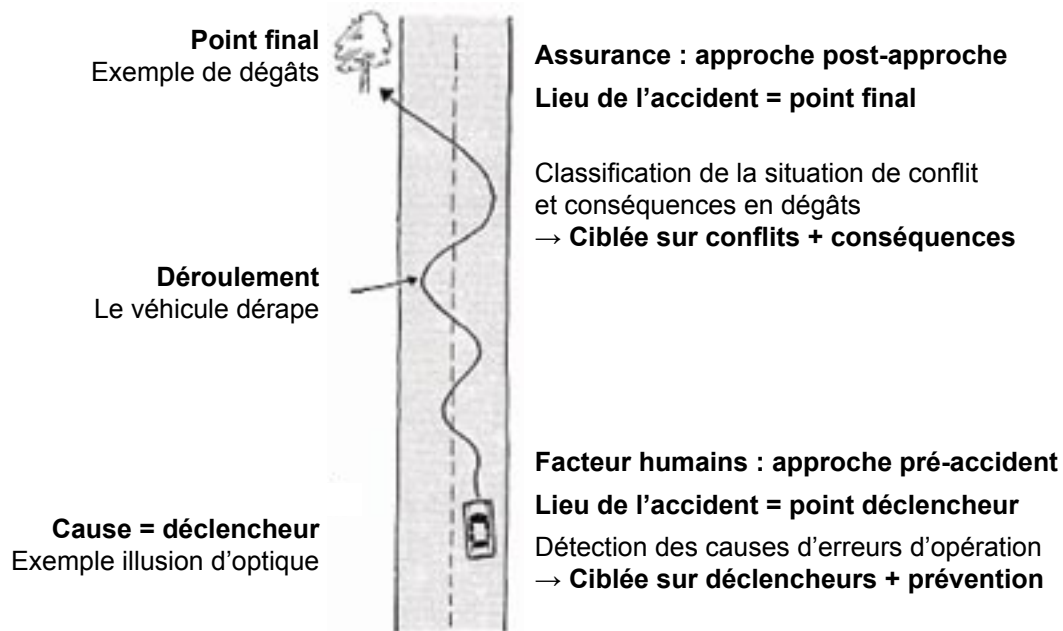


Figure 1 : Approche post et pré-accident [15]

¹ L'origine de la recherche Facteur Humain renvoie au développement des parties de contrôle et d'exploitation, et de leurs outils, en technique des armements. Elle fut appliquée alors à l'industrie aéronavale et au développement des centrales nucléaires. Mais c'est seulement maintenant qu'elle est méthodiquement prise en compte dans la conception et la construction routière. Le projeteur d'autoroute Alwin Seiffert (1934) est considéré comme le pionnier dans ce domaine.

injured persons and fewer damages. However the triggers of accidents are largely unknown, without this knowledge, effective accident prevention is impossible.

Pre-Accident Approach

By contrast, the human factors concept takes into consideration the triggers of the driver's reactions and patterns of behaviour, which may result in an accident.

In the application of the human factors concept to traffic accidents, the road safety expert asks for the reasons that led to a driver's operational error, which finally resulted in an accident. This approach is not very new in road construction. In the 1930s, basic ideas from the human factors concept were taken into account in designing major roads and highways¹.

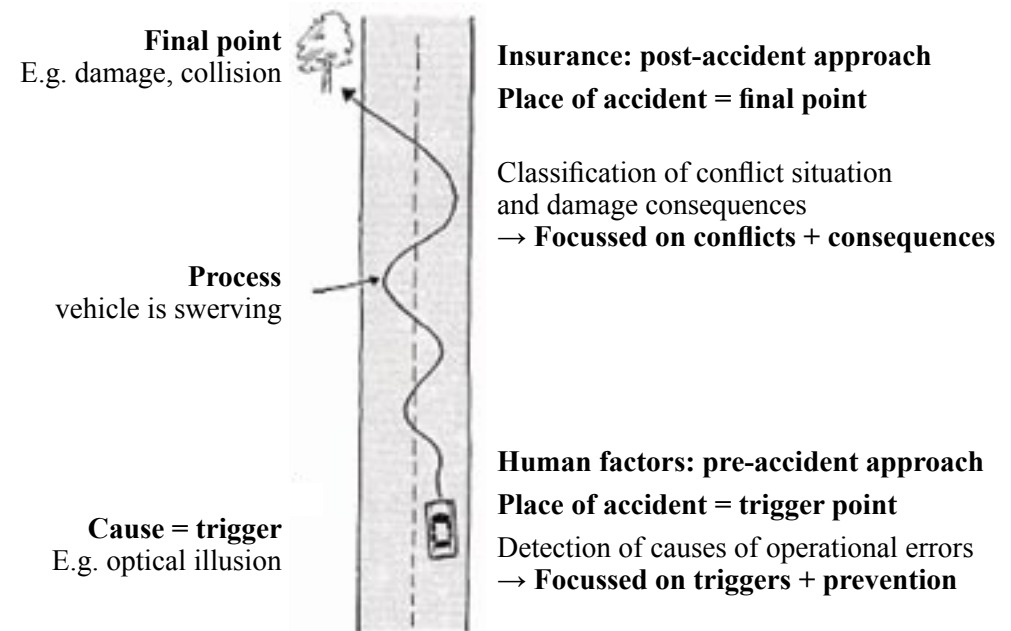


Figure 1: Post-Accident and Pre-Accident approach [15]

¹ The origin of human factors research goes back to the development of controlling and operating parts/devices in weapon technology. Then it was applied to the air-craft industry and to the development of nuclear power plants. But only now it is beginning to be applied systematically in road design and construction. The highway planner Alwin Seiffert (1934) is considered to be the pioneer in this field.



Le concept Facteur Humain considère l'erreur d'opération du conducteur comme le 1er pas dans une chaîne d'événements qui peut conduire à un accident. Beaucoup d'erreurs d'opération souvent observées résultent de l'interaction directe entre les caractéristiques de la route et de la réaction du conducteur. Les caractéristiques de la route règlent le comportement des conducteurs. Comme les caractéristiques de la réaction du conducteur ne peuvent pas être changées, l'attention devrait se focaliser sur les caractéristiques de la route. Cette déduction rend possible et obligatoire de prendre en compte les lois de perception du conducteur, le processus d'information et la régulation de l'action lorsque les routes sont conçues et construites.

C'est le but du concept Facteur Humain de réduire la probabilité des erreurs d'opération et finalement de réduire la probabilité d'erreurs de conduite par une conception de la route orientée vers l'utilisateur et auto-explicatif. Cela signifie que la route doit être construite clairement de cette façon, que les points dangereux doivent avoir une configuration compréhensible, perceptible et reconnaissable. L'utilisateur ne devrait ni être trompé ni invité à prendre des risques. Un tel dessin de route orienté vers l'utilisateur et auto-explicatif laisse attendre directement une diminution de la fréquence d'accidents.

Bien sûr le concept Facteur Humain ne peut influencer l'étendue des dégâts de l'accident car ceux-ci dépendent de beaucoup d'autres facteurs aléatoires (état technique du véhicule, conditions météo, expérience du conducteur, interaction voiture-route, etc.).

Des mesures passives de sécurité traditionnelles amènent à la réalisation de « routes qui pardonnent la faute ». La conception d'une « route qui pardonne » implique d'un côté des mesures d'avertissement à l'avance pour le conducteur par des caractéristiques de la route (par exemple des bandes sonores). D'un autre côté, il donne au conducteur assez de temps et/ou d'espace pour corriger des erreurs de conduite.

► TERMINOLOGIE

Le concept Facteur Humain utilise certains mots et termes qui ne sont pas normalement utilisés dans le domaine de l'analyse des accidents de la route ou de la recherche.

Une erreur d'opération est la première action, non intentionnelle, dans une chaîne d'actions qui peut conduire à une erreur de conduite. Elle est causée par le manque d'information ou la mauvaise interprétation de l'information dans l'interaction entre le conducteur et la route. Dans la plupart des cas elle peut être corrigée spontanément.

The human factors concept considers the driver's operational error as the first step in a chain of events that may proceed to an accident. Many of the often-observed operational errors result from the direct interaction between the road and the driver's reaction characteristics. Road features determine driver behaviour. Since the driver's reaction characteristics cannot be changed, attention should be focused on the road characteristics. This deduction makes it possible and obligatory to take into consideration the laws of drivers' perception, information processing and action regulating when roads are designed and constructed.

It is the aim of the human factors concept to reduce the probability of operational errors and ultimately to reduce the probability of driving errors by a user-friendly and self-explanatory road design. This means that the road has to be constructed accordingly, such that dangerous points are to be designed so as to be understood, perceptible and recognisable. The road user should be neither confused nor invited to take risks. Such a user-friendly, self-explanatory road design should directly result in a decrease in the frequency of accidents.

Of course, the human factors concept cannot influence the extent of accident damages, because they depend on many other variable factors (technical condition of the vehicle, weather, experience of the driver, car/road interaction, etc.).

Traditional passive safety measures result in the achievement of "failure-forgiving roads". The design of a "failure-forgiving road" implies on the one hand advanced hazard warnings for the driver in the form of road features (for instance, rumble stripes). On the other hand, it gives the driver enough time and/or space to correct driving errors.

► TERMINOLOGY

The human factors concept uses certain words and terms that are not normally used in the field of road accident analyses or research.

An operational error is the initial, yet unintended action within a chain of actions, which may result in a driving error. It is caused by a lack of information or a misinterpretation of information in the interaction between a driver and the road. In most cases, it can be corrected instinctively.



Des erreurs d'opération ne sont pas observables dans la plupart des cas. Elles peuvent seulement être détectées par des instruments de mesure spéciaux (petites déviations de fréquence cardiaque, clignements de paupière, transpiration des doigts, braquage ou freinage).

Une erreur d'opération sans correction peut devenir une erreur de conduite. Souvent le conducteur est capable de corriger l'erreur de conduite. Sinon, elle pourrait causer un accident. Généralement l'erreur de conduite est le résultat possible d'une erreur d'opération : le conducteur a amené le véhicule dans une position indésirable. Il est peut-être capable de corriger cette erreur de conduite avec le volant, la vitesse ou le freinage. Ainsi l'erreur de conduite peut rester sans conséquence ou causer un accident.

Des erreurs de conduite sont apparentes avec des rayures sur la route, sur les accotements durs (conduite, restes de phares/pare-chocs et autres pièces de voitures), sur les barrières de sécurité ou autres équipements (dégâts, traces de peinture ou de boue).

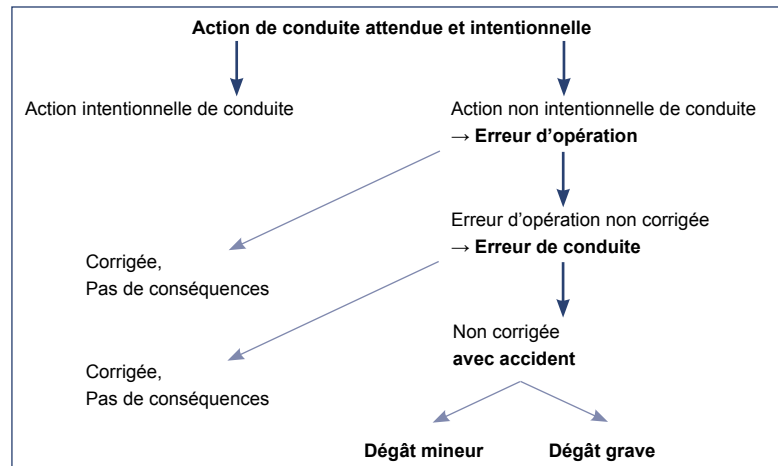


Figure 2: Le contexte : erreur d'opération - erreur de conduite – accident [15]

► DÉFINITION DES FACTEURS HUMAINS

Que signifie « Facteur Humain ? »

Depuis 1930 environ, le Facteur Humain a été un terme professionnel. Il est défini comme la contribution de la nature humaine au développement d'une dysfonction

Operational errors are not observable in most cases. They can only be detected by special measuring instruments (small deviations in heart rate, blinks of the eyelids, perspiration of fingertips, steering or braking).

An operational error, left unchecked, can become a driving error. Often the driver is able to correct the driving error. If not corrected, it could cause an accident. Generally, the driving error is the possible result of an operational error. The driver has brought the vehicle to an undesirable position. The driver may be able to correct this driving error by steering, speeding up or braking. Thus, the driving error can stay without consequences, or it can cause an accident.

Driving errors are noticeable by skid marks on the road, on the hard shoulders (driving, remains of mirrors/bumpers and other pieces of a car), on crash barriers or other road equipment (damage, traces of colour or mud).

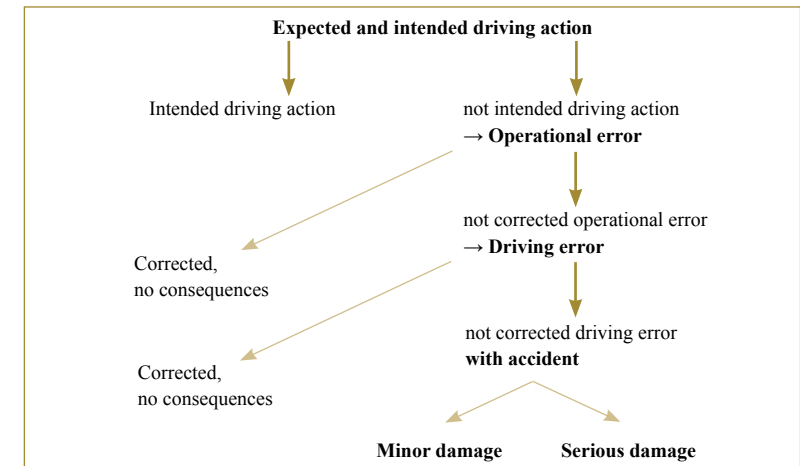


Figure 2: The context of operational error – driving error – accident [15]

► DEFINITION OF HUMAN FACTORS

What does “human factors” mean?

The term human factors has been in professional use since 1930. It is defined as the contribution of human nature in the development of a technical dysfunction or



technique ou d'une faillite dans le maniement des machines et des véhicules. Le Facteur Humain n'est pas un comportement humain ou une performance humaine. Le terme est abrégé en « FH ».

Facteurs Humains : Contributions humaines aux évènements sinistrants

- Contributions de type psychologique/physiologique
- Exclusion des conditions mentales/physiques temporaires (intoxication, effondrement circulatoire, attaque cardiaque, alcool)
- Objectif : identification de la contribution humaine à l'accident/déroulement du sinistre

Quelles sont les proportions entre erreurs d'opération, erreurs de conduite et accidents ?

Les erreurs d'opération et de conduite sont appelées « incidents » et s'élèvent à environ 96 % de toutes les infractions de trafic pertinentes. Seulement 4 % d'entre-elles conduisent à des accidents. C'est pourquoi une prévention accident efficace considère les déclencheurs d'incidents et d'accidents. Le croquis suivant montre la proportion d'incidents et d'accidents (données basées sur une estimation plausible) :

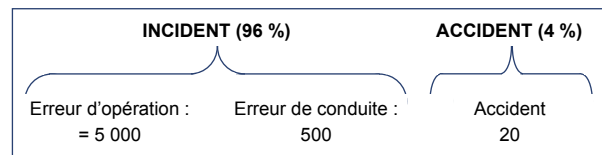


Figure 3 : Proportions entre erreurs d'opération, erreurs de conduite et accidents [15]

Comment le concept Facteur Humain est-il utilisé en pratique ?

La recherche sur les accidents de circulation utilise le concept Facteur Humain pour identifier les caractéristiques de la route qui déclenchent des accidents. S'ils sont éliminés, la probabilité d'accidents sera réduite.

Bien plus, le concept Facteur Humain permet de compléter les audits de sécurité routière (RSA : Road Safety Audits) et les inspections de sécurité routière (RSI : Road Safety Inspection) avec une estimation Facteur Humain spéciale. Les caractéristiques de la route projetée ou réalisée peuvent être comparées avec les besoins de Facteur Humain pour une conception de route auto explicative.

failure in handling machines and vehicles. The term human factors does not mean human behaviours or human performances. The term is abbreviated to “HF”.

Human Factors: Human contributions to damaging events

- Contributions of psychological/physiological kind
- Exclusion of temporary mental/physical conditions (intoxication, circulatory collapse, heart attack, alcohol)
- Objective: identification of human contribution in the accident/damage process

What are the proportions between operational errors, driving errors and accidents?

The operational and driving errors are called “incidents” and amount to about 96% of all relevant traffic offences. Only 4% of them lead to accidents. That's why effective accident prevention considers the triggers of incidents and accidents. The following sketch shows the proportion of incidents and accidents (data based on plausible estimation):

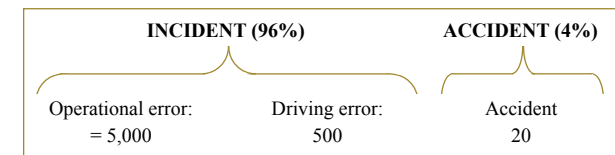


Figure 3: Proportions between operational error – driving error – accidents [15]

How is the human factors concept used in practice?

Traffic accident research uses the human factors concept to identify road features that trigger accidents. If these are eliminated, the probability of accidents will be reduced.

Furthermore, the human factors concept allows completing Road Safety Audits and Road Safety Inspections with a special Human Factors Assessment. The planned or realised road features can be compared with the human factors demands for self-explanatory road design.



Le concept Facteur Humain rend-il d'autres mesures de sécurité de la circulation inutiles ?

Même une conception technique appropriée et intransigeante de la route en accord avec les besoins Facteur Humain ne peut remplacer l'éducation à la sécurité routière et la contrainte. Du reste, celles-ci ne peuvent pas non plus compenser les risques de déclencheurs d'incidents et d'accidents liés au projet et/ou à la construction.

Le concept Facteur Humain rend-il inutile l'analyse d'accidents dans l'approche post-accident ?

Dans l'approche post-accident, les déclencheurs et le déroulement d'un accident ne sont souvent pas examinés. C'est pourquoi l'analyse Facteur Humain est un complément nécessaire. De plus, des raisons de limitations de vitesse, d'interdiction de dépasser et de mesures similaires peuvent être déduites largement par le concept Facteur Humain.

► TESTEZ VOTRE COMPRÉHENSION DU FACTEUR HUMAIN

Lesquelles des questions suivantes font partie du Facteur Humain ? Pointez parmi les 12 sujets psychologiques et/ou physiologiques lesquels déclenchent une erreur d'opération et peuvent conduire à un accident :

- | | | |
|-----|--|-----------------------|
| 1. | niveau d'alcool > norme légale | <input type="radio"/> |
| 2. | négligence d'un feu rouge | <input type="radio"/> |
| 3. | sous-estimation d'un virage | <input type="radio"/> |
| 4. | lâcher le volant | <input type="radio"/> |
| 5. | crise cardiaque | <input type="radio"/> |
| 6. | insecte irritant dans le véhicule | <input type="radio"/> |
| 7. | surestimation de la largeur de la route | <input type="radio"/> |
| 8. | sous-estimation de la distance | <input type="radio"/> |
| 9. | surpris par un virage | <input type="radio"/> |
| 10. | manœuvre de dépassement risquée | <input type="radio"/> |
| 11. | négligence d'un signal de laisser le passage | <input type="radio"/> |
| 12. | estimation erronée du tracé de la route | <input type="radio"/> |

Solution: 2, 3, 7, 8, 9, 11 et 12

Does the human factors concept make other traffic safety measures superfluous?

Even a proper technical and uncompromising road design in accordance to the Human Factors demands cannot replace road safety education and enforcement. However, these also cannot compensate for the risks of planning and/or construction-related triggers for incidents and accidents.

Does the human factors concept obviate the need for analysis of accidents in the post-accident approach?

In the post-accident-approach, the triggers and the process of an accident are often not checked. That's why the human factors analysis is a necessary complement. In addition, reasons for speed limits, for instating bans and similar measures can be deduced comprehensibly by the human factors concept.

► TEST YOUR UNDERSTANDING OF HUMAN FACTORS

Which of the following issues are parts of human factors? Please check the 12 psychological and/or physiological items that trigger an operational error and may result in an accident:

- | | | |
|-----|-------------------------------------|-----------------------|
| 1. | Alcohol level > legal norm | <input type="radio"/> |
| 2. | Overlooking of a red traffic light | <input type="radio"/> |
| 3. | Underestimation of a road bend | <input type="radio"/> |
| 4. | Loss of steering control | <input type="radio"/> |
| 5. | Heart attack | <input type="radio"/> |
| 6. | Irritating insect in the vehicle | <input type="radio"/> |
| 7. | Overestimation of road width | <input type="radio"/> |
| 8. | Underestimation of distance | <input type="radio"/> |
| 9. | Surprised by road bend | <input type="radio"/> |
| 10. | Risky overtaking manoeuvre | <input type="radio"/> |
| 11. | Overlooking of a yield sign | <input type="radio"/> |
| 12. | Wrong estimation of the road course | <input type="radio"/> |

Answer: 2, 3, 7, 8, 9, 11 and 12



I. PREMIÈRE CLASSE D'ERREURS FACTEUR HUMAIN - L'AXIOME 6 SECONDES

► I.1. EXIGENCE ROUTIÈRE FACTEUR HUMAIN NO.1 « LA ROUTE DEVRAIT DONNER AU CONDUCTEUR ASSEZ DE TEMPS DE RÉACTION »

Nous sommes tous des usagers de la route et conduire une voiture est devenu une activité pour chacun. La vie d'aujourd'hui n'exclut presque personne de la participation au trafic routier motorisé. Des conducteurs totalement adaptés partagent la route avec des débutants, des personnes ayant des déficiences physiques et/ou mentales à la concentration affaiblie, aux réactions lentes, fatiguées ou surexcitées. Ainsi dans le trafic routier on rencontre le spectre entier des capacités à tous niveaux.

Il est simplement faux que, parmi tous les gens, les conducteurs de voiture devraient être capables et sont volontaires pour faire appel à une puissance, une attention et une force physique continuellement en augmentation. Mais ce ne sont pas des gens exceptionnels. Ils ont des capacités limitées pour agir et réagir. L'adaptation d'une situation de trafic à la suivante ou l'ajustement à de nouvelles exigences prend plus de temps qu'on aurait pu le croire dans le passé.

Au lieu de fractions de seconde (« temps stimulus-réaction simple »), il faut, au conducteur moyen, au moins 4 à 6 secondes pour s'adapter à une nouvelle exigence de conduite (« Temps perception-décision-action », Cohen/Zwahlen 1998, Otten&Schroff 1988).

A une vitesse de 100 km/h, il parcourt plus de 300 m durant ce temps (en tenant compte du temps de freinage). Une route orientée vers l'utilisateur donnera au conducteur le temps nécessaire d'adaptation. Elle lui donnera le temps dont il a besoin pour réorganiser son régime de conduite de façon sûre (*figure 4, page suivante*).

► I.2. CONCLUSION PRATIQUE

Il faut au conducteur moyen 4 à 6 secondes pour adapter complètement son régime de conduite à une nouvelle exigence. À 100 km/h, cela donne une distance pouvant atteindre 300 m. C'est la longueur minimale de la zone de transition.

I. FIRST CLASS OF HF MISTAKES – THE 6-SECOND AXIOM

► I.1 THE ROAD REQUIREMENT NO.1: THE ROAD SHOULD GIVE THE DRIVER ENOUGH REACTION TIME

We are all road users and driving a car has become an activity that includes nearly everybody. Modern life excludes almost nobody from participating in motor-operated road traffic. Completely fit drivers share the road, with persons who are physically and/or mentally impaired, distracted, or who lack concentration, are slow-reacting, tired or overexcited. Road traffic is the meeting place of the entire spectrum of abilities and capabilities on all levels.

It is a singularly false assumption that car drivers, of all people, should be able and willing to summon continuously increasing power, attention and physical strength. They are not exceptional people. They have limited capabilities to act and react. The time it takes to adapt from one traffic situation to the next, or the time to adjust for new requirements, takes much longer than expected.

Instead of fractions of a second (“simple stimulus–reaction time”), it takes the average driver at least 4 to 6 seconds to adapt to a new driving requirement (“perception–decision time”, [1], [2]).

When driving at a speed of 100 km/h, the driver covers a distance of up to 300 m during this time (taking account of the braking time). A user-friendly road will give the driver the necessary time to adapt. It will give the driver the time they need to safely reorganise their driving programme. (*figure 4, next page*).

► I.2 CONCLUSION FOR PRACTICAL WORK

It takes the average driver 4–6 seconds to adapt their driving programme completely to a new requirement. At a speed of 100 km/h, this results in a distance of up to 300 m. This is the minimal distance of the transitional area.

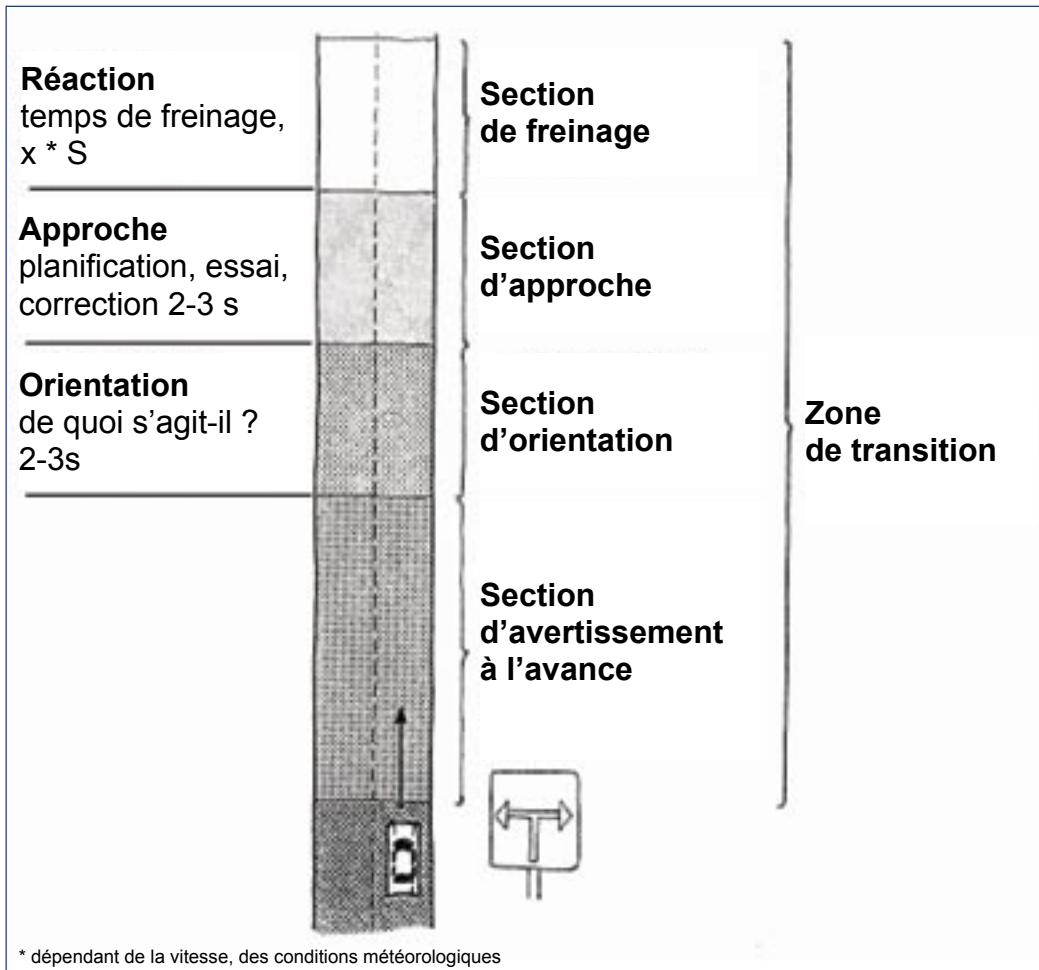


Figure 4 : Axiome 6 Secondes [15]

Exemple: arrêt à une jonction : $V_{admissible} = 100 \text{ km/h}$

Longueur de la section d'orientation :	2-3 s x 18 m/s	=	55 – 110 m
+ Longueur de la section d'approche :	2-3 s x 18 m/s	=	55 – 110 m
+ Longueur de la section de freinage :	de 100 km/h à 0 km/h	=	115 m
= Longueur de la zone de transition		=	225 – 335 m

Le conducteur change le régime de conduite en 3 phases logiques bien distinctes et consécutives.

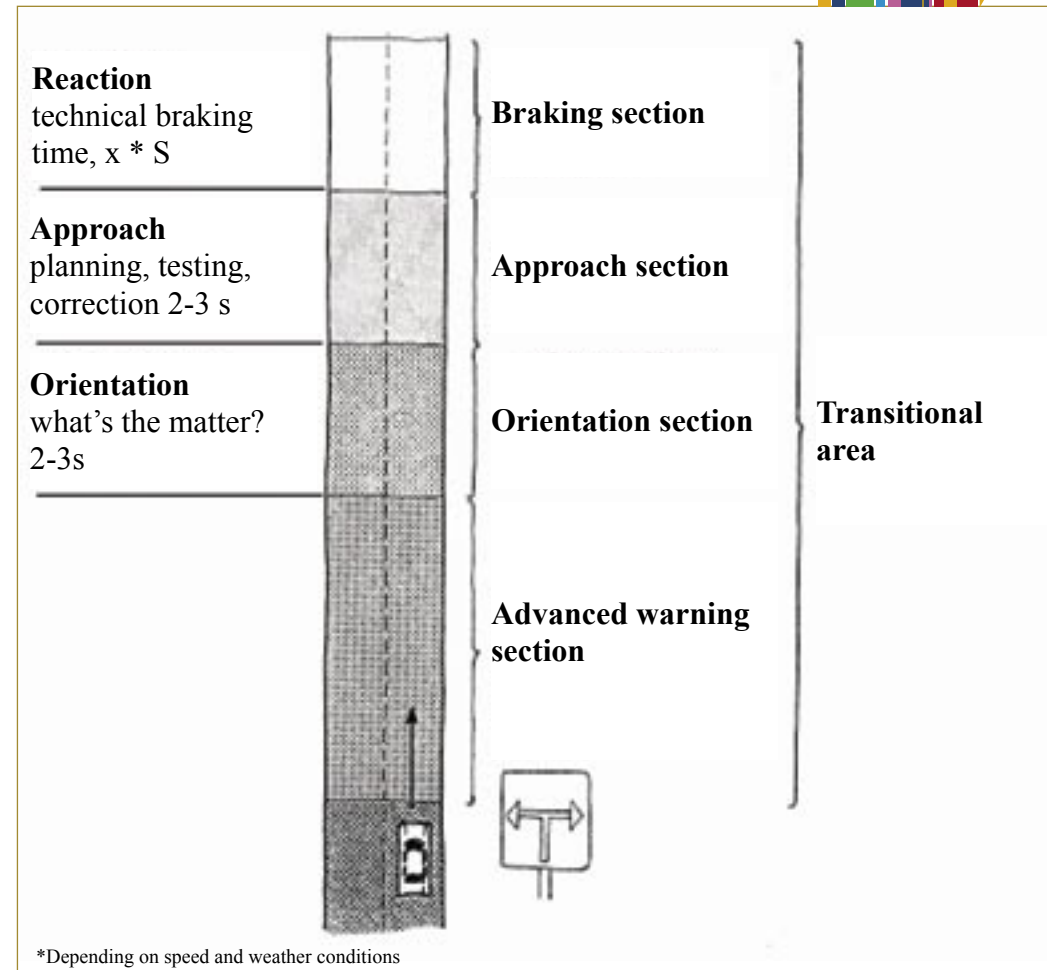


Figure 4: 6-Second Axiom [15]

Exemple: stop at a junction: $v_{approach} = 100 \text{ km/h}$

Distance of orientation section:	2-3 s x 28 m/s	=	55 – 85 m
+ Distance of approach section:	2-3 s x 28 m/s	=	55 – 85 m
+ Distance of braking section at a deceleration	from 100 km/h to 0 km/h	=	115 m
= Distance of the transitional area		=	225-285 m

The driver changes the driving programme in three easily distinguishable, consecutive logical phases.



1. Orientation

- Identification du point critique. Le point critique est toute exigence à adapter le programme de conduite.

2. Approche

- Identification du type précis de changement (coup de volant, freinage, accélération).
- Décision pour le régime de conduite approprié.
- Départ du nouveau régime de conduite (« changement »).
- Vérification, essai et correction de l'effet du freinage, de l'accélération et du coup de volant.

3. Réaction technique

- Temps de freinage technique (il dépend de l'état technique de la voiture, des conditions météo et de l'interaction voiture-route). Comme le processus peut prendre jusqu'à 6 secondes, le changement nécessaire du programme de conduite doit déjà être annoncé 300 m avant le point critique.

Points critiques fréquents exigeant une adaptation du programme de conduite :

- Toute sorte de jonction/ intersection ou carrefours avec/sans feux (chemin de fer, vélos, piétons)
- Accès depuis des voies privées/des parkings/des pistes fermières à des routes principales
- Virages
- Zone d'entretien, travaux routiers/bouchons
- Arrêt de bus/tram
- Entrées /Sorties d'autoroutes
- Changements d'une route ayant une seule fonction à une route remplissant plusieurs fonctions



Figure 5 : Jonction, perceptible seulement 100 m avant : freinage inattendu et vitesse trop élevée à ce point causent des accidents [16]

1. Orientation

- Identification of the critical point. The critical point is any requirement to adapt the driving programme.

2. Approach

- Identification of the precise type of change (steering, braking, acceleration)
- Decision for the appropriate driving programme
- Start of the new driving programme (“change”)
- Checking, testing and correction of the effect of braking, acceleration and steering

3. Technical reaction

- Technical braking time (it depends on the technical conditions of the car, weather and interaction between car and road). Since the process may take up to 6 seconds, the necessary change in the driving programme has to be announced already 300 m ahead of the critical point.

Frequent critical points requiring an adaptation of the driving programme are:

- Every forms of junction or crossing, e.g. crossings with/ without traffic lights (railway, bicycles, pedestrians)
- Access from private streets/ parking places/farm tracks into main roads
- Road bends
- Points of maintenance, road works/bottlenecks
- Bus/tram stops
- Motorway entrances/exits
- Entrances to towns/villages
- Changes from a mono-functional road to a road with several mixed functions.



Figure 5: Junction, perceptible only at 100 m distance: the minor road seems to be the main road, unexpected braking and high speed at this point cause rear end and sideswipe collisions [16]



Tableau 1 : Distances approximatives de freinage * en amont des jonctions / virages [18]

Vitesse initiale v_1 (km/h)	Vitesse finale* v_2 (km/h)	Distance totale de freinage* s_b (m)	Temps total de freinage* t_b (sec)
100 km/h	90 km/h	30 m	1,5 s
	80 km/h	55 m	2,5 s
	70 km/h	70 m	3,0 s
	60 km/h	85 m	4,0 s
	50 km/h	95 m	4,5 s
	40 km/h	105 m	5,5 s
	0 km/h	115 m	7,5 s
80 km/h	70 km/h	20 m	1,0 s
	60 km/h	35 m	2,0 s
	50 km/h	45 m	2,5 s
	40 km/h	55 m	3,5 s
	0 km/h	65 m	5,5 s
70 km/h	60 km/h	15 m	1,0 s
	50 km/h	25 m	1,5 s
	40 km/h	35 m	2,5 s
	0 km/h	45 m	4,5 s
60 km/h	50 km/h	15 m	1,0 s
	40 km/h	20 m	1,5 s
	30 km/h	25 m	2,0 s
	0 km/h	35 m	3,5 s

* Conditions : gradient longitudinal 0%, chaussée humide, corrélation non-linéaire avec la décélération, considération de la résistance au vent

Tableau 2 : Longueur de section d'orientation et d'approche (arrondie) [18]

Vitesse	Temps et distances de conduite en corrélation avec la vitesse				
	2 s	3 s	4 s	5 s	6 s
50 km/h (ca. 14 m/s)	28 m	42 m	56 m	70 m	84 m
60 km/h (ca. 17 m/s)	34 m	51 m	68 m	85 m	102 m
70 km/h (ca. 20 m/s)	40 m	60 m	80 m	100 m	120 m
80 km/h (ca. 22 m/s)	45 m	65 m	90 m	110 m	130 m
90 km/h (ca. 25 m/s)	50 m	75 m	100 m	125 m	150 m
100 km/h (ca. 28 m/s)	55 m	85 m	110 m	140 m	170 m

Table 1: Approximated braking distances* ahead of crossings / road bends [18]

Initial speed v_1 (km/h)	Final speed* v_2 (km/h)	Total braking distance* s_b (m)	Total braking time* t_b (sec)
100 km/h	90 km/h	30 m	1,5 s
	80 km/h	55 m	2,5 s
	70 km/h	70 m	3,0 s
	60 km/h	85 m	4,0 s
	50 km/h	95 m	4,5 s
	40 km/h	105 m	5,5 s
	0 km/h	115 m	7,5 s
80 km/h	70 km/h	20 m	1,0 s
	60 km/h	35 m	2,0 s
	50 km/h	45 m	2,5 s
	40 km/h	55 m	3,5 s
	0 km/h	65 m	5,5 s
70 km/h	60 km/h	15 m	1,0 s
	50 km/h	25 m	1,5 s
	40 km/h	35 m	2,5 s
	0 km/h	45 m	4,5 s
60 km/h	50 km/h	15 m	1,0 s
	40 km/h	20 m	1,5 s
	30 km/h	25 m	2,0 s
	0 km/h	35 m	3,5 s

* Conditions: longitudinal gradient 0%, wet lane, non-linear correlation to deceleration, consideration of wind resistance

Table 2: Distance of orientation and approaching section (rounded) [18]

Speed	Driving time and driving distances in correlation to speed				
	2 s	3 s	4 s	5 s	6 s
50 km/h (ca. 14 m/s)	28 m	42 m	56 m	70 m	84 m
60 km/h (ca. 17 m/s)	34 m	51 m	68 m	85 m	102 m
70 km/h (ca. 20 m/s)	40 m	60 m	80 m	100 m	120 m
80 km/h (ca. 22 m/s)	45 m	65 m	90 m	110 m	130 m
90 km/h (ca. 25 m/s)	50 m	75 m	100 m	125 m	150 m
100 km/h (ca. 28 m/s)	55 m	85 m	110 m	140 m	170 m

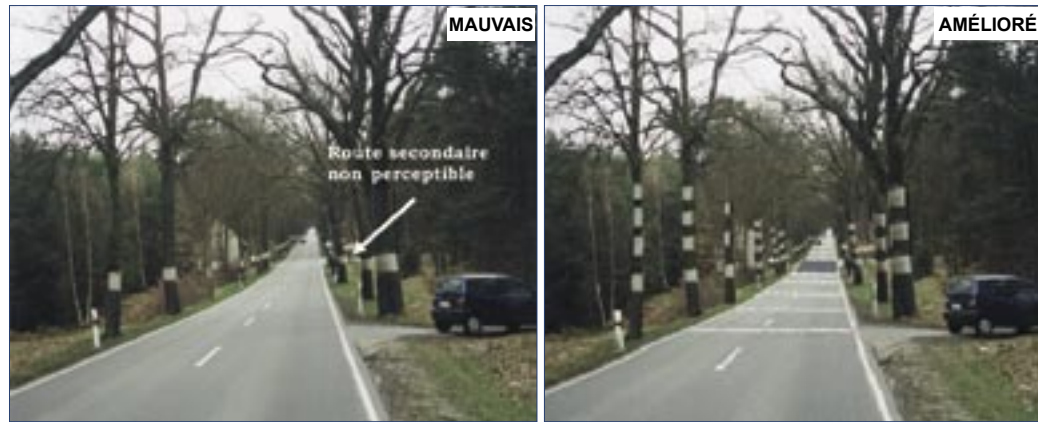


Figure 6 : Route secondaire non perceptible assez tôt : freinage inattendu et vitesse trop élevée en ce point causent des accidents [21]

Figure 7 : Situation améliorée [21]



Figure 6: Minor road not visible early enough: unexpected braking and high speed at this point cause rear end collisions [21]

Figure 7: Improved situation [21]



Figure 8 : Le tracé du virage n'est pas perceptible car la courbe intérieure est cachée : freinage inattendu, coups de volant et vitesse trop élevée causent des accidents [23]

C'est pourquoi des zones de transition avant les jonctions, les carrefours, l'accès de voies privées, les virages ou les points d'entretien devraient être systématiquement contrôlés, avec les critères suivants qui, de façon raisonnable et fiable, décrivent des déficiences les plus fréquentes dans l'Axiome 6 secondes :

1. Modération inadéquate de la zone de transition (voir [figure 4, page 30](#)) :

- pas d'avertissement à l'avance et pas de section d'orientation,
- pas de section d'approche,
- pas de section de freinage ;



Figure 8: Course of the bend is not perceptible because inside bend is obscured: unexpected braking, steering manoeuvres and high speed cause drive off the road [23]

Transitional areas before crossings, access from private streets, road bends or points of maintenance should be checked systematically for the following criteria, which reasonably and reliably describe the most frequent shortcomings in the 6-Second Axiom:

1. Inadequate design of the transitional area: (see [figure 4, page 31](#))

- No advanced warning and no orientation section;
- No approach section;
- No braking section.



2. Perception et visibilité inadéquates :

- points critiques non perceptibles (cachés par des plantations, des immeubles, des signaux),
- points critiques non évidents et non visibles (jonctions, allées, virages),
- virages non visibles (on ne peut pas voir l'accotement caché derrière une bosse, courbe intérieure non visible),
- route secondaire : pas de visibilité sur le point critique dans les jonctions (trafic prioritaire visible au moins 6 à 10 secondes avant le point critique, non sur une bosse/un point éloigné peu visible/en virage),
- route secondaire : la priorité doit être claire (route secondaire plus étroite que la route principale, surface de la route secondaire de qualité moins élevée que celle de la route principale, surface de celle-ci non interrompue).



Figure 9 : intersection non visible 125 m avant : freinage inattendu et vitesse trop élevée causent des collisions par l'arrière [16]

► I.3. MESURES

Autant que possible, le changement nécessaire du comportement de conduite devrait être annoncé par une perception claire du point critique, peut-être réalisable par des mesures de conception. Cependant, cette possibilité est souvent limitée par les contraintes de la zone d'alentour ou de budget. Dans de tels cas, on doit appliquer des mesures correctives. Seulement si c'est impossible alors des mesures d'avertissement doivent être installées. Il existe ainsi des priorités claires :

2. Inadequate perception and visibility:

- Critical points not perceptible (obscured by plants, buildings, signs);
- Critical points not obvious and not visible (crossings, driveways, bends);
- Bends not visible (cannot see the shoulder, bend behind a rise, non visible inside bend);
- Minor road: no visibility over the critical point in crossings (priority traffic visible at least 6–10 sec ahead, critical point not on a rise / in a far visible dip / in a bend);
- Minor road: no unmistakable right of way (minor road not narrower than main road, surface of main road has not a higher grade than that of minor road, surface of minor road is optical unbroken).



Figure 9: Intersection not visible 125 m ahead: unexpected braking and high speed cause rear end collisions [16]

► I.3 MEASURES

As far as possible, the necessary change in driving behaviour should be announced in such way as to make the critical point clearly perceptible, perhaps achievable with design measures. However, this possibility is often limited by the conditions of the surrounding or by budgetary constraints. In such cases, corrective measures must be applied. Only if this is also impossible, then warning measures should be installed. Thus clear priorities exist:



1. Eliminer ! (mesures de conception)

Assurer la perception et la visibilité du point critique par un tracé et une conception de la route, qui permettent une vue complète sur le point critique.

ou quand c'est impossible :



2. Reduire ! (mesures correctives)

Annoncer le point critique par des mesures spéciales qui attirent l'attention du conducteur et le mène automatiquement au point critique.

ou quand c'est impossible :



3. Minimiser ! (mesures d'avertissement)

Des avis convenables de comportement sont fournis avant le point critique en installant de la signalisation.

Retirer des obstacles visuels comme bosses, virages, plantations et immeubles avant les points critiques. Si c'est utile construire des îlots médians.



Utiliser des avertissements spéciaux visuels sur la surface des routes comme plages colorées, signaux changement de revêtement marquages spéciaux.



Installer des limites de vitesse de l'interdiction de dépasser, dresser des signes d'avertissement.

L'Axiome 6 secondes est fondamental pour la sécurité routière car il offre aux conducteurs assez de temps pour adapter leur comportement. Celui-ci peut aussi être affecté par d'autres caractéristiques importantes de la route, notamment l'environnement et le champ de vision.

II. DEUXIÈME CLASSE D'ERREURS FACTEUR HUMAIN – L'AXIOME CHAMP DE VISION

II.1. EXIGENCE FACTEUR HUMAIN N° 2 : LA ROUTE DOIT OFFRIR AU CONDUCTEUR UN CHAMP DE VISION SÛR

La conduite motorisée change le champ de vision beaucoup plus que tout autre mouvement quotidien. Le changement du champ de vision cause des émotions plaisantes et excitantes pour la plupart des gens. Ces émotions surgissent involontairement et ne peuvent pas être supprimées.

1. Eliminate: Don't surprise the driver!

Ensure the perception and visibility of the critical point by road alignment and design, which allows an unobstructed view of the critical point.

Or when this is impossible:



2. Reduce: Ensure visibility by corrective measures!

Announce the critical point by special measures that attract the driver's attention and direct it automatically to the critical point.

Or when this is impossible:



3. Minimise: Give advice by warning measures!

Suitable advisories for behaviour are provided before the critical point by installing traffic signs.

Measures:
Remove visual obstacles such as rises, bends, plantings and buildings before critical points. If useful, build traffic islands.



Measures:
Use special visual advisories on road surfaces, such as coloured areas, signs, pavement change and special markings.



Measures:
Install speed limits, prohibit overtaking, set up warning signs.

The 6-Second Axiom is fundamental for road safety as it offers drivers enough time to adapt their behaviour. Driver behaviour can also be impacted by other important road features, notably the environment and field of view.

II. SECOND CLASS OF HF MISTAKES – THE FIELD OF VIEW AXIOM

II.1 THE ROAD REQUIREMENT NO. 2: THE ROAD MUST OFFER THE DRIVER A SAFE FIELD OF VIEW

Motorised driving changes the field of view much more than any other everyday movement. Changes in the field of view cause pleasurable and stimulating emotions in most people. These emotions are involuntary and cannot be suppressed.



Des sensations agréables sont aussi la motivation principale pour apprendre et pratiquer divers sports de glisse. Plus la force nécessaire est petite, mieux le mouvement est perçu.

Les changements du champ de vision et les sensations positives qui les accompagnent sont parmi les motifs qui gouvernent la conduite motorisée. On répond de façon constructive à ce Facteur Humain basique avec un champ de vision adapté à une vitesse de 100 km/h. Des impressions monotones ou nuageuses, décevantes ou tiraillantes affectent la qualité de la conduite. La route offre un champ de vision intégré à son environnement. Ceci peut soit stabiliser soit déstabiliser le comportement du conducteur, le fatiguer ou le vivifier. Une conception bien calculée du champ de vision est nommée « gestion du champ de vision ».

Un champ de vision de bonne qualité protège efficacement le conducteur motorisé et le garde de dériver vers le bord de la voie ou même de la quitter.

Le champ de vision affecte aussi la précision du suivi de trajectoire. Quand la route fournit au conducteur une bonne « tenue » visuelle alors le conducteur dirigera sa voiture à une distance suffisante de la ligne centrale. Mais si la route court sur le sommet d'un plateau sans aides optiques stabilisantes alors le conducteur tendra vers la ligne centrale.

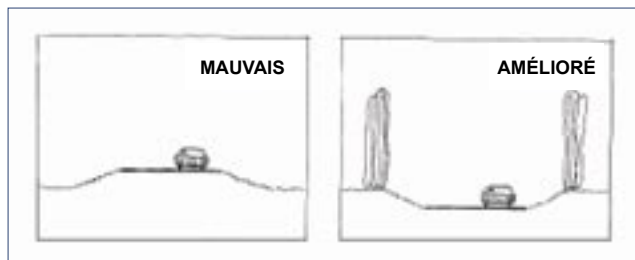


Figure 10: Déstabilisation (gauche) et stabilisation (droite) du maintien sur la piste dépend du dessin de la route [15]

Conduire dans un virage dépend aussi crucialement de la qualité du champ de vision. Les meilleurs résultats de conduite peuvent être obtenus lorsque le conducteur a une vue libre sur la courbe intérieure et que la courbe extérieure a un dispositif fermé (cadre).

Les réponses du conducteur à des courbes intérieures qui ne sont pas visibles, et spécialement à des courbes extérieures avec cadre fragmentaire ou même inexistant, sont des changements de vitesse et des coups de volant spontanés.

Pleasant feelings are also the main motivation for learning and doing various gliding sports. The smaller the amount of force necessary, the better the movement is perceived.

Changes in the field of view and the accompanying positive feelings are among the governing motives for motorised driving. This basic Human Factor leads to a design of the field of view that is adequate to a speed of 100 km/h. Monotonous or clouded, deceptive or distractive impressions affect the quality of driving. The road together with its environment offers an integrated field of view. This can either stabilise or destabilise the behaviour of the driver. It can create feelings of tiredness or stimulation. The well-calculated design of the field of view is named “field of view management”.

A good-quality field of view effectively safeguards the driver and keeps them from drifting to the edge of the lane or even leaving it.

The field of view also affects tracking precision. If the road provides the driver a good visual “hold” by driving in a slight trough, then the driver will steer the car at a sufficient distance away from the centre line. However when the road runs along the top of a plateau without optical stabilising aids, then the driver will tend to drift towards the centre line.

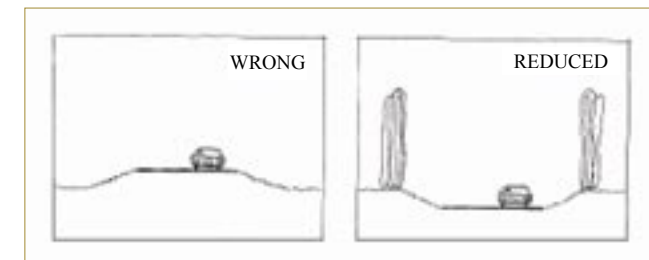


Figure 10: Destabilisation (left) and stabilisation (right) of keeping on track depends on the road design [15]

Reliable driving through a bend also crucially depends on the quality of field of view. The best driving results can be achieved when the driver has unobstructed view over the inner bend and the outside of the bend has a closed optical framing.

Spontaneous speed changes and steering manoeuvres can be driver's responses to either inner bends which are obstructed or to a fragmentary or even non-existent framing of outside bends.



Le trajet dans un virage cause deux perceptions se complétant l'une l'autre. Le changement de structure du champ de vision s'accompagne de sensations agréables qui sont intensifiées par l'accélération et de plus augmentées par le changement de direction. De cette façon le conducteur reçoit à partir des impressions de conduite en virage une ambiance durablement positive, optimiste et agréable.

Ces sensations positives proviennent de sécrétions hormonales et ne peuvent pas être supprimées. Elles réduisent souvent la perception consciente de dangers possibles. Ainsi le conducteur est spécialement susceptible d'erreurs d'opérations dans les virages, ce qui peut être causé par des déficiences dans la construction du virage – en particulier dans les courbes vers la droite qui sont les plus délicates.

C'est pourquoi on n'essayera pas seulement de dessiner le virage fidèlement au guide avec un rayon constant, mais aussi de dessiner le champ de vision de façon sûre. Même un virage correctement tracé peut devenir dangereux pour le conducteur par deux caractéristiques [3], [4], [5] :

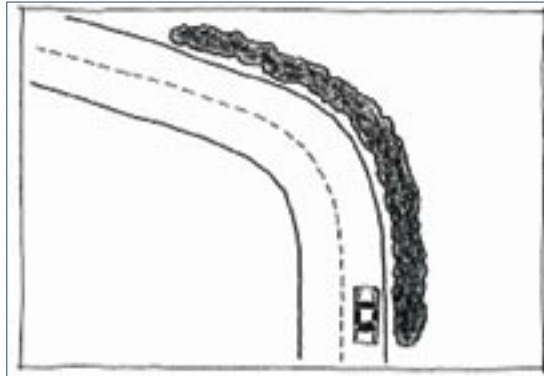


Figure 11 : Stabilisation du conducteur par un dispositif complet de la courbe extérieure et une vue libre sur la courbe intérieure [15]

- quand la courbe intérieure est cachée par des bâtiments, des plantations ou des formations géologiques,
- quand la courbe extérieure a des lacunes dans son cadre ou est complètement libre et non encadrée par des bâtiments, des plantations ou des formations géologiques.

De nombreux accidents se produisent quand l'une ou les deux situations sont présentes. Chacun de ces deux attributs amènera le conducteur à changer spontanément à la fois la direction et la vitesse tandis qu'il conduit dans un tel virage.

Peu importe combien le conducteur s'abandonne à ce stimulus pour corriger – le véhicule perdra de la stabilité selon l'intensité de la correction. Cela peut mener à un changement de voie non intentionnel, à conduire sur l'accotement ou à une sortie de route.

This is because the motion in a bend causes two perceptions supplementing each other. The change in the structure of the field of view is accompanied by pleasant feelings, which are intensified by acceleration and additionally increased by the change of direction. In that way, the driver receives a lasting, positive, optimistic and pleasant mood from the bend driving impressions.

These positive feelings result from the release of pleasure hormones of several glands and can not be suppressed. They often reduce the conscious registration of possible dangers. Thus the driver is especially susceptible to operational errors in road bends, which may be caused by deficits in the construction of the bend – particularly in the most difficult right hand bend.

Therefore, one will try not only to design the bend true to the guidelines with a constant radius, but also design the field of view safely. Even a correctly designed bend can become dangerous for the driver owing to two optical characteristics [3], [4], [5]:

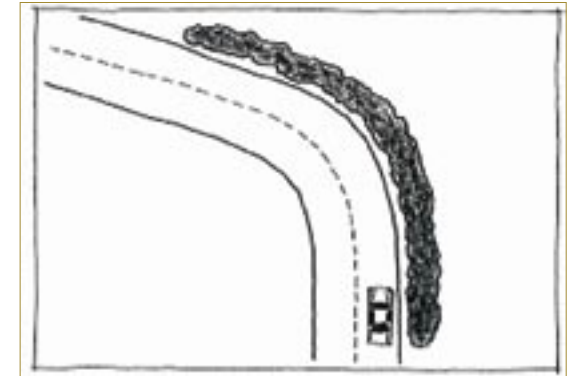


Figure 11: Driving stabilisation due to a complete framing of the outside bend and unobstructed view of the inside bend [15]

- when the inside bend is obstructed by buildings, plants or geological formations,
- when the outside bend has gaps in its framing or is completely free and not framed by buildings, plants or geological formations.

Many accidents occur when one or both optical characteristics can be observed. Each of these two attributes will cause the driver to spontaneously change direction and speed while driving through such a bend.

No matter how much the driver indulges in this stimulus to correct, the vehicle will lose stability according to the intensity of the correction. This can range from an unintended change of lanes, to driving on the shoulder of the road or swerving or driving off the road.

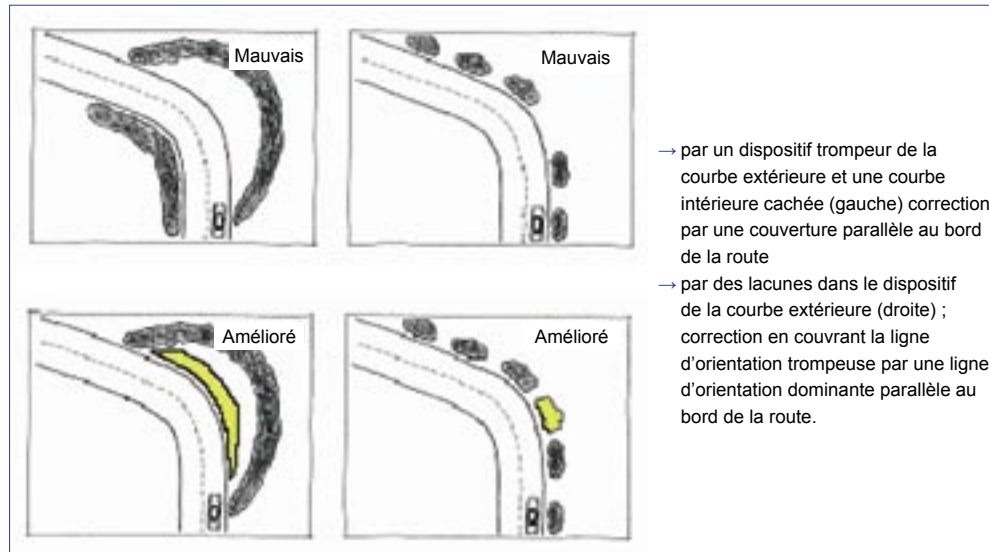


Figure 12 : Déstabilisation du conducteur [15]

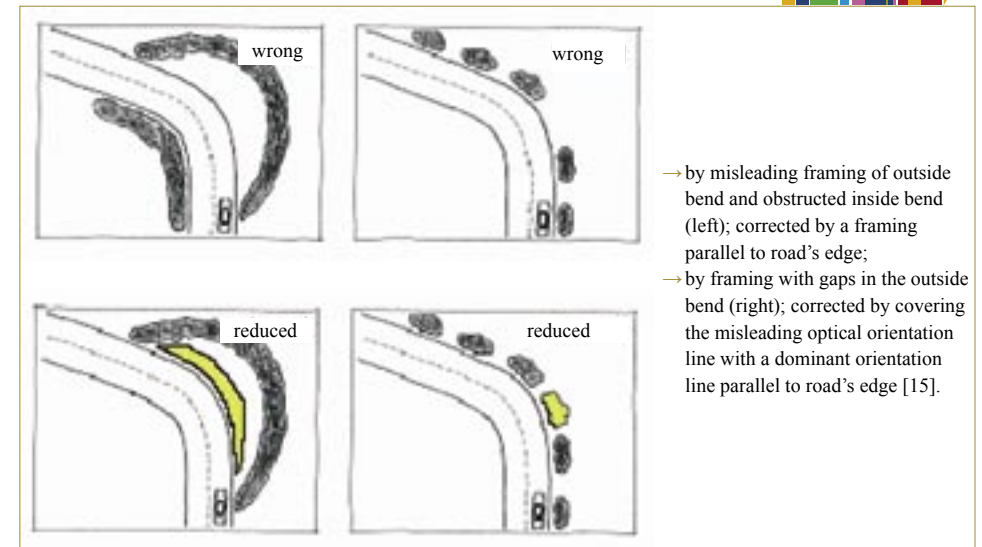


Figure 12: Destabilisation of the driver



Figure 13 : Attirance vers la courbe extérieure par des lacunes trompeuses dans le dispositif, courbe intérieure non visible [22]

► II.2. CONCLUSION PRATIQUE

En adaptant son comportement de conduite le conducteur optimise son champ de vision involontairement et habituellement de façon instinctive. Il recueille une quantité suffisante de stimuli (informations) par l'accélération, le freinage et/ou le changement de direction.



Figure 13: Tendency towards the outside bend by misleading gaps in the framing, obstructed inside bend [22]

► II.2. CONCLUSION FOR PRACTICAL WORK

By adapting driving behaviour, the driver involuntarily and in most cases instinctively optimises their field of view. The driver achieves a sufficient amount of stimuli (information) by acceleration, braking and/or change of direction.



Le conducteur s'efforce continuellement d'optimiser son champ de vision dans la mesure où il n'est pas distrait par des actions d'opération ou des offres d'information et de communication. Alors, le volant les pédales de frein et d'accélération deviennent des éléments de contrôle pour obtenir une situation confortable de champ de vision. Le conducteur corrige son champ de vision par une seule opération de conduite intense ou plusieurs :

- accélération (souvent),
- braquage vers/à travers le centre de la route,
- tangage entre le centre et le bord,
- dérive vers la voie de gauche,
- coupage à travers les angles,
- ajustement spontané de la direction.

Le comportement correcteur ou d'optimisation du conducteur est étudié depuis des décennies ; parce que l'analyse des accidents à conséquences très graves rencontre encore et encore ces changements, apparemment sans raison, de vitesse, de voie et de direction. Petit à petit, on les a identifiés comme réactions inévitables à des déficits dans le champ de vision. Des connexions sans ambiguïté ont pu être prouvées.

La vitesse, le maintien sur la voie et la fiabilité de la direction sont fonction de la qualité du champ de vision.

Les caractéristiques du champ de vision permettent de faire des prédictions sur le comportement moyen de conduite.

Les relations entre les caractéristiques du champ de vision et le comportement de conduite peuvent être rangées en 3 classes :

1. Le nombre d'objets qui contrastent avec l'arrière-plan détermine la densité du champ de vision. Il affecte la v_{85} (la vitesse conduite par 85 % de tous les usagers sur cette section de route) [6], [7], [8], [9].

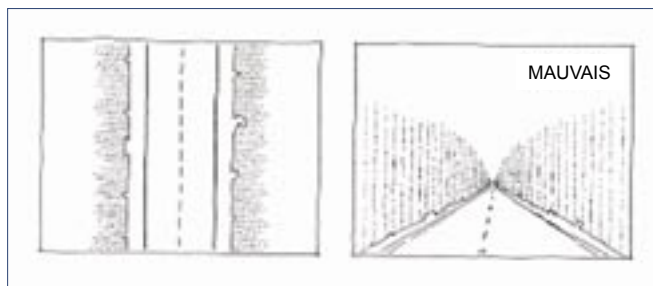


Figure 14 : La densité optique du champ de vision est basse, la section d'approche est monotone, longue et droite, ce qui amène à accroître la vitesse [15]

The driver continuously strives to optimise their field of view as long as they are not diverted by operational actions or offers of information and communication. The steering wheel, accelerator and brake pedals become control elements, with which the comfortable field of view situation is achieved. The driver corrects their field of view by a single intense or several driving operations:

- Acceleration (often);
- Steer towards / across the centre of the road;
- Swinging between road's centre line and edge;
- Swerve to the left lane;
- Cutting corners;
- Spontaneous adjustment of direction.

The driver's correcting or optimising behaviour has been under scrutiny for decades. The analyses of accidents with very serious consequences often result in seemingly groundless changes in speed, of lane and direction occur. Little by little, these were identified as inevitable reactions to deficits in the field of view. Clear connections could be proved.

Speed, lane keeping and reliability of direction are functions of the quality of the field of view.

The characteristics of the field of view allow predictions to be made on the average driving behaviour.

The dependencies between the field of view characteristics and the driving behaviour can be divided into three classes:

1. The number of objects that contrast with the background determines the density of the field of view. It affects v_{85} (the speed that is driven by 85% of all users of that road section) [6], [7], [8], [9].



Figure 14: Optical density of the field of view is low; monotonous and long, straight-ahead approaching section leads the driver to speed up [15]

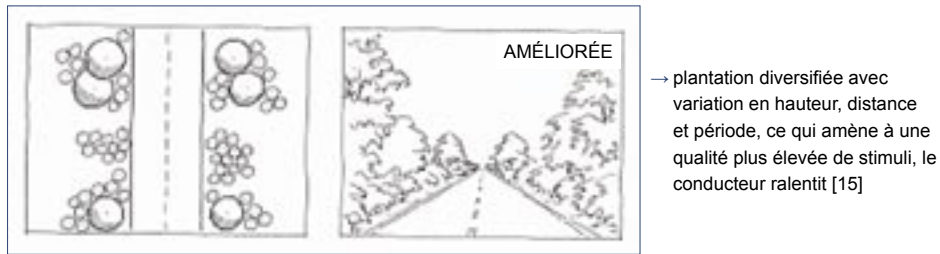


Figure 15 : Densité optique du champ de vision améliorée



Figure 15: Optical density of the field of view is improved

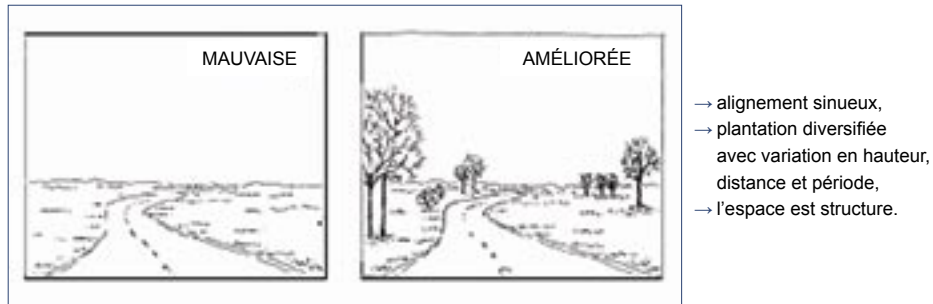


Figure 16 : Densité optique du champ de vision et alignements suffisants

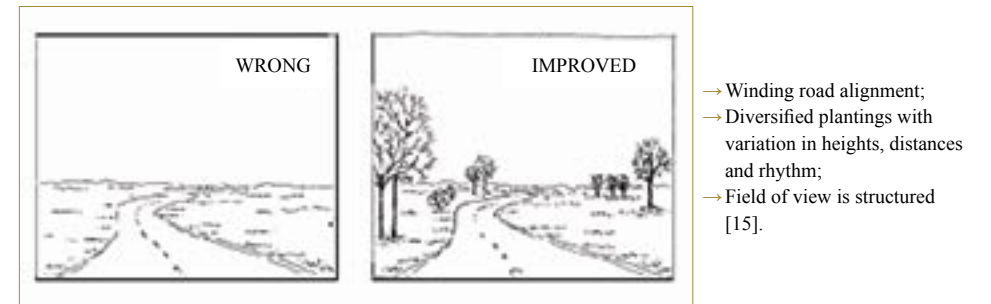


Figure 16: Optical density of the field of view and the alignment is sufficient

2. La régularité des dispositifs latéraux détermine la symétrie et le rythme de l'espace routier latéral, la structure de l'espace latéral. Elle affecte le maintien sur la voie [10], [11].

2. The orderliness of the side framings determines the symmetry and rhythm of the lateral road space, the lateral space structure. It affects lane position. [10], [11].

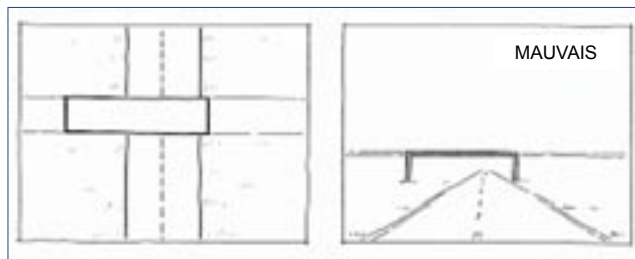


Figure 17 : Structure de l'espace latéral : la superstructure asymétrique prête à confusion, le conducteur dérive vers la voie de gauche [15]



Figure 17: Lateral space structure: asymmetrical superstructure leads to confusion, driver drifts to the left lane [15]

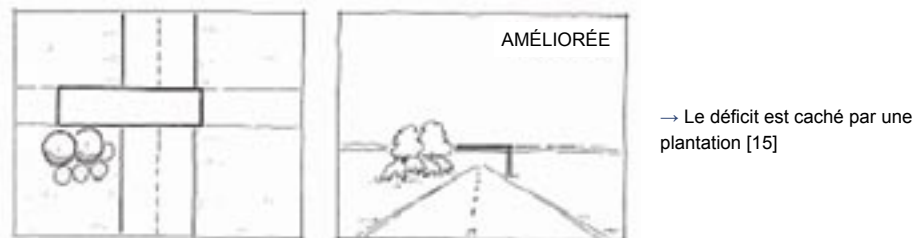


Figure 18 : La superstructure asymétrique est corrigée

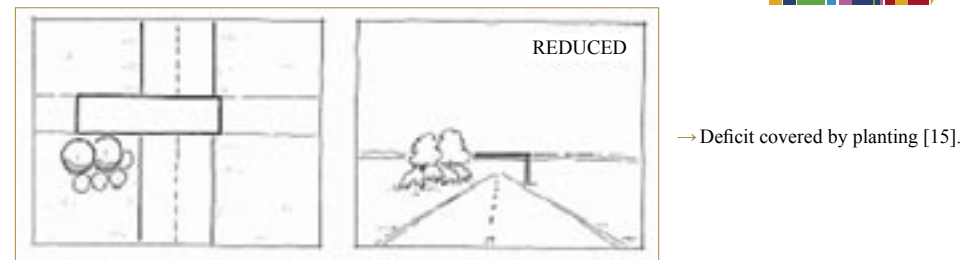


Figure 18: Asymmetrical superstructure corrected:

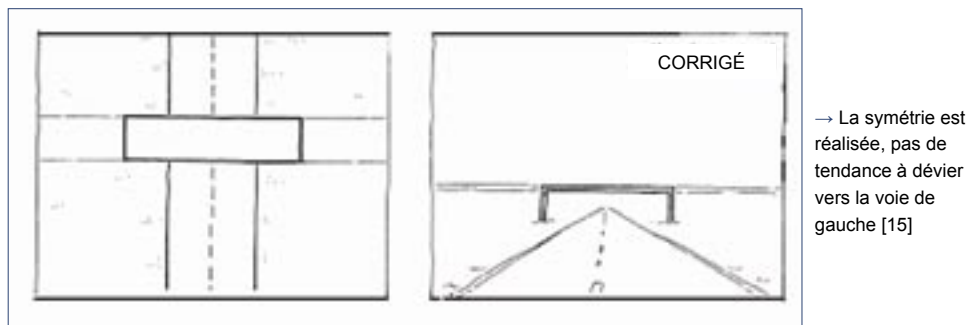


Figure 19 : La superstructure asymétrique est éliminée

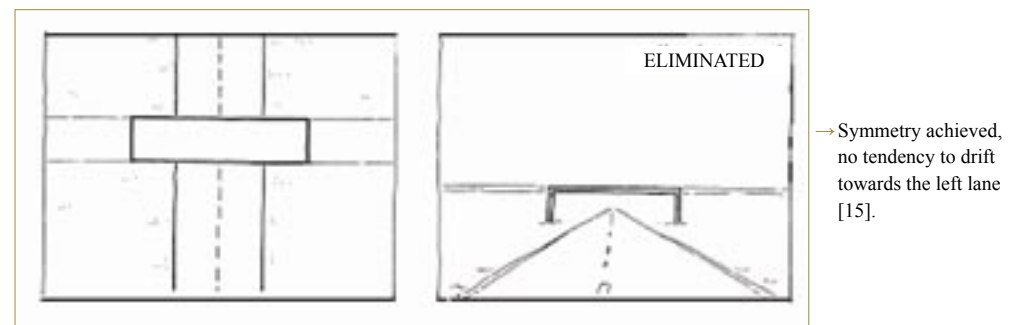


Figure 19: Asymmetrical superstructure is eliminated

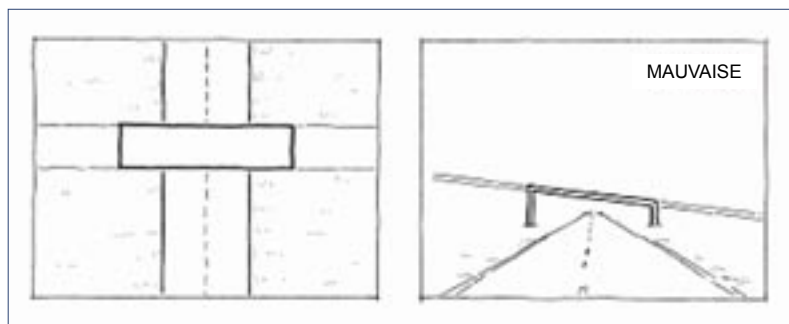


Figure 20 : Structure d'espace latéral. Attirance vers la voie de gauche parce que le côté gauche plus haut de la superstructure domine l'orientation [15]

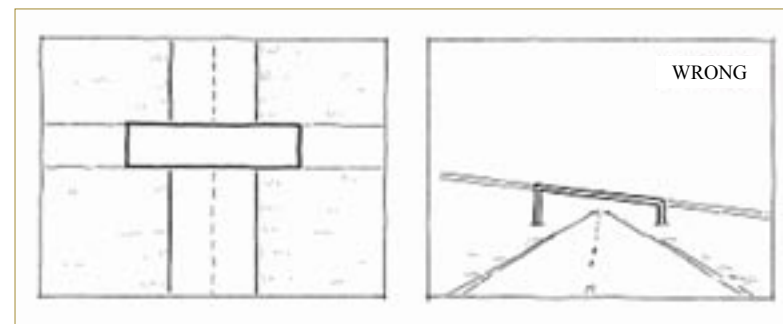
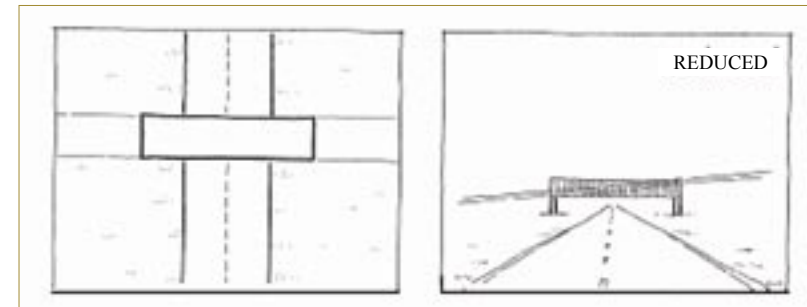


Figure 20: Lateral space structure: Tendency towards the left lane because the higher left side of the superstructure dominates the orientation [15]



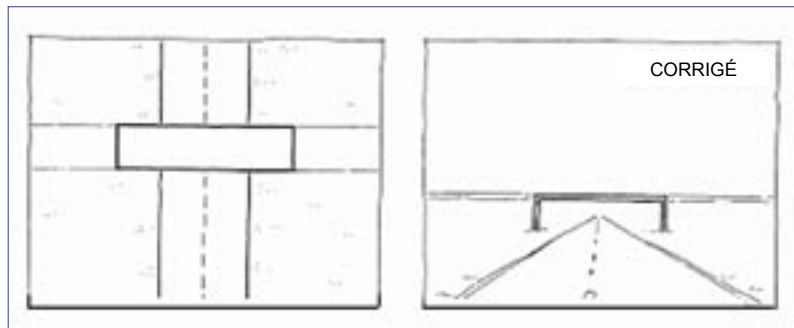
→ la hauteur inégale est cachée [15]

Figure 21 : La hauteur inégale de la structure est corrigée



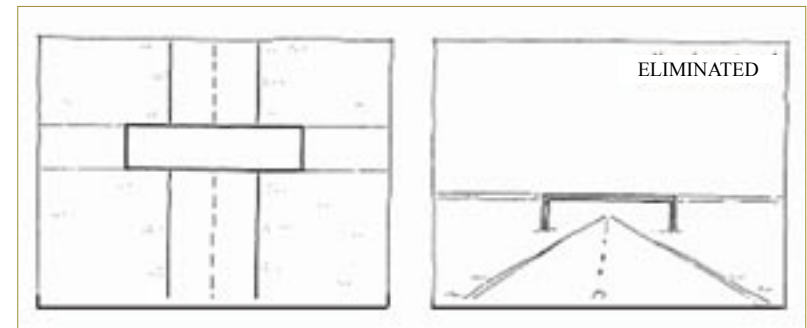
→ Unequal height is obscured [15].

Figure 21: Unequal height of the structure is corrected



→ La symétrie est réalisée, pas de tendance à dévier vers la voie de gauche [15]

Figure 22 : La hauteur inégale de la structure est éliminée



→ Symmetry achieved, no tendency to drift towards the left lane [15].

Figure 22: Unequal height of the structure is eliminated

Illusion de perspective

Perspective Illusion



Figure 23: Illusion de perspective : Le bord de la route et les plantations ne sont plus parallèles après une reconstruction. Ceci provoque une illusion de perspective. Les conducteurs surestiment la distance jusqu'au virage. Leur vitesse est trop élevée, en entrée de virage. Des sorties de route et des collisions contre les obstacles fixes en résultent [19]

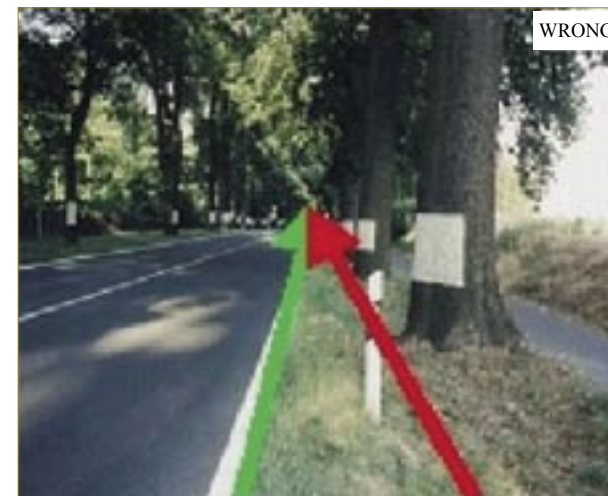


Figure 23: Perspective illusion: Road's edge and planting line are not parallel after a reconstruction. This causes a perspective illusion. Drivers overestimate the distance up to the bend. Thus their speed is too high at the beginning of the bend. Drive off the road and collisions with obstacles occur. [19]

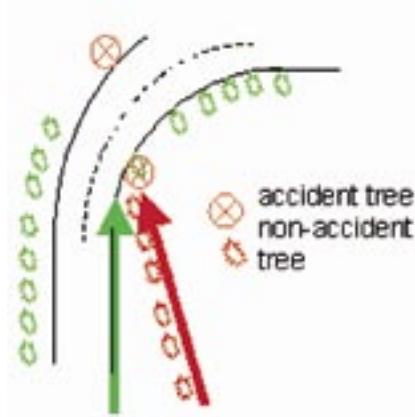


Figure 24 : Illusion de perspective en un lieu d'accident

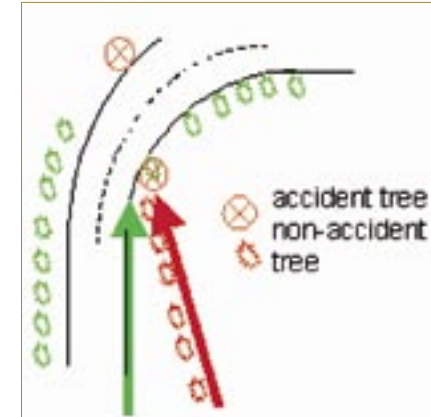


Figure 24: Perspective illusion at an accident point

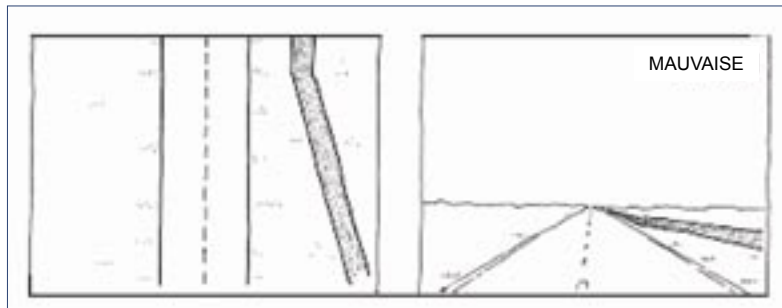


Figure 25 : Illusion de perspective : la ligne d'orientation non parallèle (clôture, ligne de plantation, barrières de sécurité, ou similaires) mène à une surestimation des distances [15]

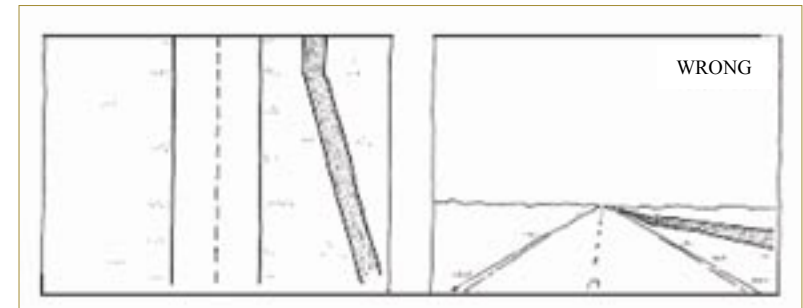
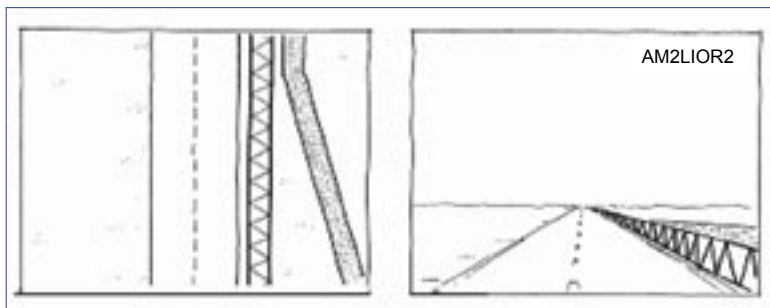
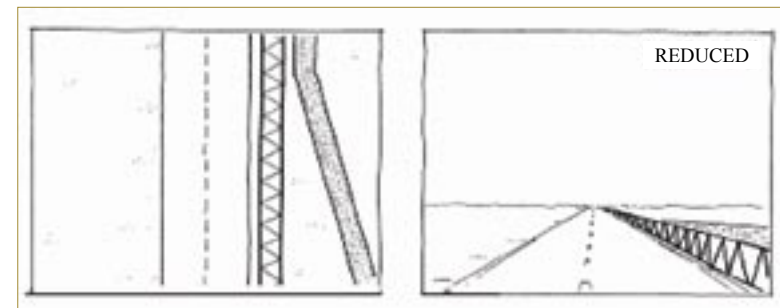


Figure 25: Perspective illusion: the nonparallel orientation line (such as fences, planting lines, crash barriers, or similar) leads to an overestimation of distances [15]



→ déficit caché [15]

Figure 26 : Illusion de perspective corrigée



→ déficit concealed [15]

Figure 26: Perspective illusion corrected

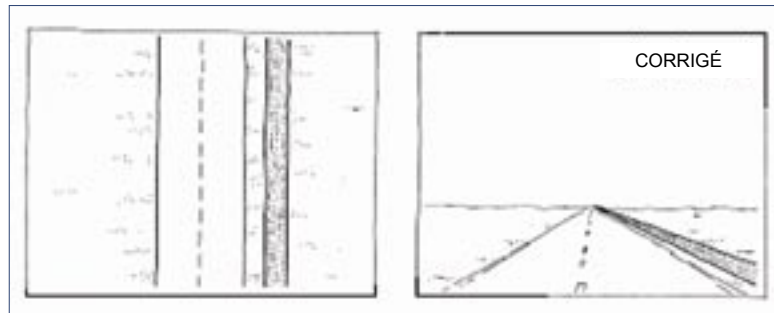


Figure 27 : Illusion de perspective évitée avec des lignes d'orientation strictement parallèles [15]

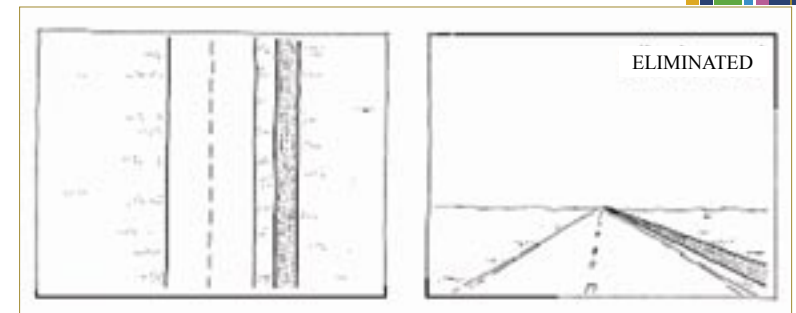


Figure 27: Perspective illusion eliminated by strictly parallel orientation lines [15]

Une autre illusion de perspective : une courbe combinée avec un creux ou une bosse conduit à une sous-estimation/surestimation du rayon de virage.



Courbe dans un creux (figure du haut)
Sous-estimation du rayon de virage
→ conduite trop rapide



Courbe sur une bosse (figure du bas)
Surestimation du rayon de virage
→ conduite trop lente

Figure 28 : Illusion de perspective par combinaison d'une courbe [14]

Another perspective illusion: A bend in combination with a dip or in combination with a rise lead to underestimation / overestimation of bends radius.



Bend in a dip (above figure)
Underestimation of bends radius
→ driving too fast



Bend on a rise (below figure)
Overestimation of bends radius
→ driving too slow

Figure 28: Perspective illusion by combination of bend [14]



MAUVAIS

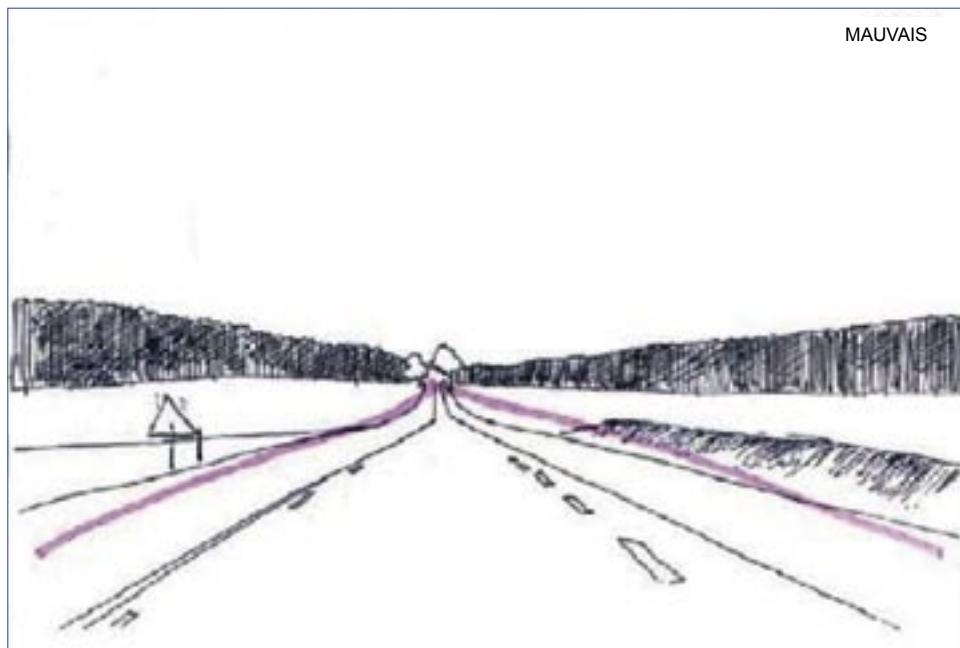


Figure 29 : Perspective visuelle affectée par une différence entre le début du creux et de la plantation [25]

WRONG

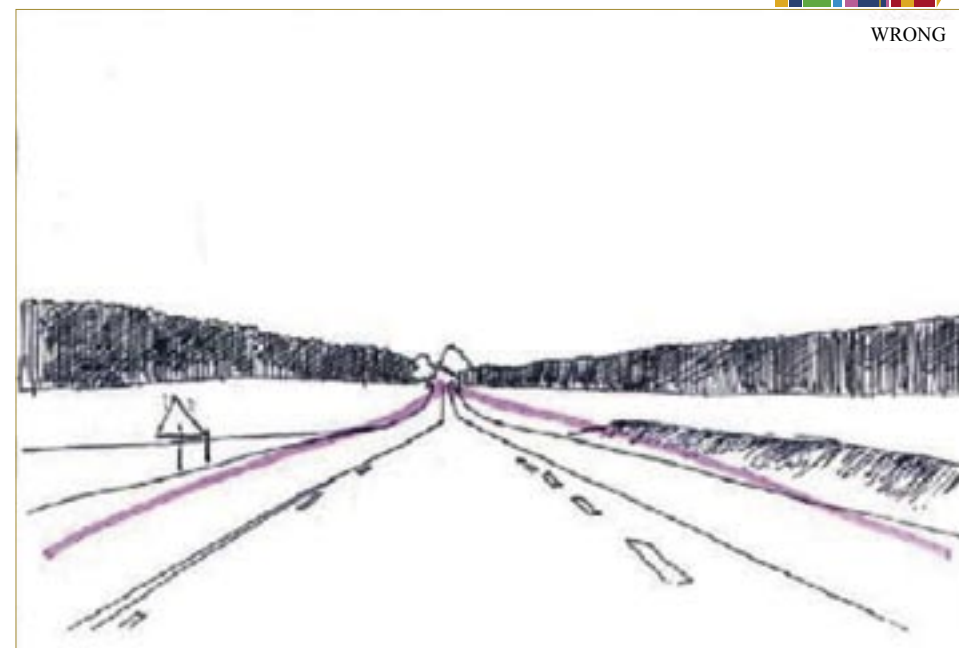


Figure 29: Optical irritation by a difference in beginning of a dip and a planting [25]

RÉDUITE

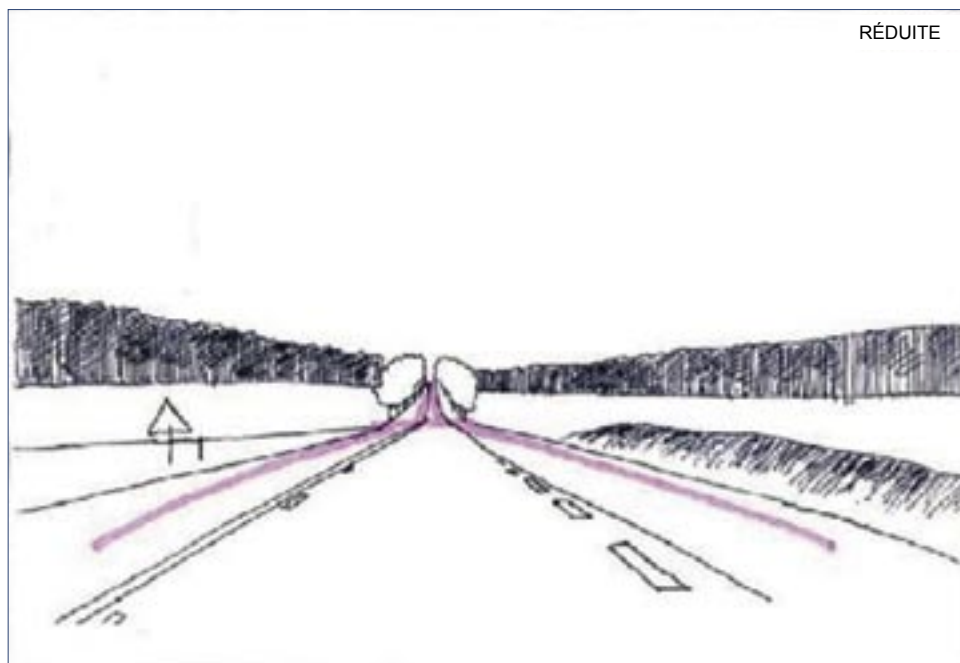


Figure 30 : Situation améliorée par le même début du creux et de la plantation [25]

REDUCED

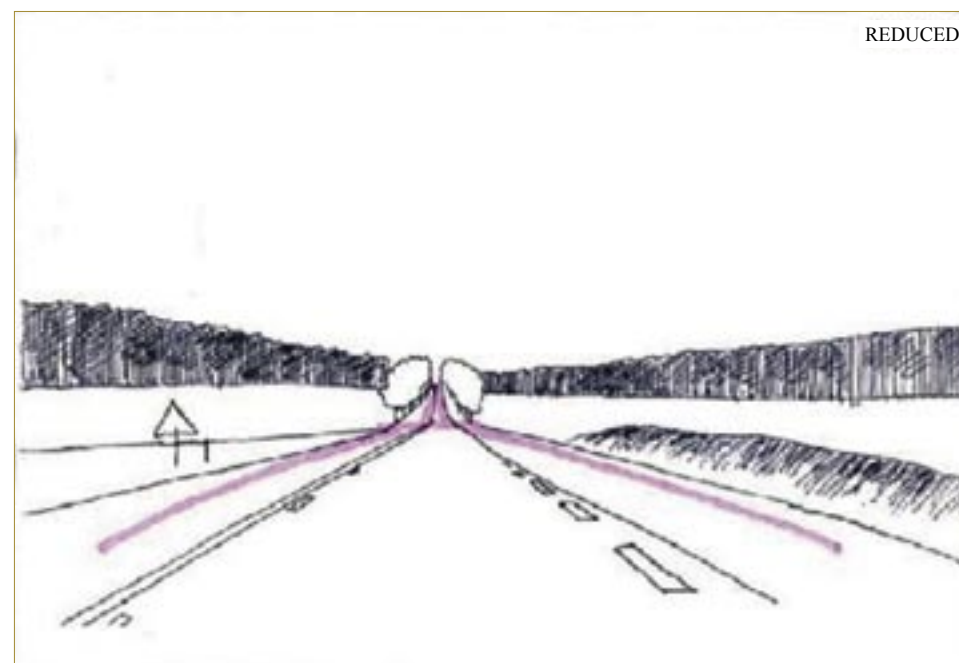


Figure 30: Improved situation by same beginning of planting and dip [25]



3. La configuration de l'espace dans la direction de conduite détermine la structure de profondeur spatiale perçue. Avec la profondeur de champ de vision, cela a une influence sur la sûreté de la direction et sur la vitesse v_{85} [9], [12], [13], [24].

3. The shape of the space in the driving direction determines the perceived spatial depth structure. Together with the depth of field of view, it has an influence on the reliability of direction and the speed v_{85} ([9], [12], [13], [24]).

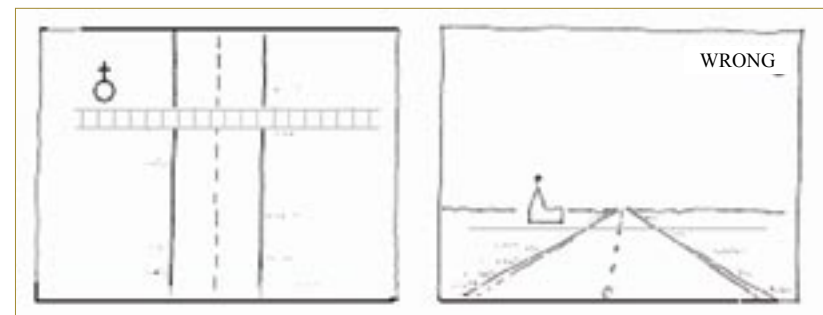
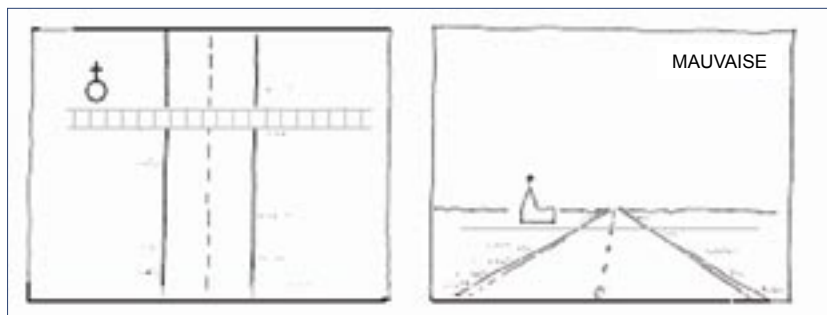


Figure 31: Profondeur de la structure d'espace :
Objets dominants attirant l'œil en rivalité avec le croisement de chemin de fer [15]

Figure 31: Depth of space structure:
Dominant eye-catching objects in competition to a subdominant railway crossing [15]

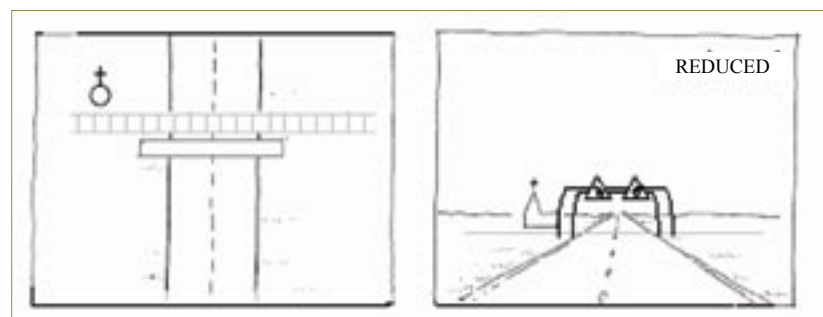
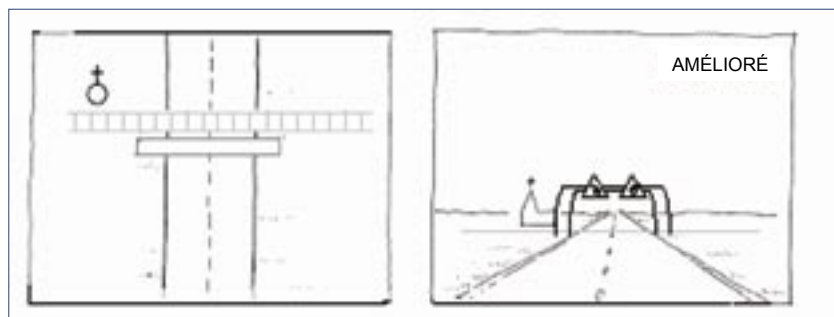


Figure 32: Correction des objets dominants attirant l'œil en utilisant des objets formant perspective, éventuellement avec de la signalisation [15]

Figure 32: Correction of the dominant eye-catching object by using perspective-forming objects, possibly with traffic signs [15]

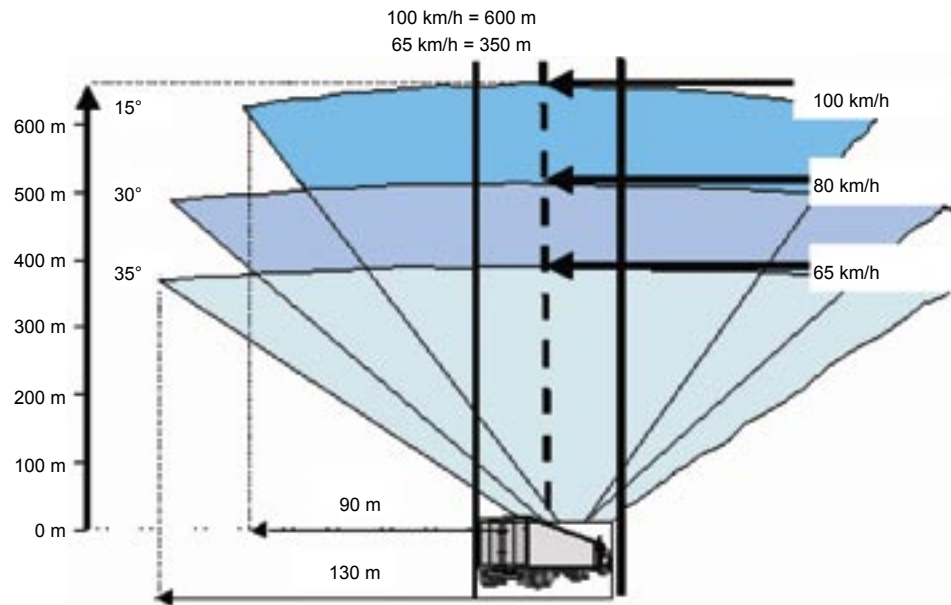


Figure 33 : Vitesse reliée au champ de vision [8]

Cela signifie que le conducteur moyen réagira certainement de façon prévisible à un champ de vision de qualité insatisfaisante. Dans la plupart des cas sa réaction inconsciente spontanée sera la suivante :

- accélération et / ou,
- déviation depuis la voie et / ou,
- changement inadéquat de direction.

C'est pourquoi on vérifiera une section de route pour la qualité du champ de vision à des intervalles réguliers de 50 m. On adoptera des mesures éprouvées pour améliorer la qualité du champ de vision car des trajets avec une qualité de vision élevée sont bien plus sûrs que ceux avec une mauvaise.

Pour les sections de 50 m examinées on devrait vérifier systématiquement les critères suivants qui décrivent de façon raisonnablement fiable les carences les plus fréquentes dans la qualité du champ de vision :

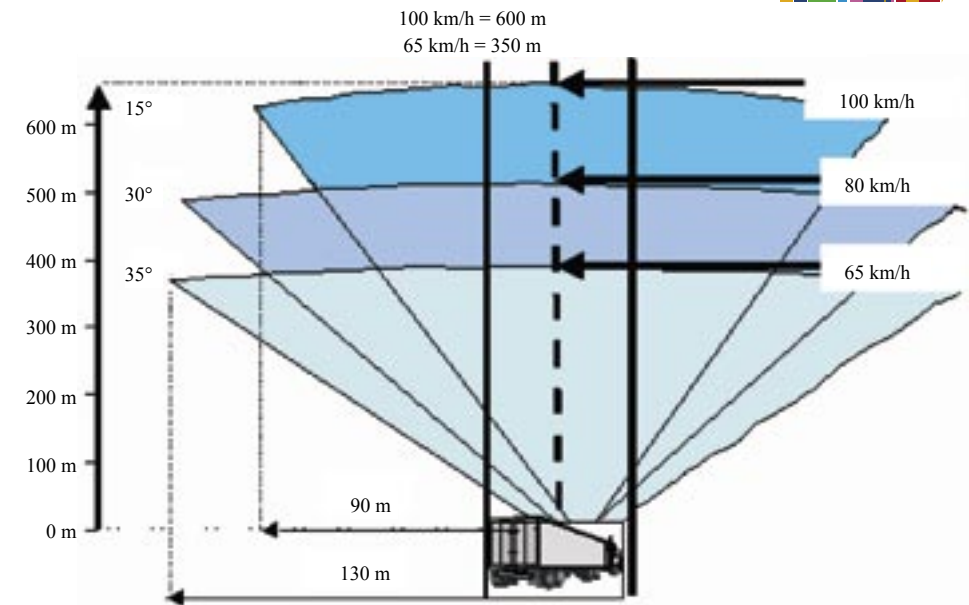


Figure 33: Speed related point of view [8]

The average driver is likely to react in a predictable way to an unsatisfactory quality of field of view. In most cases, the driver's unconscious, spontaneous reaction will be the following:

- acceleration and/or;
- deviation from lane and/or;
- inadequate change of direction.

Therefore, a road section under investigation will be checked for the quality of the field of view at regular distances of 50 m. Recognised options for upgrading the quality of the field of view will be implemented, because stretches of road with a high vision quality are much more secure than those with a bad one.

If the 50 m sections are under examination, they should be checked systematically against the following criteria, which describe with reasonable reliability the most frequent shortcomings in the quality of the field of view:



Densité inadéquate du champ de vision

- 1 Sections/environs d'approche monotones tels que :
 - plantation monotone sans variation en hauteur/distance dans des routes rurales ;
 - configuration monotone dans des tunnels sans contraste par des graphismes ou objets retenant l'attention ;
 - bâtiments monotones le long des grandes artères ;
 - paysages monotones ou routes uniformes sans modification dans les plantations.
- 2 Sections d'approche longues/visibles de loin, avant points critiques :
 - sans objets retenant l'attention ;
 - sans alignements sinueux.

Structure d'espace latéral inadéquate

1. Superstructures asymétriques et/ou à différentes hauteurs et celles qui sont non-parallèles à l'axe visuel :
 - ponts, publicité, signalisation et installations de péage ;
 - groupes de plantations.
2. Position asymétrique des objets sur l'accotement tels que :
 - arbres, bâtiments, installations techniques ou autres objets isolés.
3. Guidage optique sans illusions par des lignes optiques non parallèles à l'accotement tels que :
 - marquages, accotements en dur/bandes latérales ;
 - barrières de sécurité, clôtures pour la neige et la faune ;
 - plantations, sentiers cyclables, à cheval et de refuge ;
 - itinéraires publics d'entretien.
4. Apparence non orthogonale d'objets :
 - arbres, délinéateurs ou ;
 - objets isolés tels que bâtiments, arbres, signaux.
5. Mauvais aménagement optique de courbes extérieures :
 - aspect non parallèle de la courbe extérieure (lignes de plantation, barrières de sécurité) ;
 - aspect optique de la courbe extérieure présentant des lacunes ;
 - courbe intérieure sans marquage visible/clair.

Inadequate density of the field of view

1. Monotonous approaching sections/surroundings such as:
 - Monotonous plantings without variation in height/distances in tree-lined country roads, troughs;
 - Monotonous design in tunnels without contrasts by graphical design or eye-catching objects;
 - Monotonous buildings along arterial roads;
 - Monotonous landscapes or uniform roads without alteration in the plantings.
2. Long/far visible approaching sections before critical points:
 - Without eye-catching objects;
 - Without winding road alignment.

Inadequate lateral space structure

1. Asymmetrical and/or different height superstructures and those which are not parallel to the visual axis:
 - Bridges, advertising, signalling and toll facilities;
 - Groups of plants.
2. Asymmetrical position of eye-catching objects to the road shoulder, such as:
 - Trees, buildings, technical facilities or other single objects.
3. Optical guiding without illusions by non-parallel optical lines to the road shoulder, such as:
 - Markings, hard shoulders/side strips;
 - Crash barriers, snow and wildlife fences;
 - Plants, bicycle, riding and rescue paths;
 - Public maintenance routes.
4. Non-Orthogonal appearance of objects:
 - Trees, delineators; or,
 - Single objects, such as, buildings, trees, traffic signs.
5. Wrong optical framing of outside bends:
 - Non-parallel appearance of the outside bend (planting lines, crash barriers);
 - Optical appearance of the outside bend is a framing with gaps;
 - Inside bend without visible/clear markings.

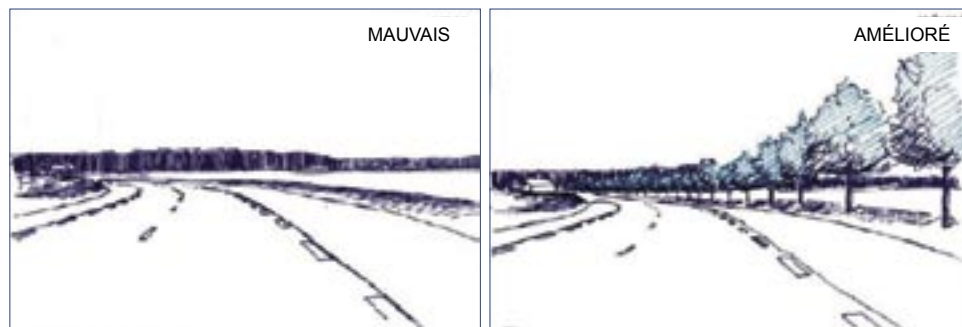


Figure 34
Courbe sans cadre déstabilisant le conducteur [25]

Figure 35
Courbe avec cadre stabilisant le conducteur [25]

Structure inadéquate de profondeur d'espace

- Objets retenant l'attention qui distraient de la direction de la route ou de points critiques :
 - distraction par des tours d'église, autres bâtiments, illuminations, plantations.
- Illusions d'optique par des lignes optiques non parallèles, cachées de la voie ou virages en points bas :
 - illusion de distance ;
 - illusion de direction ;
 - illusion de perspective.
- Vision incomplète du tracé de la route dans les situations suivantes :
 - doubler ;
 - conduire dans un virage ;
 - conduire à vitesse élevée.

La qualité du champ de vision d'un projet de section de route peut toujours être évaluée avec ces considérations. Des changements nécessaires dans la conception et la construction de la route peuvent toujours être identifiés directement ainsi.

► II.3. MESURES

Afin de garantir une gestion efficace du champ de vision on utilise une documentation/simulation de l'image de la route à des intervalles de 50 m (méthode scénario). Ici le champ de vision est représenté comme il se présenterait à l'utilisateur – dans un reportage photographique à deux dimensions ou par un modèle à trois dimensions ou une simulation.

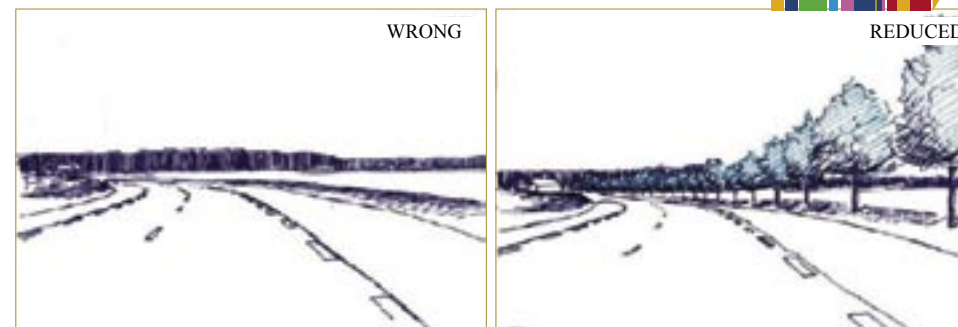


Figure 34: Bend without framing leads to destabilisation of the driver [25]

Figure 35: Bend with framing stabilises the driver [25]

Inadequate depth of space structure

- Dominant eye-catching objects with distraction from the road direction or from critical points:
 - Distracting church towers, other buildings, illumination, plants.
- Optical illusions by non-parallel optical lines, concealed parts of the lane or bends in dips:
 - Bend illusion;
 - Direction illusion;
 - Perspective illusion.
- Partially obstructed course of the road in the following situations:
 - Overtaking;
 - Driving in a bend;
 - Driving with high speed.

The quality of the field of view of a planned road section can always be determined with these items. Necessary changes in road planning and construction can always be identified directly.

► II.3 MEASURES

In order to guarantee efficient management of the field of view, a photo documentation/simulation of the road at intervals of 50 m is used (storyboard method). Here the field of view is outlined in the way it would appear to the road user – in a two-dimensional photostory or a three-dimensional model or in a simulation.



Les défauts dans le champ de vision que l'on a identifiés de cette façon sont systématiquement traités. Ici aussi, on appliquera le principe de priorité :

1. Eliminer : dessiner le champ de vision !
Remédier aux défauts identifiés dans le champ de vision par des mesures de conception/constructives (guidage de ligne spatial) ou

Créer de l'alignement sinueux contre la monotonie ; créer une symétrie de superstructures par des mesures constructives, etc.



2. Réduire : corriger le champ de vision !
Remédier durablement aux défauts identifiés dans le champ de vision par l'amélioration du guidage optique ou

Utiliser des objets retenant l'attention, créer un aménagement complet de courbes extérieures, cacher des lignes de guidage optiques non parallèles qui amènent à des illusions d'optiques.



3. Minimiser : placer des avertissements dans le champ de vision
Signaler le défaut identifié dans le champ de vision en installant des ordres de comportement clairs

Limitations de vitesse, interdiction de doubler, mise en place de signaux d'avertissement.

III. TROISIÈME CLASSE D'ERREURS FACTEUR HUMAIN – L'AXIOME LOGIQUE

III.1. EXIGENCE FACTEUR HUMAIN NO. 3 : LES ROUTES DOIVENT SUIVRE LA LOGIQUE DE PERCEPTION DU CONDUCTEUR

Le conducteur suit la route avec une logique d'attente et d'orientation formée par son expérience et ses perceptions récentes et qui affectent en retour sa perception et ses réactions.

Le même principe fonctionne quand il monte des escaliers. Après quelques marches, l'équilibre du mouvement est ajusté à la séquence de marches juste perçues. Dans la plupart des cas c'est un processus inconscient. Si une marche a une hauteur différente, l'équilibre du mouvement deviendra considérablement désordonné. Un faux pas et une chute peuvent en résulter. L'ajustement du comportement de conduite sur route est semblablement inconscient.

Deficits in the field of view which have been identified in this way are worked out systematically. Here also the priority principle is applied:

1. Eliminate: design the field of view!
Remedy of the identified deficits in the field of view by design / constructive measures (spatial line guidance) or

Create winding road alignment against monotony; create symmetry of superstructures by constructive measures, etc.



2. Reduce: correct the field of view!
Lasting remedy of the identified deficits in the field of view by improving the optical guidance, or

Use eye-catching objects, create a complete framing of outside bends, cover nonparallel optical guiding lines that lead to optical illusions, etc.



3. Minimise: place warnings in the field of view!
Signalling of the identified deficit in the field of view by signs and instructions.

Install speed limits, ban overtaking, set up warning signs.

III. THIRD CLASS OF THE MISTAKES – THE LOGIC AXIOM

III.1 THE ROAD REQUIREMENT NO. 3: ROADS HAVE TO FOLLOW THE DRIVER'S PERCEPTION LOGIC

The driver follows the road with expectation and orientation logic formed by his experience and recent perceptions. They affect the driver's perception and reactions.

The same principle works when climbing stairs. Already after a few steps the motion balance is adjusted to the sequence of steps just perceived. In most cases, this is an unconscious process. If one step has a different height, the motion balance will become considerably disordered. A stumble or fall may result. The adjustment of the driving behaviour on the road is similarly unconscious.



La perception de la voie, de ses accotements et de ses alentours produit une vue générale. De façon similaire à la réaction intuitive à la hauteur, la profondeur et la largeur des marches quand il monte des escaliers, le conducteur réagit aux éléments de la route. Des objets non attendus perturbent la séquence automatique des opérations. Cela peut amener le conducteur à faire un « faux pas ». Après plusieurs secondes critiques, la perturbation peut-être traitée. C'est pourquoi les projecteurs devraient en conséquence garder les caractéristiques de la route continues et introduire les changements inévitables dès que et aussi clairement que possible.

Baucoup de guides internationaux demandent aussi cela pour l'implantation des routes (par exemple le guide allemand pour la gestion du tracé, abrégé RAS-L). Ils contiennent des principes de conception pour la gestion de la continuité du tracé car une discontinuité des rayons de virages consécutifs augmente le risque d'accident.

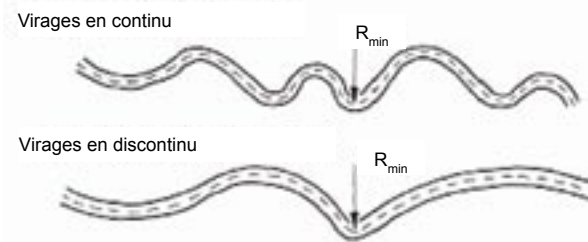


Figure 36: Virages en continu et discontinu sur une route [14]

C'est pourquoi la modification des « zones d'embûche » ainsi que le projet de nouvelles sections de route doivent toujours être ajustés aux caractéristiques de la route existante avant et après ce point afin d'exclure des changements inattendus.

The perception of the lane, the edge of the lane and the lane periphery produces a general view. Similar to the intuitive reaction to the height, depth and width of steps when climbing stairs, the driver reacts to the road elements. Unexpected objects disturb the automated sequence of operations. This may cause the driver to “stumble”. After several critical seconds the disturbance can be handled. Consequently, planners should maintain the road characteristics and initiate the inevitable changes as early as possible and as clearly as possible.

Many international guidelines also demand this for the layout of roads (e.g., the German guideline for line management, abbreviated RAS-L). They contain design principles for continuous spatial line management since discontinuous radii of consecutive bends increase the risk of accidents.

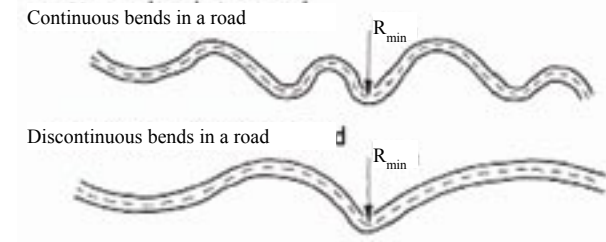


Figure 36: Continuous and discontinuous bends in a road [14]

Therefore, the modification of “stumble and tumble points” as well as the planning of new sections of a road always has to be adjusted to the existing road characteristics before and behind this point in order to exclude unexpected changes.

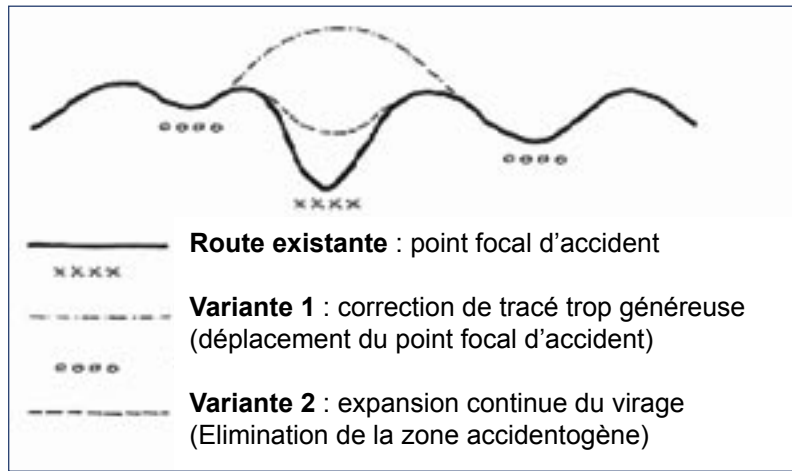


Figure 37: Elimination de points locaux dangereux par expansion continue de virages. [15]

► III.2. CONCLUSION PRATIQUE

En choisissant sa vitesse, le conducteur suit ses expériences acquises dans le passé et récemment. Des ruptures et des changements de logique causent des erreurs d'opération qui peuvent mener à des erreurs de conduite et à des accidents.

Ceci s'applique en particulier dans cinq situations :

1. Continuité des caractéristiques de la route malgré un changement de fonction (« Effet entrée de ville » / « Effet avenue ») :

- changement de fonction sans changement de caractéristiques de la route, par des bordures, le revêtement, des objets fixes ;
- changement de fonction sans changement de caractéristiques de plantation ou sans zone de transition.

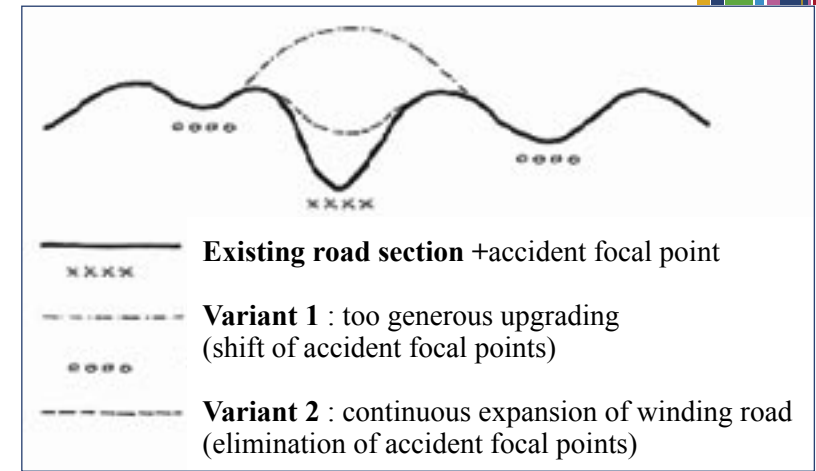


Figure 37: Elimination of local danger points by continuous expansion of road bends [15]

► III.2 CONCLUSION FOR PRACTICAL WORK

When choosing his/her speed, the driver follows the experiences they have gained in past and recent times. Breaking and changes of logic cause operational errors which can lead to driving errors and accidents.

This in particular applies in five situations:

1. Continuing road characteristics despite a change of function (“town entrance effect”/“tree-lined country road effect”):

- Change of function without change of road characteristics by kerbstones, pavement, eye-catching objects;
- Change of function without change of planting characteristics and/or transitional area.



Figure 38 : Jonction non visible sur une route plantée (300 m avant) [22]



Figure 38: Invisible crossing in a tree-lined country road (300 m ahead). [22]



Figure 39: Entrée de ville non visible (150 m avant) [22]



Figure 39: Invisible town entrance in an avenue (150 m ahead). [22]

2. Des changements dans le tracé de la route contrarient l'oeil qui saisit des objets dans une autre direction (« dilemme contournement de ville ») :

- la nouvelle implantation de la route n'est pas visible et ou clairement perceptible ;
- pas de zone de transition ;
- focalisation erronée de la direction du regard non dissimulée (remblais plantés, signaux).

2. Change of road's course is contrary to eye-catching objects in another direction ("city by-pass dilemma"):

- New road layout is not visible;
- No moderated transition area;
- Wrong eye-line focus not concealed (planted embankments, signs,..)



Figure 40: Erreur optique : le cours de la route va à droite au contraire de la ligne d'orientation droit devant (150 m avant) [22]



Figure 41: Erreur optique corrigée [22]



Figure 40: Optical irritation: roads course goes to the right contrary to the straight-ahead orientation line (150 m ahead). [22]



Figure 41: Optical irritation reduced. [22]

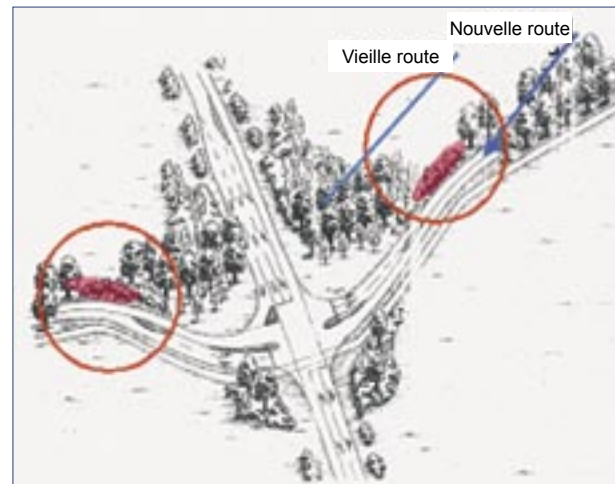


Figure 42 : Changement de tracé de la route contraire à la direction de vision dominante corrigé par un remblai planté [18]



Figure 42: Change of road's course contrary to the dominant eye-line focus, corrected by planted embankment. [18]

3. De soudains changements des caractéristiques de la route au contraire du comportement de conduite normal, par exemple nouvelles jonctions, changements de priorité, etc. (« Effets habitude et routine ») :

- l'exigence pour un nouveau comportement de conduite ne peut pas être reconnue ;
- l'exigence pour un nouveau comportement de conduite n'est pas indiquée par un changement de voie, pas modérée par des zones de transition, une vision de la route qui débouche ou de signaux ;

3. Sudden changes of road characteristics that are contrary to the normal driving behaviour, e.g., new crossings, changes in the right of way, etc. ("effects of habits and routine"):

- Requirement for new driving programme cannot be recognised;
- Requirement for new driving programme is not informed by change of lanes, moderated transition areas, visibility of course or not visible signs/other traffic facilities;



- le cours de la route ne s'accorde pas aux attentes ;
- intersections, transitions et points critiques non perceptibles, cachés, pas compréhensibles et/ou non modérés.

- Course of the road is not in accordance with expectations;
- Crossings, transitions and critical points not visible, concealed, understandable and/or not moderated.



Figure 43 : Changement soudain des caractéristiques de la route : la nouvelle intersection n'est pas annoncée par une zone de transition (150 m avant) [16]

Figure 43: Sudden change of road characteristic: new crossing is not instructed by moderated transition area (150 m ahead). [16]

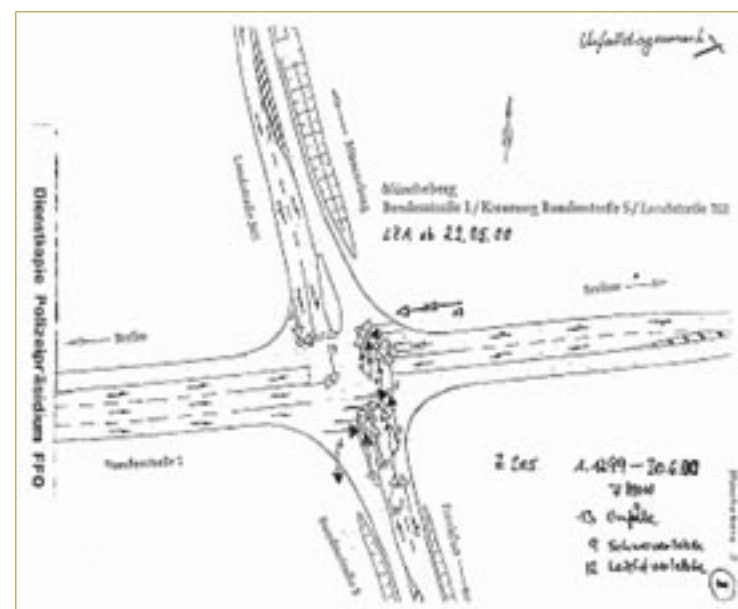


Figure 44 : Données d'accidents à la nouvelle intersection [16]

Figure 44: Accident data of the new crossing. [16]



4. Soudain changement de l'effort du conducteur à cause d'un flot d'information (« forêt de signaux ») ou d'exigences de conduite (Accumulation de points critiques) :

- tous les points critiques ne sont pas signalés ou visibles ;
- accumulation non modérée.



Figure 45 : Deux points critiques : zone d'entretien et une bretelle de sortie sans transition et/ou modération (150 m avant).

4. Sudden change of the driver's strain because of a flood of information ("sign post forest") or of driving requirements (accumulation of critical points):

- Not all critical points are indicated by design or they are nonvisible;
- Accumulation not moderated.



Figure 45: Two critical points: maintenance point and an exit road without transition and/or moderation (150 m ahead). [22]

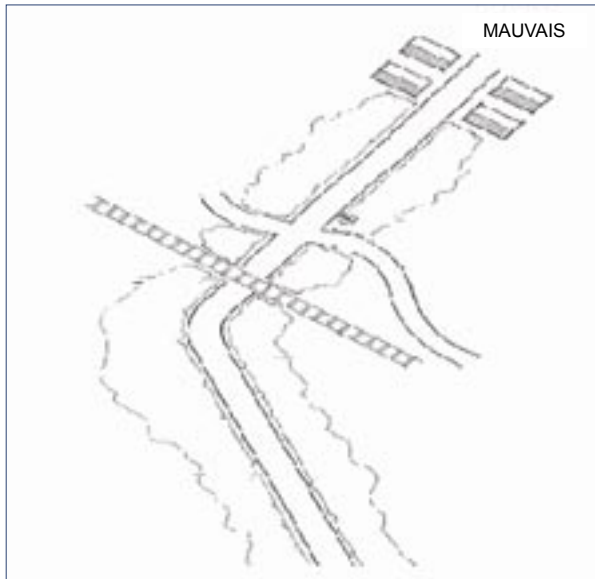


Figure 46 : Cumul d'un croisement d'une voie ferrée non visible, d'une intersection routière et d'une entrée de ville après un virage et une section droite monotone en amont [15]

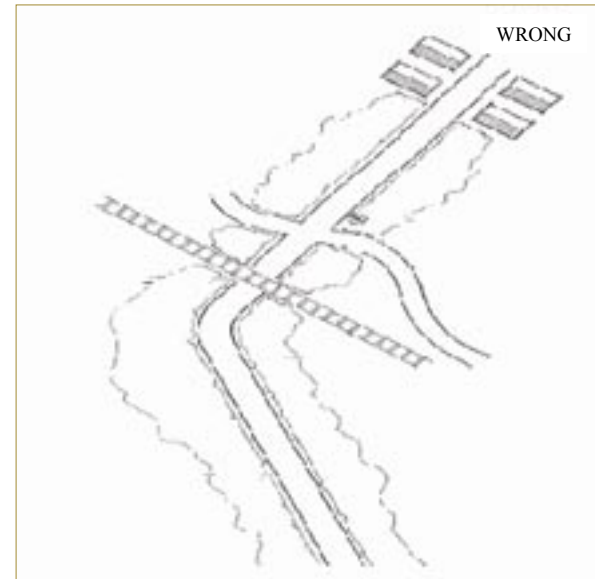


Figure 46: Accumulation of non visible railway crossing, road crossing and town entrance after a bend and a monotonous straight ahead section. [15]

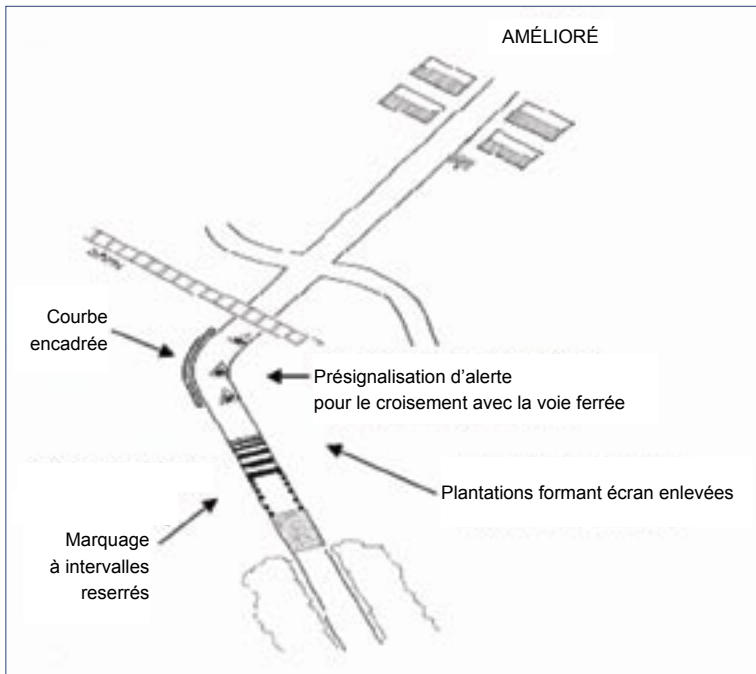


Figure 47 : Mesures d'avertissement en amont avant une accumulation de points critiques [15]

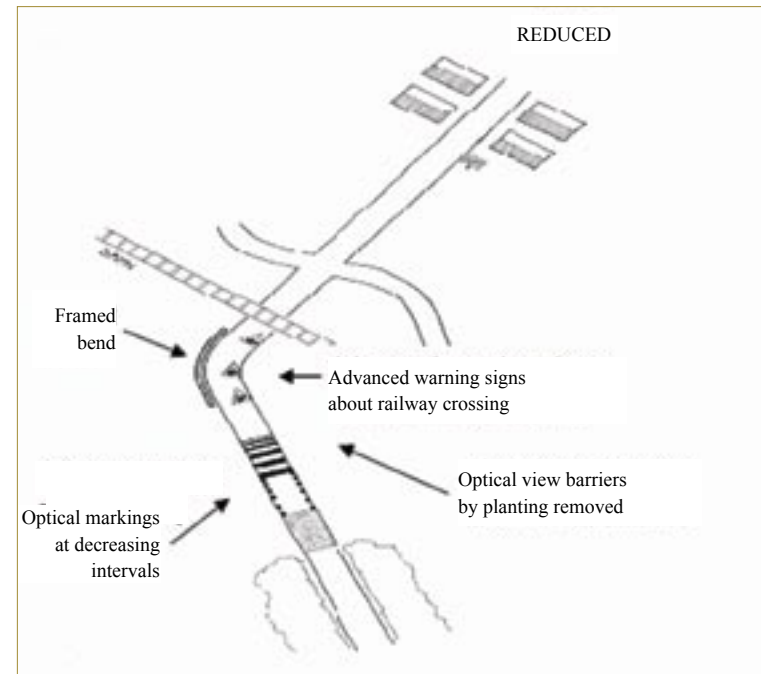


Figure 47: Advanced warning measures before the accumulation of critical points. [15]



5. Emplacements inhabituels, irréguliers ou illogiques de signaux et autres équipements.

- signaux non visibles contre leur arrière-plan (taille, contraste, luminosité insuffisante).



Figure 48 : Combien de signaux pouvez-vous détecter ?
Tracé non visible à un virage dangereux [20]



Figure 49 : Visibilité améliorée par des panneaux réfléchissants jaunes

5. Unusual, irregular or illogical design placement of signs and other road side facilities.

- Signs not visible against background (size, contrast, brightness not sufficient).



Figure 48: How many traffic signs you can detect?
Non visible course at a dangerous accident bend [20]



Figure 49: Improved visibility of signs by reflecting yellow signs:



- signalisation en opposition avec les caractéristiques de la route ;
- signal non en accord avec l'attente ;
- tracé de la route pas en accord avec le signal [17].



Figure 50 : la signalisation montre une autre direction que le tracé actuel, certains conducteurs tentent de suivre l'ancien tracé [22]

Figure 51 : Direction corrigée sur le panneau et marquage au sol, l'ancienne route est dissimulée [22]

C'est pourquoi ici deux points doivent être vérifiés :

- prédictibilité de la section projetée ;
- visibilité et compréhension des points critiques et des zones de transition.

L'examen requiert une compréhension intégrée de la section. Les sections sont examinées pour voir si elles sont pauvres ou surchargées en configuration (trop de signaux, de changements de vue, exigences inattendues ou illogiques). Les empêchements graves dans la prédictibilité d'une section peuvent être identifiés même sans avoir de modèle.

- Traffic signs are contrary to the road characteristics;
- Signposting not in accordance with expectation;
- Course of the road not in accordance with the sign [17].



Figure 50: Traffic sign shows another direction than the present course. Some drivers try to follow the old course. [22]

Figure 51: Corrected direction on the sign and supporting marking on the road, old course is concealed [22]

Therefore two items have to be checked here:

- Predictability of the planned road section;
- Visibility and understanding of critical points and transitional areas.

The examination requires an integrated understanding of a road section. The road sections are examined to find out whether they are poor or overloaded in design (too many signs, changes of view, unexpected or illogical requirements).

Serious impediments in the predictability of a road section can be identified even without having a model.



Figure 52 : Attente erronée de la situation rencontrée du fait de signaux trompeurs à une zone accidentogène [16]

► III.3. MESURES

Dans le cas de ruptures logiques détectées dans la configuration de la route, vous disposez de trois stratégies correctives :

1. Eliminer : concevoir des sections de route logiques !

Assurer une visibilité précoce et une perception claire des points critiques, là où les caractéristiques de la route requièrent un changement de régime de conduite y compris sorties et entrées de parking, et autres porches.

Eviter les ruptures logiques dans les sections ayant la même fonction la même configuration. Signaler les changements de fonction par des changements d'alignement et d'équipement.

2. Réduire : corriger les sections illogiques!

Annoncer les points critiques suffisamment tôt par un revêtement spécial de la route, des changements dans le cours de la route (par exemple un îlot de circulation). Offrir des sujets de fixation du regard qui asservissent l'axe visuel au point critique.

Utiliser un revêtement spécial tel que des zones colorées, un changement de revêtement, des marquages spéciaux, pour signaler les points critiques.

3. Minimiser : placer des avertissements dans les sections illogiques !

Signaler les défauts logiques identifiés par des ordres de comportement.

Installer des limites de vitesse de l'interdiction de doubler, disposer des signaux d'avertissement.



Figure 53: Corrected signing on the accident point. [16]

► III.3 MEASURES

In the case of detected logical breakings in the design of the road, there are three corrective strategies available:

1. Eliminate: design logical road sections!

Ensure an early visibility and clear understandability of critical points where road characteristics require a change of the driving programme, incl. parking lot exits, entrances and other gateways.

Avoid logical breaks in sections with the same function. Indicate change of functions by changes of alignment and road side facilities.

2. Reduce: correct illogical road sections!

Announce critical points early enough by special road surface, changes of road course (e.g., traffic island). Offer eye-catching objects that bond the visual axis to the critical point.

Use special road surface such as coloured areas, pavement change and special markings to indicate critical points.

3. Minimise: place warnings in illogical road sections!

Signal the identified logical deficits by signs and instructions.

Install speed limits, ban overtaking, set up warning signs.



► III.4. EXEMPLE : ENTRÉE DE VILLE NON PERCEPTIBLE

Le village/la ville commence derrière le panneau de ville. À partir de là s'applique la vitesse maximum de 50 km/h. Celui qui conduit plus vite risque une amende ou pire. Néanmoins la v_{85} – la vitesse de 85 % des conducteurs à cet endroit – est souvent beaucoup plus élevée que les 50 km/h autorisés. Beaucoup de panneaux de ville n'ont pas l'impact attendu sur le comportement de conduite à leur endroit. Ceci devrait amener les ingénieurs à appliquer des mesures conceptuelles ou au moins correctives. Cependant dans beaucoup d'endroits, ils ne disposent pas d'avertissement et se contentent d'un contrôleur stationnaire de vitesse ou de vérifications mobiles de temps en temps. La plupart des conducteurs contrôlés ne montrent pas de réelle culpabilité mais au contraire se considèrent comme victimes.

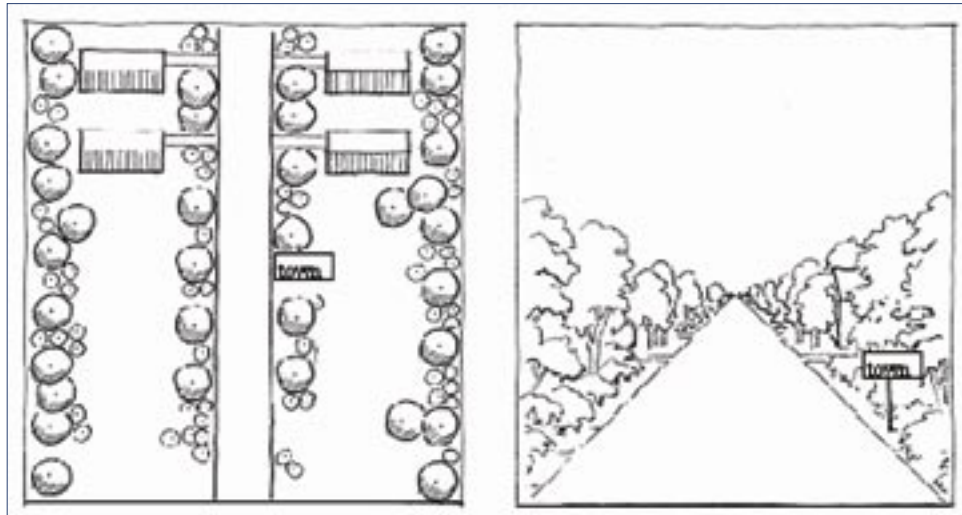


Figure 54 : Caractéristiques de la route en continuité malgré le changement de fonction :
 → Changement de fonction/entrée de ville non perceptible ;
 → Panneau de ville non perceptible et le changement de fonction n'est pas reconnu [15].

Les projeteurs formés aux Facteurs Humains décident maintenant d'installer un îlot de circulation. De cette façon ils créent une rupture dans le cours à l'entrée de la ville par le rétrécissement et le virage ainsi construits afin que le conducteur fasse montre d'un comportement adéquat. Cette disposition a du succès – mais n'est pas fiable dans tous les cas. Souvent la v_{85} remonte après l'îlot. C'est parce que l'îlot seul n'a qu'un effet temporaire sur le comportement, de même pour le panneau de ville, et non un effet durable sur le conducteur.

► III.4 EXAMPLE: INVISIBLE TOWN ENTRANCE

The village/town begins from a legal point of view after the town sign. From this point on the maximum speed of 50 km/h applies. Whoever exceeds the speed limit risks fines or worse. Nevertheless, v_{85} – the speed driven by 85% of the drivers at this place – is often much higher than the allowed 50 km/h. Many of the town signs do not have the expected impact on driving behaviour at the placement. This should cause engineers to apply design measures or at least corrective measures. However, in many places they do without any kind of warning and instead content themselves with a stationary speed controller or mobile speed checks now and then. Most of the controlled drivers do not feel particularly guilty but rather view themselves as victims.

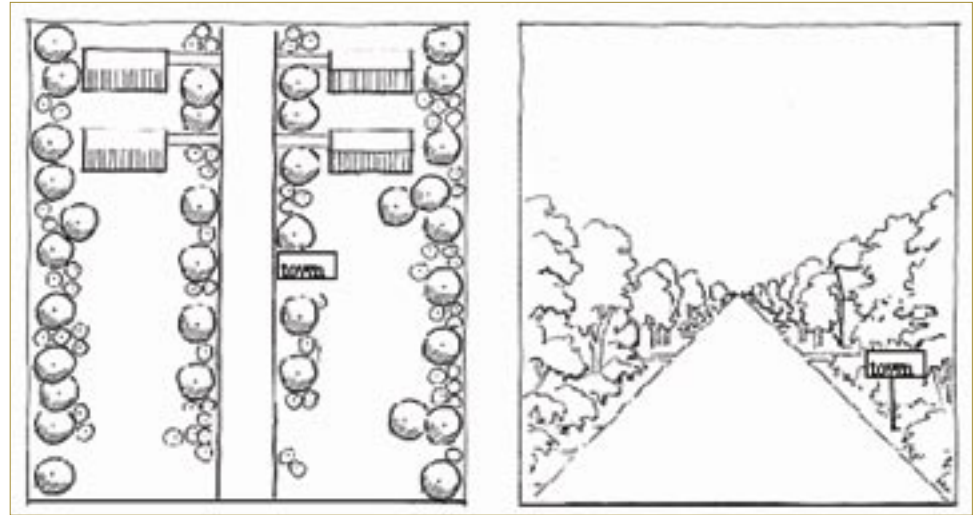


Figure 54: Continuing road characteristics despite change of function:
 → Change of function / town entrance not visible;
 → Town sign not visible and change of function cannot be assigned [15].

Planners who have been trained in human factors now decide in favour of the traffic island. In this way, they create a break in the course of the road at the town entrance through a narrowing and a bend of the road, forcing the driver to exhibit the appropriate behaviour. The plan is successful – but not reliable in each and every case. Often the v_{85} rises again beyond the traffic island. This is because the island alone, just as with the town sign alone has only a temporary effect on behaviour, and not a lasting effect on the driver.



En fait, les deux dispositions ensemble auraient un bien meilleur impact car l'îlot et le panneau se complètent et se renforcent mutuellement. De toute façon, l'effet peut-être amélioré significativement quand la route après le panneau et l'îlot a un aspect différent. Des bordures, des trottoirs, de l'éclairage, des plantations totalement différentes, des immeubles le long de la rue ainsi qu'un changement de revêtement de chaussée – c'est ce qui rend l'entrée de ville « crédible ». Seulement alors, le conducteur « saura » qu'il n'est plus sur une route libre hors les murs mais à l'intérieur des limites de la ville. Il y sera préparé et par conséquent la v_{85} tombera à 50-60 km/h et ne remontera pas.

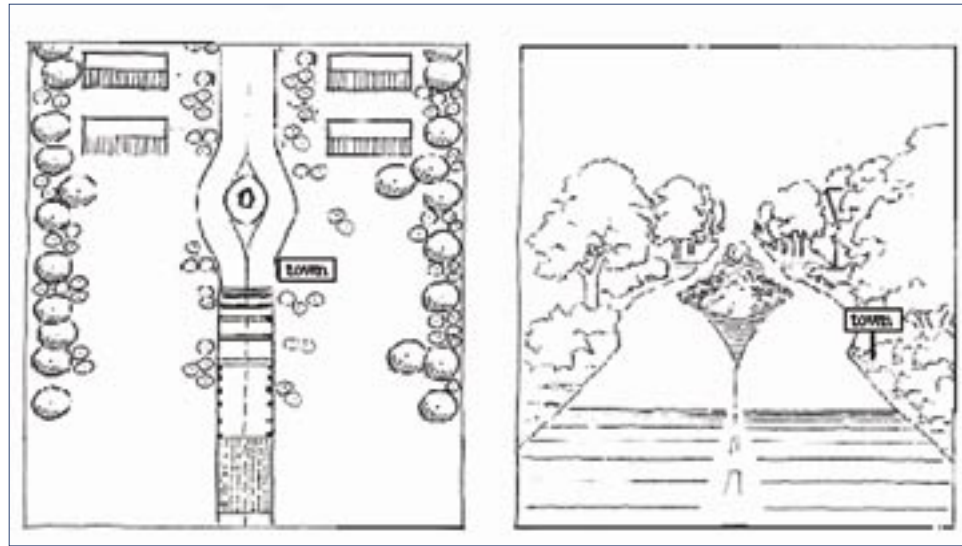


Figure 55 : Correction de la section illogique :

- îlot de circulation avec zone de transition, signale le changement de fonction ;
- des objets captant l'oeil guident le conducteur vers le point critique ;
- changement de fonction appuyé par un revêtement spécial (brillance/uni du revêtement, marquage sonores et similaires) ;
- panneau de ville clairement assignable au changement de fonction [15].

Ainsi, si vous voulez une entrée de ville effective et sûre alors vous n'avez pas d'alternative pour la localisation du panneau de ville. Celui-ci doit ouvrir la scène d'une ville qui non seulement déclare, annonce ou indique la fin de la conduite libre mais la provoque de façon convaincante. Dans le concept Facteur Humain le vieil adage allemand se vérifie : « avant tout l'appât doit avoir du goût pour le poisson! »

Indeed, both together would stand a much better chance, because the traffic island and the town sign complement and mutually strengthen each other. Anyway, the effect can be significantly improved when the road beyond the town sign and traffic island has a distinctively different look than the road up to that place. Kerbstones, footpaths, illumination, a totally different planting, buildings along the street as well as a change in the roadway surface – this is what makes the town entrance “believable”. Only now will the driver “know” that he is not on a free outbound road anymore but inside the town limits. He will be prepared for this and therefore the v_{85} goes down to 50–60 km/h and will not rise again that fast.

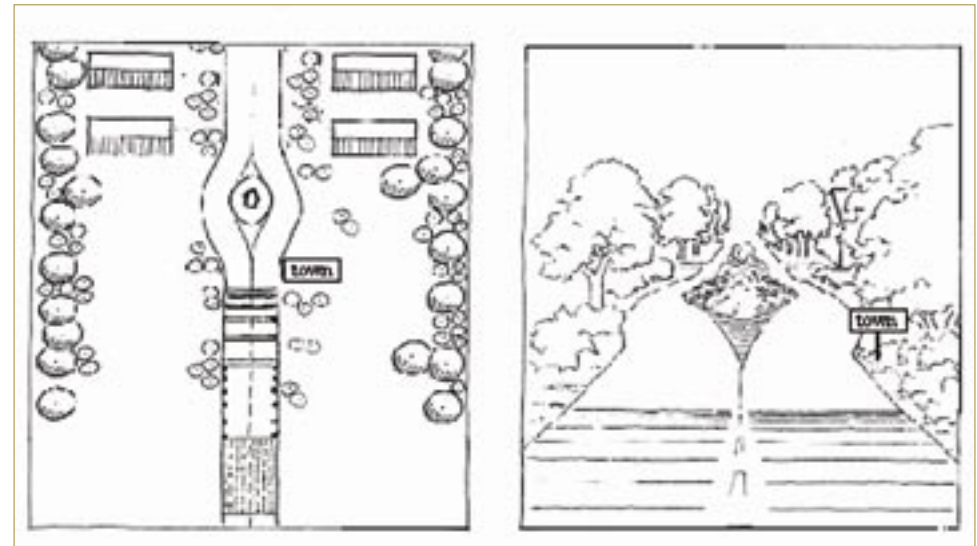


Figure 55: Correction of the illogical road section:

- Traffic island with a little shift in alignment signals the change of function;
- Eye-catching objects guide the driver to the critical point;
- Change in function supported by special paving (brightness/bumpiness of coating, noise causing marking and the like);
- Town sign can be assigned clearly to change of function [15].

So, if you want to have an effective and secure town entrance, then you do not have any alternative as to where to place the town sign. The town sign must open onto the scenery of a town, which not only alleges, announces or indicates the end of free driving, but convincingly causes it. As you know, in the human factors concept the old German saying is true: “First of all the bait must be tasty for the fish!”



Figure 56 : Bon exemple d'entrée de ville (Allemagne) [26]



Figure 56: Good example of a town entrance (Germany) [26]

IV. CONCLUSIONS

IV.1. DIFFICULTÉS DES INGÉNIEURS À DÉFINIR LES ERREURS HUMAINES LIÉES À LA CONCEPTION DE LA ROUTE

Lors de quatre sessions de formation sur les facteurs humains à l'intention d'ingénieurs routiers, d'entreprises de travaux publics et de commissions d'accidents, il a été observé que les types d'accidents impliquant des erreurs humaines dues à la conception de la route posaient des difficultés aux ingénieurs. Une session de formation de deux journées et demie a donc été mise en place. Elle comportait :

- les principes de base,
- trois modules d'une demi-journée avec études sur le terrain, documentation, discussions et bilan,
- un examen final.

La question était de savoir quelles erreurs liées aux facteurs humains les participants à une session de formation pouvaient repérer avant et après ces 2,5 journées de formation, et quelles conclusions peuvent être tirées des enseignements reçus.

La session de formation a rassemblé 34 ingénieurs routiers d'Allemagne, d'Espagne, des Pays-Bas, de la Croatie, de Finlande et de Suède. Un petit

IV CONCLUSIONS

IV.1 DIFFICULTIES FOR ENGINEERS TO IDENTIFY HUMAN FACTORS DESIGN MISTAKES

In four human factors training courses for road planners, constructors and accident commissions it was observed, that the classes of accident triggering HF mistakes in road design causes varying difficulties for the road engineers. A training course was planned and implemented for two and a half days which included:

- Basic instruction;
- Three half day units each with “on-the-spot” investigation, documentation, discussion, feedback; and,
- Final examination.

The question was, which HF mistakes participants of a training course can identify before and after two and a half days human factors training and what conclusions could be drawn from the instruction.

There were 34 road engineers from Germany, Spain, Netherlands, Croatia, Finland and Sweden. A little contest was organised between the investigation teams to



concours a été organisé entre les équipes d'étude afin de mieux cerner les résultats de l'apprentissage. Le *Tableau 3* résume ces résultats.

Tableau 3 : nombre d'erreurs de conception identifiées avant et après la session de formation sur les facteurs humains avec 34 participants internationaux.

Taux d'erreurs de conception repérées			
	Avant	Après	
1.	Déficit Axiome 6 secondes	35 %	66 %
2.	Déficit Axiome champ de vision	13 %	29 %
3.	Déficit Axiome logique	27 %	46 %

Le tableau montre que le contenu et la procédure du cours de formation étaient adaptés pour développer sensiblement les connaissances en matière de facteurs humains. Les trois sessions d'une demi-journée comportant une étude sur le terrain et un bilan ont assuré un enseignement pratique de bon niveau.

Le critère le plus facile à remarquer pour les ingénieurs était l'Axiome 6 secondes et les lacunes associées. Cela s'explique par le fait que la nécessité d'une annonce claire des points dangereux et l'aménagement de zones de transition est reconnue et appliquée dans de nombreux pays du monde.

Pour ce qui concerne l'Axiome du champ de vision, la formation a permis aux participants de doubler leur capacité de détection des lacunes. Cependant, étant donné le faible niveau de connaissances des ingénieurs routiers sur les principes d'espace et de perception de la vitesse en général, la capacité de détection restait plutôt faible à l'issue de la formation. Cela dit, les ingénieurs ont fait remarquer que la formation leur a permis d'acquérir un regard neuf sur la route et que ce domaine était le plus intéressant et le plus important pour eux.

Quant à l'Axiome logique, les progrès atteints sont satisfaisants car l'essentiel des déficits a pu être identifié.

On peut donc conclure que la connaissance des attentes des usagers et que les erreurs liées aux facteurs humains peuvent être intégrées rapidement et facilement dans les aménagements de sécurité routière par les autorités routières responsables.

► IV.2. RÉSULTATS DU PROFILAGE DES FACTEURS HUMAINS

Entre 2001 et 2006 dans le Land de Brandebourg (Allemagne), plus de 1 400 accidents ont été analysés sur la base des erreurs humaines liées à la

better the learning results. You can see an overview of the learning results in *table 3*.

Table 3: Statistical rate of identified HF design mistakes, before and after an HF training course with 34 international participants

Rate of identified HF design mistakes			
	Before	After	
1.	Deficits 6-Second Axiom	35%	66%
2.	Deficits Field of View Axiom	13%	29%
3.	Deficits Logic Axiom	27%	46%

The table shows that the content and procedure of the training course was appropriate to achieve a considerable increase in knowledge about human factors demands. The three half-day units with “on-the-spot” investigation and feedback ensure a practical learning on a good level.

It was easiest for traffic engineers to identify deficits in road design concerning the 6-Second Axiom. This result is explainable because the necessity of a clear announcement of critical points and the use of transitions is internationally well known and often practised.

Another result was that the training leads to a doubling in the detection rate concerning the Field of View Axiom. However, because there is naturally a poor basic knowledge about the laws of space and speed perception the detection rate remains after the training course at a lower level. The engineers stated they learnt to see a road with new eyes and this field was the most interesting and important for them.

The improved detection of design deficits concerning the Logic Axiom is sufficient because the essential deficits were identified.

Thus the conclusion can be drawn that the knowledge about user demands and human factors design mistakes can be integrated quickly and easily in the improvement of road safety by all responsible road authorities.

► IV.2 RESULTS OF HUMAN FACTORS PROFILING

From 2001 – 2006 in Brandenburg, Germany, there were more than 1,400 accidents analysed on the basis of the identified and previously referred



conception de la route. Toutes les erreurs possibles ont été compilées dans la “IST-Checklist 2007”, qui permet un audit systématique, contrairement aux enquêtes sur le lieu des accidents. Elle permet également une vérification systématique des exigences en matière de facteurs humains pour les Audits de sécurité routière (ASR) et les Inspections de sécurité routière (ISR).

La “IST-Checklist 2007” a servi d’outil principal pour le contenu de la formation. Dans cette checklist, toutes les erreurs liées aux facteurs humains sont synthétisées en trois Axiomes².

Sur les 1 400 accidents, 27 % étaient provoqués par des facteurs indépendants de la conception de la route. Il s’agissait de facteurs locaux, tel que la traversée d’animaux (16 %), les conditions météorologiques, des problèmes techniques ou des travaux routiers (8 %). Seulement 3 % étaient provoqués par une défaillance humaine (alcool, conduite agressive, inattention, effets de médicaments).

Au moins 68 % des accidents étaient provoqués par des erreurs liées aux facteurs humains. Il est donc possible d’agir en améliorant la lisibilité de la conception de la route.

² Cette liste a été validée dans le cadre du projet de recherche européen RANKERS. Il permet une prévision fiable de la probabilité des points et zones accidentogènes [27]. Elle a été testée grâce à un test aveugle dans le cadre de ce projet. Ce test aveugle a démarré sur deux routes du Brandebourg (Allemagne). Deux routes représentatives ont été définies (“L982-10” et “L98-30”) – l’une donnant lieu à peu d’accidents, l’autre à de nombreux accidents. Ce test reposait sur BASTa, un système expert pour la classification des routes à taux d’accidents élevé en Allemagne (Brandebourg).

L’objectif était de définir les points et zones d’accidents au cours d’une étude sur le terrain, en s’appuyant sur la checklist comportant les erreurs humaines liées à la conception de la route. Les résultats du test aveugle ont confirmé la concordance entre la probabilité définie et le nombre réel d’accidents. Sur 28 sections de routes, 20 ont fait l’objet de prévisions qui se sont confirmées. Huit sections ont été analysées comme dangereuses, mais sont restées sans aucun accident déclaré. Aucune section de route comportant des déclarations d’accident n’a été analysée comme étant “sûre”. Le rapport entre le score HF-Score et les accidents déclarés était de 0.61 (α 0.01).

L’analyse statistique montre que plus le nombre d’erreurs de conception pouvant provoquer des erreurs humaines est élevé, plus le nombre d’accidents déclarés est élevé. De plus, l’analyse des données montre que la “IST-Checklist” est également valable pour la prévision de la probabilité d’accidents pour d’autres situations telles que des virages, intersections, etc.

human factors mistakes in road design. All possible mistakes were condensed in the “IST-Checklist 2007”, which allows a systematic audit as opposed to the “on-the-spot” investigation of accident points or accident lines. It further allows also a systematic check of human factor demands within Road Safety Audits (RSA) and Road Safety Inspections (RSI).

The “IST-Checklist 2007” was used in the training courses as a main training instrument. In this checklist all human factor design mistakes are summarised into the three Axioms².

From an amount of 1,400 accidents, 27% were classified as accident causes that were not influenced by road design. They were caused by regional characteristics such as crossing deer (16%), weather, technical blackouts or road works (8%). Only 3% were caused by driver’s deficits such as alcohol, aggression, inattention or pharmaceuticals.

At least 68% of accidents were caused by human factors mistakes in road design and are therefore able to be influenced by an improved user friendly road design.

² This checklist has been validated in the European research project RANKERS. It allows a reliable prediction of the probability of accident spots and accident lines in road sections [27]. This was tested in a “blind test” within the RANKERS project. This blind test was started on two roads in Brandenburg, Germany. There were defined two representative roads (“L982-10” and “L98-30”) – one with few accidents and one with many accidents – based on BASTa, an expert system for registration of roads with high accident rates in Germany, Brandenburg.

It was the aim to identify the accident spots and accident lines in an “on-the-spot” investigation by using the checklist with all human factors design mistakes. The results of the blind test gave accordance between predicted accident probability and the actual number of accidents. From 28 road segments, 20 road segments were predicted correctly. 8 road segments were predicted to be dangerous, but stayed without any registered accidents. No road segment with registered accidents was predicted to be “safe”. The correlation between HF-Score and registered accidents was 0.61 (α 0.01).

The statistical analysis shows that the more human factors design mistakes can be identified the higher is the number of registered accidents. Furthermore, the analysis of the data shows that the “IST-Checklist” is also valid for the prediction of accident probability on other road situations like bends, junctions, etc.



Tableau 4: Statistiques – Proportion des erreurs de conception pour 1 400 accidents (Land de Brandebourg, Allemagne)

Statistiques: erreurs facteurs humains pour 1 400 accidents			
	Erreurs de conception	%	
I.	Facteurs indépendants de la conception de la route	383	27 %
1.	Animaux	219	16 %
2.	Météo, incident technique, travaux	117	8 %
3.	Défaillance du conducteur (alcool, conduite agressive, etc.)	47	3 %
II.	Facteurs dépendants de la conception de la route	953	68 %
1.	Lacune en Axiome 6 secondes	451	32 %
2.	Lacune en Axiome champ de vision	228	16 %
3.	Lacune en Axiome logique	274	20 %
III.	Cause inexplicable	64	5 %
Nombre total d'accidents		1 400	100 %

Ces résultats parlent clairement en faveur de l'intégration durable du concept des facteurs humains dans la planification routière, la construction et l'entretien. Cela souligne la nécessité de la prise en compte des principes de la perception des conducteurs, du traitement des informations, de la réglementation, et de la prise de décision au moment de la planification et de la construction des routes.

Il sera possible de réduire la probabilité d'erreurs opérationnelles, et donc de réduire le nombre d'erreurs de conduite pouvant entraîner des accidents, seulement en adaptant les normes techniques et de planification aux besoins des automobilistes.

Les commissions d'accidents pourront se référer aux erreurs de conception liées aux facteurs humains développées dans ce document pour mettre en place une nouvelle approche de l'évaluation des causes d'accident.

Les concepteurs de projets routiers peuvent les utiliser pour certifier leur méthode de planification. Les possibilités sont variées et prometteuses.

Par conséquent, il est fortement conseillé d'améliorer la conception des routes existantes et de celles en projet. Il faut aussi opter pour une conception de route explicite et conforme aux dernières innovations.#

Table 4: Statistics: Design-Mistakes in 1,400 accidents, Brandenburg (Germany)

Statistics: HF design mistakes in 1,400 accidents			
	Design Mistakes	%	
I.	Not Influencable by Road Design	383	27%
1.	Animals	219	16%
2.	Weather, technics, road works	117	8%
3.	Driver's deficit (alcohol, aggression, ...)	47	3%
II.	Influencable by Road Design	953	68%
1.	Deficits 6-Second Axiom	451	32%
2.	Deficits Field of View Axiom	228	16%
3.	Deficits Logic Axiom	274	20%
III.	Unexplained	64	5%
Sum of damaging events		1 400	100%

These results are a strong indicator for the sustainable integration of the human factors concept in road planning, construction and maintenance. They emphasise the need to take into consideration the laws of driver's perception, information processing, act regulation and decision making when roads are planned and constructed.

It will be possible to reduce the probability of operational errors and ultimately reduce the amount of driving errors that can result in accidents only by adapting road technical and planning standards to the needs of the driver.

Accident commissions can use human factors design mistakes referred to in the Guideline for a new approach in determining accident causes.

Road constructors can use it to qualify their planning process. The possibilities are various and promising.

Thus:

Improve existing and planned road design appropriate to human needs. Go for a self-explanatory and state of the art user-friendly road design!



V BIBLIOGRAPHY / REFERENCES

- [1] Cohen, A. S.; Zwahlen, H.T. (1989). Blicktechnik in Kurven. Wissenschaftliches Gutachten. Schweizerische Gesellschaft für Unfallverhütung, bfu-report 13
- [2] Otten, N.; Schroiff, H.-W. (1988). Untersuchungen zu Determinanten der Geschwindigkeitswahl. Bericht zum Forschungsprojekt 8525/2 der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bereich Unfallforschung, Nr. 169
- [3] Burkhardt, C. (1965). Fahrbahn, Fahrzeug und Fahrerverhalten. In: Hoyos, C. G. (1965). Psychologie des Straßenverkehrs. Bern: Hans Huber Verlag
- [4] Cohen, A.S. (1987). Blickverhalten und Informationsaufnahme von Kraftfahrern. In: Bericht zum Forschungsprojekt 8306/3 der BaSt, Bergisch Gladbach, Nr. 168
- [5] Zwieli, F., Reker, K.; Flach, J. (2001). Fahrerverhaltensbeobachtungen auf Landstraßen am Beispiel von Baumalleen. Eine Untersuchung mit dem Fahrzeug zur Interaktionsforschung Straßenverkehr. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Mensch und Sicherheit, Heft M 124
- [6] Lozano, E. E. (1988). Visual needs in urban environments and physical planning. In: J.L. Nasar (Ed.). Environmental Aesthetics. Theory, research & applications. Cambridge: Cambridge University Press.
- [7] Berlyne, D. E. (1971). Aesthetics and psychobiology. New York: Appleton-Century-Crofts
- [8] Herberg, K.-H.: Auswirkungen des Straßenbildes und anderer Faktoren auf die Geschwindigkeit. In: Flade et.al. (1994). Mobilitätsverhalten. Bedingungen und Veränderungsmöglichkeiten aus umweltsychologischer Sicht. Weinheim: Beltz, Psychologie –Verlags -Union
- [9] Klebelsberg, D. (1963). Eine Methode zur empirischen Ermittlung des “psychologischen Vorrangs” an Straßenkreuzungen und -einemündungen. In: Leutzbach, W.; Papavasiliou, V (1988). Wahrnehmungsbedingungen und sicheres Verhalten im Straßenverkehr: Wahrnehmung in konkreten Verkehrssituationen. Bericht zum Forschungsprojekt 8306 der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bereich Unfallforschung, Nr. 177.
- [10] Cohen, A. S.; Imholz, J.; Siegrist, J.: Erforderliche Abweichung zwischen Blick- und Fahrtrichtung für die sichere Fortbewegung beim Befahren von Engpässen. In: Schlag, B. (1997). Fortschritte der Verkehrspsychologie 1996. Deutscher Psychologen Verlag
- [11] Sporbeck, O.; Stauff, M.; Bielenberg, H.; Birth, S.; Staadt, H. (2002). Hinweise zur Verkehrslenkung und optischen Orientierung durch Bepflanzung (HVO) an Bundes- und Landesstraßen (außerorts) im Land Brandenburg. Ministerium für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr
- [12] Goldstein, E. B. (1997). Wahrnehmungspsychologie: Eine Einführung. Heidelberg, Berlin, Oxford: Spektrum, Akad. Verl.
- [13] Gegenfurtner, K.; Sharpe, L. T. (1999). Color vision: from genes to perception. New York: Cambridge University Press.
- [14] Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen e. V. (FGSV), Hrsg., Köln: Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS-L) – Teil, Linienführung:
- [15] Ministry of Infrastructure and Regional Development, Brandenburg: Human Factors Guideline, Birth/Sieber 2004
- [16] Ministry of Infrastructure and Regional Development, Brandenburg: Report “Psychological preconditions for fly-over junctions”, Dr. Sibylle Birth 2004
- [17] Ministry of Infrastructure and Regional Development, Brandenburg: Report “Psychological effectiveness of fluorescent and reflecting signs – Human Factors profiling of accident spots in bends”, Dr. Sibylle Birth 2004
- [18] Ministry of Infrastructure and Regional Development, Brandenburg: Guideline for optical orientation by planting, Birth/Staadt/Sporbeck 2002 (HVO)
- [19] Ministry of Infrastructure and Regional Development, Brandenburg: Report “Human Factors Accident Profiling B1/Werder-Geltow”, Birth 2001
- [20] Ministry of Infrastructure and Regional Development, Brandenburg: Report “Human Factors Accident Profiling L291”, Birth 2003
- [21] Ministry of Infrastructure and Regional Development, Brandenburg: Report “Human Factors accident analysis B109/140”, Birth 2003
- [22] Intelligenz System Transfer: HF-Training for Engineers, Birth/Pflaumbaum/Sieber 2006
- [23] National Company for Motorway and National Roads, Technical Assistance of European Union, Report “Road Safety Inspection in Romania”, Vollpracht 2006
- [24] Roth, 1973 in Cohen, 1984: Einflussgrößen auf das nutzbare Sehfeld.“Bericht zum Forschungsprojekt 8005 der BaSt, Bereich Unfallforschung“ Nr. 100, Cohen, A. S. (1984)
- [25] Francois Ganneau, 2006. Paysage et lisibilité de la route - Eléments de réflexion pour une démarche associant la sécurité routière et le paysage, (Road Environment and Legibility), Sétra, 2006
- [26] Ministry of Infrastructure and Regional Development, Brandenburg: “Leitfaden für die Gestaltung von Ortsdurchfahrten in Brandenburg (OD-Leitfaden)“ , Potsdam, 2000
- [27] Ranking for European Road Safety (RANKERS) Research Project funded under the 6th Framework Program of the European Community: “Behaviour setting elements of road design – a way to self-explaining roads: Validation of the IST-Checklist 2005 : Project Report of Work Package 3: Expert Assistance for Safety Review of Rural and Urban Roads (single carriageway roads).

APPENDIX: ITS CHECKLIST 2007

ITS-Checklist 2007						
Road-No:	Kilometre:	ascending/descending direction:	Searcher:	Date:		
Class I - 6-Second Axiom						
1. Moderation of the transitional area	v (km/h)	Length min (m)	Length max (m)	ACTUAL 1 = yes, 0 = no	TARGET 1 = relevant, - = irrelevant	%
<ul style="list-style-type: none"> • advance warning section exists? • orientation section exists? • approach section exists? • braking section exists? Moderation of transitional area total						
2. Perception and Visibility	v (km/h)	Length min (m)	Length max (m)	ACTUAL 1 = yes, 0 = no	TARGET 1 = relevant, - = irrelevant	%
<ul style="list-style-type: none"> • critical point obvious and visible <ul style="list-style-type: none"> • no restricted visibility (plants, buildings, traffic facilities, ...) • traffic facilities clearly visible (traffic signs, traffic lights, markings, ...) • each critical point obvious and visible (crossings, driveways, road bends, bus/tram stops, ...) • day: illumination and luminance of surface/traffic signs sufficient • night: illumination and luminance of surface/traffic signs sufficient • bends: visible <ul style="list-style-type: none"> • bend is not on/behind a rise • bends outside shoulder and is marking is visible • inside bend is not obscured • crossings - minor road: visibility over the critical point possible? • priority traffic is visible at least 6-10 sec ahead • critical point is not on a rise • critical point is in a far visible dip • critical point is not in a bend 						

Class II - Field of View Axiom						
1. Moderation of the transitional area	v (km/h)	Length min (m)	Length max (m)	ACTUAL 1 = yes, 0 = no	TARGET 1 = relevant, - = irrelevant	%
<ul style="list-style-type: none"> • crossings - minor road: unmistakable right of way? • minor road is narrower than the main road • surface of the main road is of higher grade than the one of the minor road • surface of minor road interrupted and/or with colour variations continuous surface of the main road Perception and visibility total 6-Second Axiom total						
1. Moderation of the transitional area	v (km/h)	Length min (m)	Length max (m)	ACTUAL 1 = yes, 0 = no	TARGET 1 = relevant, - = irrelevant	%
<ul style="list-style-type: none"> • monotonous approaching section/surroundings of road avoided? • diversified planting (variation in heights, distances, ...) • good light and colour contrasts • no distraction (e.g. by eye-catching objects) • long/far visible approaching sections before critical points avoided? • space well structured e.g. by eye-catching objects • space well structured e.g. by winding alignment Optical density of the field of view total						
2. Lateral space structure	v (km/h)	Length min (m)	Length max (m)	ACTUAL 1 = yes, 0 = no	TARGET 1 = relevant, - = irrelevant	%
<ul style="list-style-type: none"> • superstructures without design deficiency? <ul style="list-style-type: none"> • equal height • symmetrical • parallel • good position of eye-catching objects? <ul style="list-style-type: none"> • eye catching objects in the side frame avoided • eye catching objects symmetrical • eye catching objects with equal distances to road edge 						

