



**CAHIERS  
D'ÉTUDES**

*Cahier d'Etude N° 59  
Octobre 1983*

**PERCEPTION ET CONTROLE DE LA VITESSE  
EN CONDUITE AUTOMOBILE**

CDAT  
15062

**L'ORGANISME NATIONAL DE SÉCURITÉ ROUTIÈRE**

*est une association ayant pour objet de procéder aux études et recherches de toutes natures sur les accidents de la circulation routière et sur les mesures destinées à accroître la sécurité de cette circulation, ainsi que de promouvoir toutes activités ayant le même objet. Les Ministères intéressés à la sécurité routière sont représentés dans son Conseil d'Administration.*

*Président : E. BIDEAU*

*Directeur : J. Moreau de St Martin*

*Les bulletins peuvent être reproduits librement sous réserve que l'origine :  
« Cahiers d'Études de l'Organisme National de Sécurité Routière »  
soit mentionnée.*

*Siège social et Administration .*

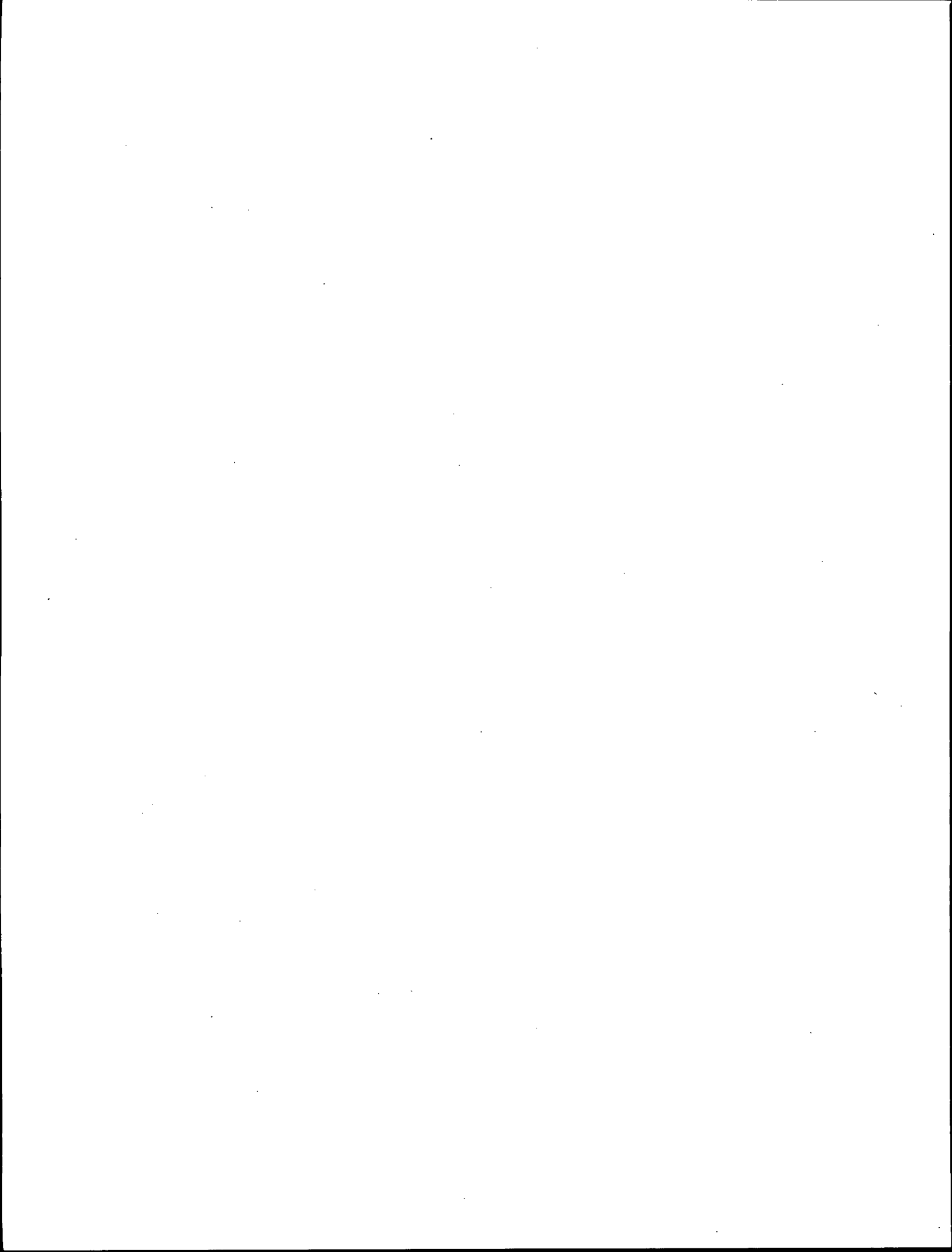
*2, avenue du Général-Malleret - Joinville, 94114 Arcueil Cédex.*

**PERCEPTION ET CONTROLE  
DE LA VITESSE EN  
CONDUITE AUTOMOBILE**

**REVUE BIBLIOGRAPHIQUE**

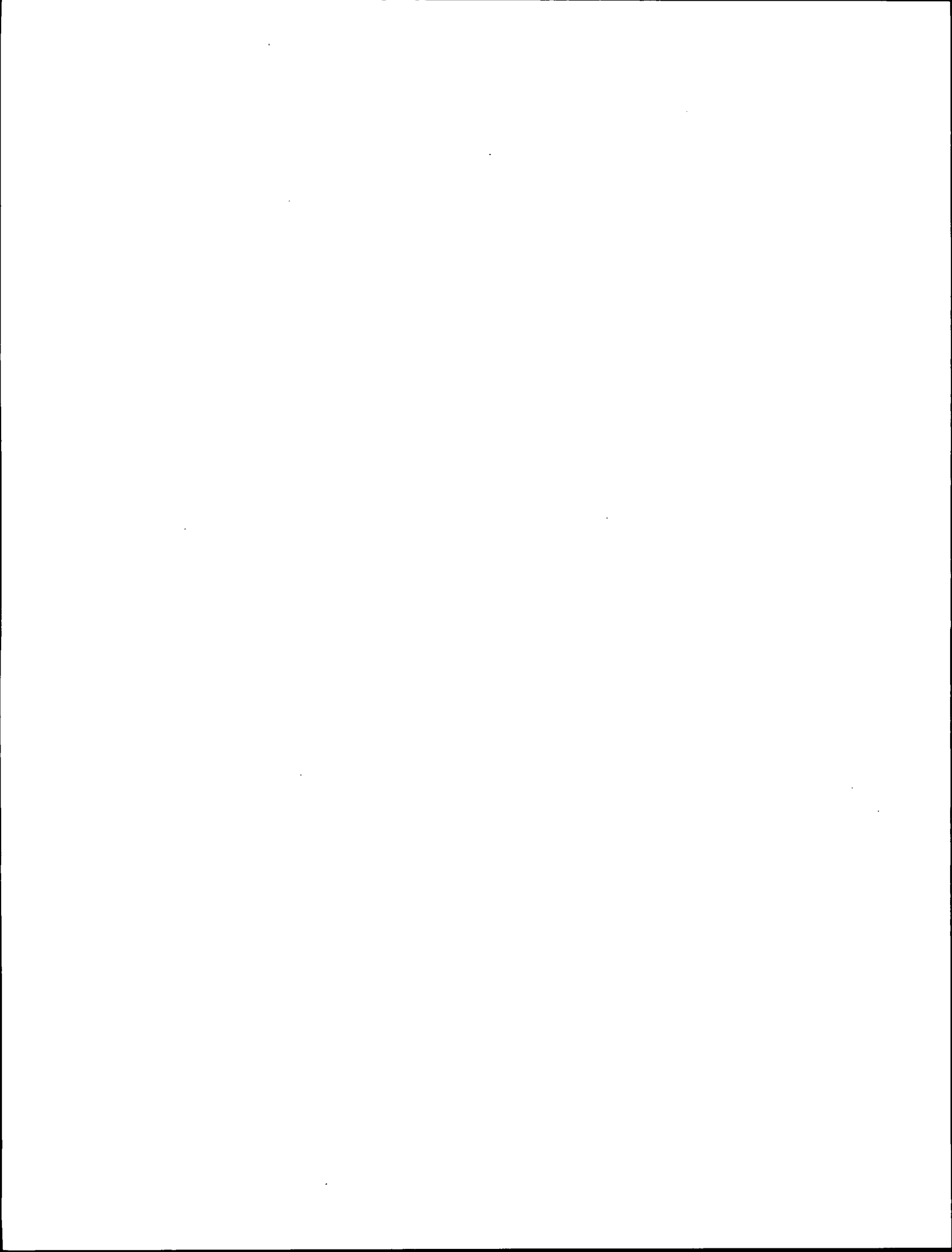
Octobre 1983

**F. SAAD**  
Psychologue, chargée d'étude



## SOMMAIRE

	Pages
<b>RESUME</b> .....	4
<b>I. INTRODUCTION</b> .....	7
<b>II. POSITION DU PROBLEME ET METHODOLOGIE GENERALE DANS LES TRAVAUX EXAMINES</b> .....	8
<b>III. EXAMEN DES FACTEURS AFFECTANT LA PERCEPTION DE LA VITESSE</b> .....	8
III.1. Analyse des effets liés à la vitesse .....	9
III.2. Analyse des effets liés à l'environnement .....	13
III.3. Synthèse des résultats .....	19
<b>IV. CONCLUSION</b> .....	20



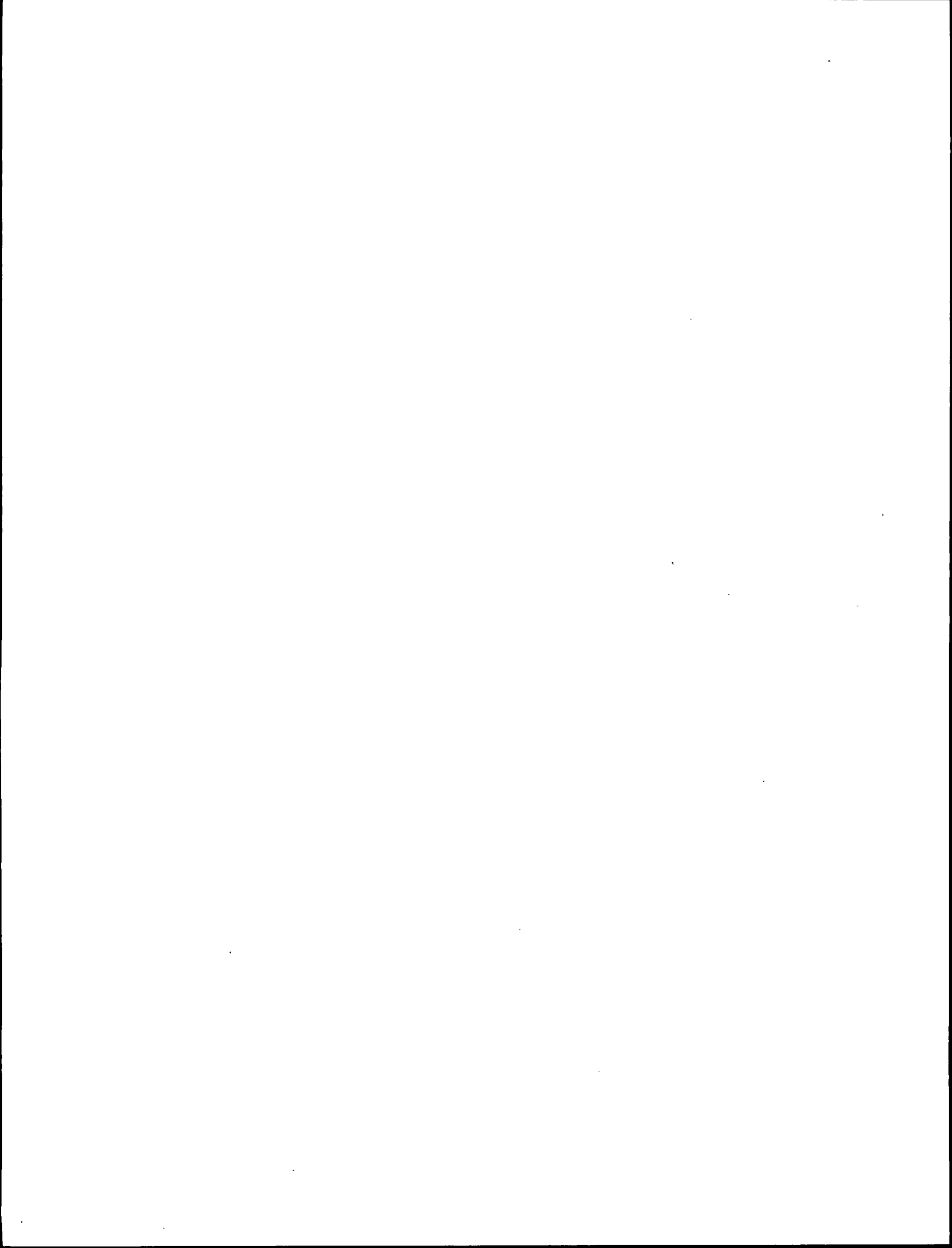
## RESUME

L'objet de cette revue bibliographique consacrée à l'analyse des travaux sur la perception de la vitesse en conduite automobile est de dégager les principaux résultats établis dans ce domaine et d'en examiner les implications au niveau du contrôle de la vitesse et de la sécurité du déplacement.

Les principaux résultats indiquent que la perception de la vitesse est sujette à distorsion et plusieurs facteurs ont été identifiés :

- Facteur lié au changement de vitesse : à la suite d'une variation de vitesse (accélération ou décélération) l'appréciation du conducteur est altérée. L'erreur est d'autant plus importante que la variation pratiquée est grande.
- Facteur lié à l'adaptation à la vitesse : sous-estimation de la vitesse avec la durée de conduite.
- Facteur lié à la structure du champ visuel : sur ou sous-estimation de la vitesse liée à l'importance des indices perceptifs dans le champ visuel.

L'identification de ces facteurs affectant l'appréciation des conducteurs a permis de mettre en évidence des situations et/ou conditions de conduite « critiques » du point de vue du contrôle de la vitesse par le conducteur telles que les situations de transition (traversée d'agglomération, virage, bretelles de sortie d'autoroute), les situations de maintien d'une vitesse de longue durée (conduite sur route et autoroute), les conditions de conduite à visibilité réduite (conduite de nuit, dans le brouillard ...).





## I. INTRODUCTION

La vitesse pratiquée par les conducteurs est généralement considérée comme un facteur important pour la sécurité du déplacement. Son rôle au niveau des dysfonctionnements du système de circulation fait l'objet de nombreux débats (CHICH, 1981). Un certain nombre de mesures légales témoignent de ces considérations : limitation de vitesse imposée aux conducteurs débutants, limitation en des points singuliers considérés comme dangereux, enfin plus récemment, limitation généralisée sur routes et autoroutes.

Dans le domaine de la sécurité routière de nombreuses recherches sont consacrées à l'analyse de ce problème en vue de définir des moyens susceptibles d'influer sur les vitesses pratiquées par les conducteurs. La définition de ces moyens doit se fonder sur l'examen des exigences et des contraintes de réalisation de la tâche.

Dans la plupart des situations de conduite, le contrôle de la vitesse du véhicule par le conducteur est une composante essentielle de la tâche, condition d'un ajustement optimal à l'environnement routier. Ceci signifie qu'en toutes circonstances, le conducteur adopte une vitesse compatible avec les exigences de maintien d'une trajectoire et d'évitement des obstacles susceptibles d'entraver son cheminement. Il doit de plus, compte-tenu de la réglementation, respecter certaines vitesses seuils.

Pour contrôler sa vitesse, le conducteur dispose de plusieurs sources d'information dont le tachymètre ou compteur de vitesse qui présente une information métrique. Des études ont montré que dans la pratique habituelle le tachymètre est peu utilisé, le conducteur se fondant davantage sur son appréciation directe, à partir des informations en provenance de l'environnement et du véhicule (DENTON 1969, SAAD-MALATERRE, 1982). Il importe de ce fait de savoir si le conducteur apprécie correctement sa vitesse de déplacement et de mettre en évidence le rôle de ces différentes informations au niveau de la perception. Un certain nombre de travaux ont été consacrés à l'analyse de ce problème.

L'objet de cette revue bibliographique est de dégager les principaux résultats établis dans ce domaine et d'en examiner les implications au niveau du contrôle de la vitesse et de la sécurité du déplacement. Plus précisément, à travers l'analyse des caractéristiques et des limitations de l'appréciation de la vitesse par le conducteur nous avons cherché à mettre en évidence les situations et conditions de conduite critiques du point de vue du contrôle.

Le travail présenté ici reprend et complète un précédent examen bibliographique (F. SAAD, 1974).

## II. POSITION DU PROBLEME ET METHODOLOGIE GENERALE DES ETUDES

Les travaux réalisés dans le domaine de la conduite automobile ont cherché à étudier la capacité du conducteur à apprécier sa vitesse de déplacement et à mettre en évidence les facteurs affectant sa perception.

Les variables pouvant intervenir dans l'appréciation de la vitesse du véhicule sont nombreuses, on peut les distinguer selon qu'elles sont liées :

- au conducteur (âge, état physique, niveau d'expérience dans la conduite),
- au véhicule (vibrations, niveau sonore, tenue de route ...),
- à l'environnement (visuel, auditif),
- à la vitesse même du déplacement (niveau de vitesse, accélération ...).

Les travaux examinés se sont centrés essentiellement sur l'analyse des variables liées à la vitesse et à l'environnement dans lequel s'effectue le déplacement.

La perception du conducteur a été étudiée de manière expérimentale :

- le plus souvent en **situation de conduite contrôlée**, où ne sont pris en compte que certains éléments ou variables de la situation réelle. Ces études sont généralement réalisées en circuit fermé (absence de trafic) et avec un véhicule expérimental, le sujet étant le plus souvent conducteur du véhicule,
- quelques études ont été réalisées à l'aide d'un **simulateur de conduite**.

La méthode d'étude consiste à comparer la vitesse réelle du véhicule à la vitesse perçue par le conducteur. Plus précisément deux méthodes sont utilisées :

- **une méthode directe** : le conducteur est guidé jusqu'à une vitesse donnée, puis l'expérimentateur lui demande d'estimer cette vitesse oralement et en valeur numérique. C'est la **technique d'estimation**. L'expérimentateur demande au conducteur d'atteindre une vitesse donnée, qui lui est exprimée en valeur numérique. C'est la **technique de production**.
- **une méthode indirecte** : l'expérimentateur guide le conducteur jusqu'à une vitesse donnée, quantitativement non connue de celui-ci, puis cette vitesse atteinte, le conducteur doit la réduire ou la multiplier d'une fraction donnée (technique de production). A aucun moment on ne fait intervenir la valeur numérique du stimulus. Le problème de spécifier des unités n'apparaît pas.

## III. EXAMEN DES FACTEURS AFFECTANT LA PERCEPTION DE LA VITESSE

Les premiers travaux réalisés dans ce domaine ont cherché à étudier la capacité du conducteur à estimer sa vitesse de déplacement (SUHR, LAUER et ALLGAIER, 1958, BARCH, 1958, SNIDER 1967). Le conducteur est guidé au cours d'essais successifs, jusqu'à différentes vitesses qu'il doit estimer. Les résultats indiquent que ce n'est que pour les vitesses comprises entre 50 et 70 km/h (35 et 45 Mph) que les estimations des conducteurs sont relativement exactes. Pour les autres valeurs ils commettent des erreurs d'appréciation (sous-estimation des vitesses inférieures à 50-70 km/h et sur-estimation des vitesses supérieures).

**DENTON (1966)** a cherché à établir une **échelle subjective de la vitesse**, en vue d'étudier la relation entre vitesse perçue et vitesse réelle. Utilisant la technique de fractionnement citée plus haut, il a essayé de décrire les résultats obtenus à l'aide d'une loi de puissance du type  $\Psi = k.S^n$  loi qui s'était avérée fructueuse dans l'étude des jugements psychophysiques concernant les poids, les sons ... où S est la grandeur du stimulus physique présenté,  $\Psi$  est la grandeur du stimulus estimé par les sujets, n est une constante propre à chaque type de stimulus étudié.

Les résultats indiquent que les conducteurs sous-estiment leur vitesse quand ils décélèrent et la sur-estiment quand ils accélèrent. DENTON en conclut qu'il n'existe pas de relation fixe entre la sensation du conducteur et la vitesse réelle à laquelle il se déplace. Cette relation change en fonction notamment des conditions du déplacement. La recherche et l'étude des facteurs affectant la perception apparaît alors comme la voie de recherche à développer.

C'est dans ce sens que se sont orientés les travaux que nous allons présenter ci-dessous. Il faut souligner que ce type d'approche permet de mettre en évidence des « aspects critiques » du point de vue du contrôle de la vitesse par le conducteur et suggère ainsi une réflexion sur les implications et les possibilités d'intervention au niveau de la sécurité routière.

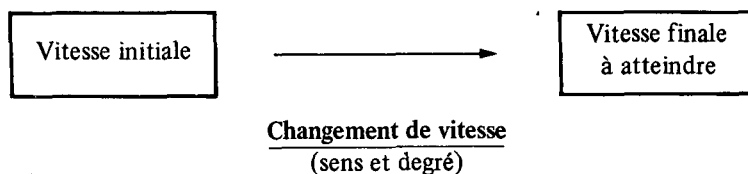
Dans la présentation des divers travaux examinés, nous avons cherché à mettre en évidence les situations et les conditions de conduite où les facteurs étudiés sont susceptibles d'affecter l'appréciation de la vitesse.

### III.1. ANALYSE DES EFFETS LIES A LA VITESSE

#### III.1.1. Rôle des changements de vitesse

DENTON (1966) notait à partir de l'expérience citée plus haut que les estimations du conducteur ne sont pas uniquement fonction de la vitesse du véhicule mais que le degré de changement de vitesse et le sens de ce changement influençaient ces estimations.

Voulant étudier plus en détail ce phénomène, DENTON (1967) place les conducteurs en situation de changement de vitesse et analyse l'effet de deux variables (de vitesse) sur leurs estimations : l'amplitude de la vitesse initiale (S) et le degré et le sens du changement de vitesse (R) précédant l'estimation de la vitesse finale.

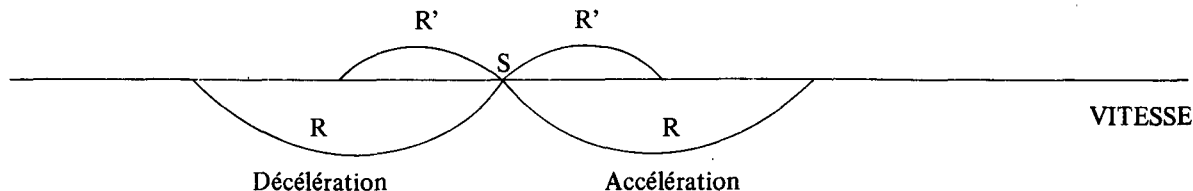


Les résultats montrent que : (cf. figure 1)

- Quand le conducteur décélère, la vitesse initiale S a peu d'effet sur l'exactitude des estimations et c'est R qui est le facteur dominant. Plus le degré de changement de vitesse est grand plus l'erreur subjective du conducteur est importante.
- Quand le conducteur accélère l'erreur subjective est à la fois affectée par S et par R.

D'une manière générale on peut dire que le conducteur produit toujours moins de changement de vitesse que ce qui lui est demandé :

Soit S la vitesse initiale,  
 R le changement de vitesse à produire,  
 R' le changement de vitesse produit.



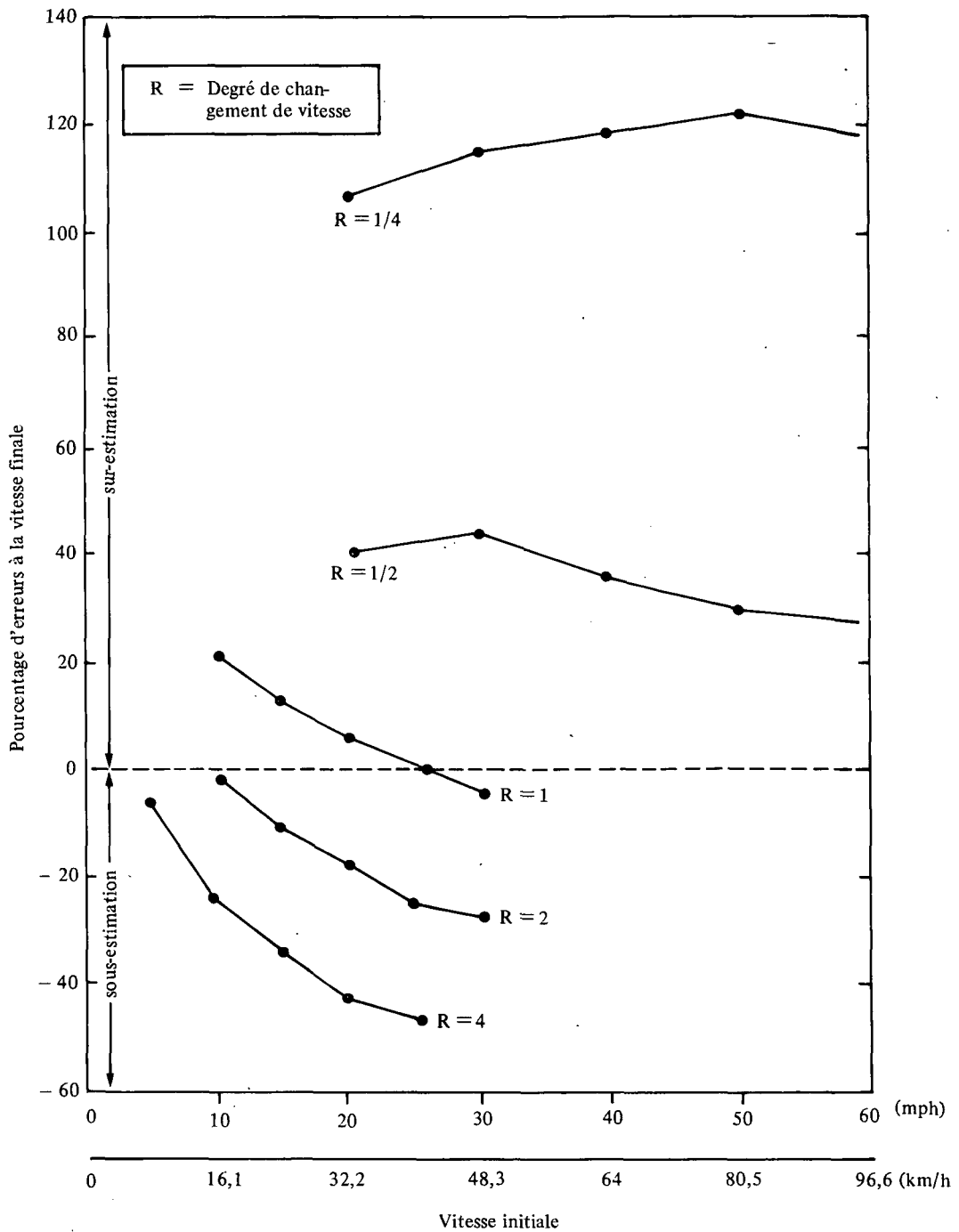


Figure 1 : Les conducteurs doivent multiplier leur vitesse initiale par  $R = 2$  et  $R = 4$  (accélération) et  $R = 1/2$  et  $R = 1/4$  (décélération). Les résultats sont exprimés en pourcentage d'erreur à la vitesse finale en fonction de la vitesse initiale (DENTON. 1967).

Il faut remarquer que dans cette expérience DENTON ne contrôle pas le temps mis par les conducteurs pour réaliser les différents changements de vitesse. Ainsi, il ne tient pas compte du taux d'accélération (positif ou négatif). Or, on peut considérer que ce taux constitue une variable importante qui intervient dans la perception de la vitesse et devrait être contrôlé.

SALVATORE (1967) dans une étude sur les modalités perceptives de la perception de la vitesse (qui sera présentée plus loin) a fait intervenir cette variable : il compare l'estimation de la vitesse par le conducteur selon deux niveaux d'accélération imposés pour atteindre les vitesses à estimer (1 mph/s et 5 mph/s). Il constate que le taux d'accélération le plus grand conduit à une sous-estimation de la vitesse plus importante, cette erreur augmentant avec la vitesse. Cette étude bien que limitée témoigne bien du fait que le taux d'accélération est susceptible de jouer un rôle important dans la perception de la vitesse.

### III.1.2. Rôle de la durée de conduite à une vitesse constante

Un autre facteur important affectant la perception du conducteur est lié à la durée d'exposition à une vitesse constante, qui conduit à une sous-estimation de cette vitesse avec le temps (effet d'adaptation).

BARCH (1958), le premier, tenta de mettre en évidence l'effet d'adaptation à une vitesse initiale sur l'estimation de la « vitesse actuelle » résultant d'une décélération. Mais il n'obtint aucun effet significatif en utilisant une vitesse d'adaptation de 50 mph (80 km/h) pendant une durée de 8 mn. Il fait alors l'hypothèse que l'échec de la démonstration peut être dû au fait que l'adaptation n'apparaît qu'avec des périodes de temps plus longues et une vitesse constante plus élevée que celles utilisées dans son expérience ou bien les deux à la fois.

Partant de ces résultats SCHMIDT et TIFFIN (1969) choisirent :

- une vitesse d'adaptation de 70 mph, (soit 113 km/h),
- différentes durées d'exposition à cette vitesse (durée nulle, 5 secondes, 20 miles et 40 miles parcourus),
- enfin, une vitesse actuelle à estimer de 40 mph, (soit 64 km/h). Cette vitesse étant choisie sur la base des travaux précédents qui montraient que les vitesses comprises entre 35-45 mph étaient bien estimées par les conducteurs (erreur minima).

Ils étudièrent l'influence de la durée d'exposition à la vitesse initiale sur l'exactitude de l'estimation de la vitesse actuelle. Les résultats montrent très nettement que plus la durée d'exposition à la vitesse initiale augmente plus la perception de la vitesse actuelle est affectée dans le sens d'une sous-estimation. (cf. tableau 1).

durée d'exposition	vitesse réelle estimée pour 64 km/h
Sans durée d'exposition	66,24 km/h
Après 5 sec. à 113 km/h	71,2 km/h
Après 32 km à 113 km/h (environ 17 minutes)	80,8 km/h
Après 64 km à 113 km/h (environ 30 mn)	85,44 km/h

Tableau 1 : Vitesse réelle moyenne estimée pour 64 km/h selon la durée d'exposition à une vitesse préalable de 113 km/h (SCHMIDT ET TIFFIN, 1969).

Les auteurs soulignent de plus que tous les sujets interrogés après l'expérimentation, avaient connaissance de ce phénomène et ont tenté au cours des différents essais de faire des corrections en vue d'en compenser les effets. Ces corrections apparaissent insuffisantes à réduire la distortion perceptive due à l'adaptation à la vitesse.

DENTON (1972) a étudié l'effet d'adaptation sur un simulateur de conduite selon une méthode différente. Le sujet était conduit par l'examineur jusqu'à une vitesse de 70 mph puis après deux ou trois secondes à cette vitesse, le contrôle lui était donné. La consigne fournie au sujet était de « maintenir sa vitesse constante quels que soient les changements que pouvait introduire la machine ».

Du fait de l'adaptation, le sujet pense qu'il ralentit et pour maintenir sa vitesse subjective constante est amené à augmenter progressivement sa vitesse réelle. Celle-ci croît exponentiellement vers une valeur asymptotique (approximativement 80 mph).

Voulant étudier l'effet d'adaptation sur la perception d'une vitesse consécutive plus basse, DENTON choisit une vitesse d'adaptation de 70 mph (113 km/h) à laquelle le sujet est exposé pendant trois minutes. Puis l'expérimentateur réduit la vitesse à 30 mph (48 km/h), le contrôle est donné au sujet avec la même consigne que précédemment. Les résultats indiquent qu'il faut environ deux minutes pour que l'illusion perceptive due à l'adaptation à la vitesse initiale disparaisse.

DENTON (1976) complète son analyse en étudiant la relation entre vitesse perçue et vitesse réelle en fonction du temps d'exposition, selon trois niveaux de vitesse : 70 mph (113 km/h), 50 mph (80 km/h), et 30 mph (48 km/h). La durée totale d'exposition pour chaque essai était de 250 secondes. La consigne donnée aux sujets est la même que celle présentée plus haut, mais l'accent était mis sur la réalisation d'une tâche de diversion (réponse à des flash lumineux). Les résultats indiquent que le temps requis pour une complète adaptation et le changement absolu de vitesse (par rapport à la vitesse initiale) augmentent avec le niveau de vitesse. Ainsi :

- La courbe pour 70 mph atteint une asymptote d'approximativement 83 mph après 75 secondes d'exposition. Au-delà de ce point on n'observe plus de changement systématique.
- Les valeurs correspondantes pour 50 mph et 30 mph sont respectivement de 56 mph après 60 secondes d'exposition et de 31 mph après 20 secondes d'exposition.

Comparant ces résultats à ceux mis en évidence par SCHMIDT ET TIFFIN en déplacement réel, DENTON remarque que les temps d'adaptation diffèrent considérablement de ceux mis en évidence en mouvement simulé (où seules les informations visuelles interviennent). Ainsi les résultats de SCHMIDT ET TIFFIN suggèrent que le plateau de la courbe d'adaptation n'est pas encore atteint après environ 30 mm d'exposition. Pour l'auteur ces différences peuvent être dues, en mouvement réel, à l'interaction des informations vestibulaires (liées à l'accélération) et des informations visuelles, domaine qu'il conviendrait d'approfondir.

Elles peuvent être liées aussi aux différences de consignes données aux sujets : dans l'étude de Schmidt et Tiffin, l'attention des sujets était centrée sur les estimations de vitesse alors que dans son expérimentation l'accent était mis sur la réalisation de la tâche de diversion.

Les deux facteurs, changement de vitesse et adaptation posent le problème de ce que l'on pourrait appeler les « situations de conduite de transition » : situation où un changement de vitesse est requis en raison d'une modification de la configuration routière ou de la réglementation. Ce peut être le cas par exemple pour un conducteur quittant une voie expresso en empruntant une bretelle de sortie, ou devant négocier un virage à l'issue d'une longue ligne droite ou encore la traversée d'une agglomération sur route nationale. Le problème posé est alors celui de la conformité de l'ajustement de vitesse pratiqué à l'abord de ces situations.

D'après les résultats de DENTON (1967) le conducteur produit toujours moins de changement de vitesse que ce qui lui est demandé. L'adaptation à une vitesse antérieure vient renforcer ce phénomène (SCHMIDT et TIFFIN 1969, DENTON 1972, 1976).

Pour la conception et l'aménagement de ces situations, il paraît ainsi utile de tenir compte de ces facteurs affectant l'estimation et par là, les vitesses effectivement pratiquées. De plus, si le taux d'accélération joue un rôle important, alors le temps ou la distance disponible pour réaliser les ajustements requis est une variable à prendre en compte. On peut penser que plus l'ajustement devra être effectué rapidement plus il sera difficile à réaliser, compte tenu des limitations perceptives du conducteur.

DENTON (1976), se référant à une analyse des accidents se produisant sur voie rapide constate que ceux-ci ont lieu en majorité à l'abord de giratoires. Un examen détaillé de ces cas indique que les conducteurs impliqués arrivaient à des vitesses trop élevées pour permettre un contrôle suffisant du véhicule, ce qui suggère que ces conducteurs sous-estimaient leur vitesse à l'approche de ces giratoires.

MATTHEWS (1978) a cherché à vérifier l'effet d'adaptation par observation des vitesses pratiquées par des véhicules arrivant sur une voie limitée à 80 km/h selon deux sens de circulation : un sens « nord » où les conducteurs arrivant ont été préalablement exposés à une vitesse plus élevée (92 km/h), un sens « sud » où les conducteurs arrivant d'une zone urbaine, pratiquaient des vitesses plus basses (64 km/h). Les observations étaient réalisées en dehors des heures de pointe de trafic, et les véhicules observés, dont les vitesses étaient mesurées par des radars placés sur le bord de la chaussée, étaient classés par catégorie et par taille (véhicule de tourisme, commercial ...). Les résultats montrent que, pour chaque catégorie de véhicules, les vitesses pratiquées par les conducteurs arrivant du nord sont significativement plus élevées.

Ces analyses globales des vitesses pratiquées dans des situations de conduite réelle, soulignent l'intérêt pour la sécurité routière, d'un examen du problème posé par les situations de transition.

### III.2. Analyse du rôle de l'environnement dans lequel se fait le déplacement

Un certain nombre de travaux ont été consacrés à l'examen du rôle des informations visuelles et auditives dans la perception de la vitesse. Leur rôle a été étudié soit en privant le conducteur d'une partie de l'information habituellement disponible (SALVATORE 1967 – EVANS 1970 – MATTHEWS et COUSINS 1980), soit en introduisant expérimentalement des modifications dans cet environnement (DENTON 1971, 1973).

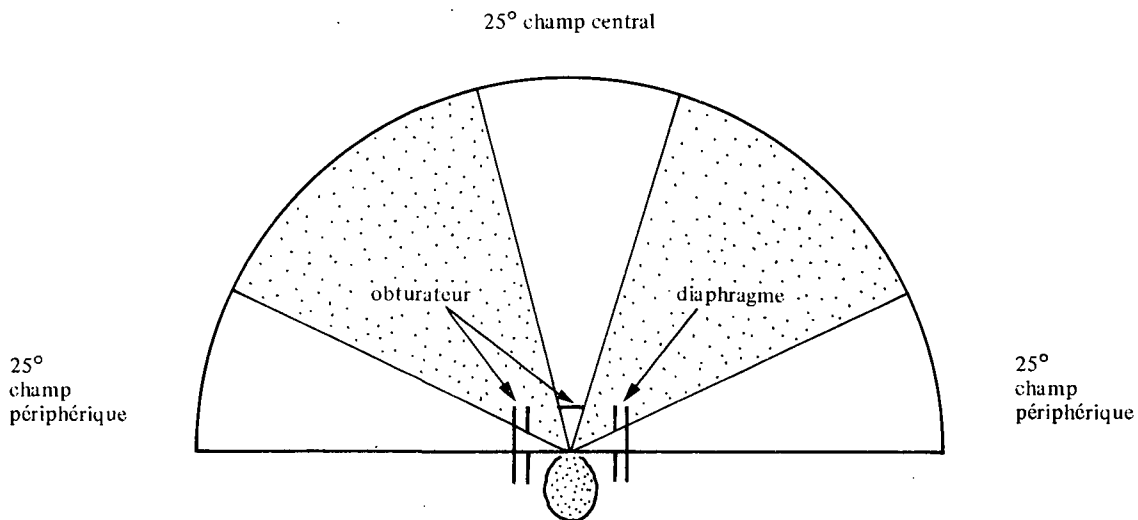


Fig. 2 : Dispositif expérimental imaginé par SALVATORE (1967) permettant de contrôler l'étendue du champ visuel périphérique et fovéal. Un système électromécanique permet de commander les obturateurs latéraux et centraux afin d'imposer aux sujets les temps de prise d'information.  
(in BERTHOZ et PAVARD, 1974).

### III.2.1. Rôle des informations visuelles

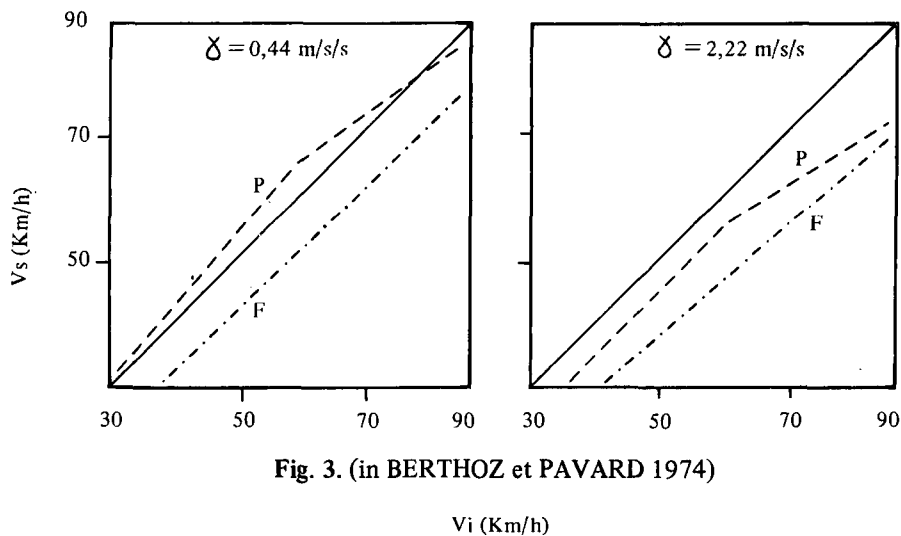
A – SALVATORE (1967, 1968) s'est intéressé aux modalités visuelles de la perception de la vitesse. Pour cela, il mit au point un dispositif permettant de contrôler l'étendue du champ visuel du conducteur en zone périphérique ou en zone fovéale \*. (cf. figure 2).

Les sujets sont passagers d'un véhicule muni de cet équipement et conduit sur une piste à différentes vitesses comprises entre 30 et 90 km/h. Ils doivent estimer ces vitesses en valeur numérique, selon deux conditions de stimulation visuelle : une stimulation frontale et une stimulation périphérique, le temps de présentation du stimulus étant limité à une seconde (contrainte temporelle).

L'analyse des résultats montre que les estimations des sujets sont de plus grande amplitude et plus exactes en vision périphérique qu'en vision frontale.

SALVATORE (se référant à GORDON 1965) souligne à cet égard, que la vitesse angulaire (directement proportionnelle à la vitesse linéaire du véhicule) est plus grande dans le champ visuel périphérique que dans le champ visuel frontal et de ce fait, plus accessible à la mesure.

Il conclut de cette expérience que la perception visuelle périphérique est essentielle notamment dans les conditions où une estimation rapide doit être faite (situation de conduite à forte exigence).



- $\gamma$  = taux d'accélération.
- P = estimation en vision périphérique.
- F = estimation en vision frontale.

Ainsi, en rapport avec les modalités perceptives d'appréciation du mouvement, la structure de l'environnement visuel du conducteur joue un rôle important dans la perception de la vitesse, celle-ci étant liée à la vitesse de défilement des images à la périphérie du champ visuel. Ce qui explique la surestimation de la vitesse sur route étroite et la sous-estimation de la vitesse sur route large et sans repère.

\* On sait que la rétine n'est pas homogène : on peut distinguer une zone centrale, la fovea et une zone périphérique qui présentent des différences anatomiques et fonctionnelles (JEANNEROD 1974).



Un autre résultat important dans cette étude concerne l'effet de l'accélération sur les estimations des conducteurs et que nous avons souligné plus haut. Il apparaît que l'accélération a un effet perturbateur sur les deux modes visuels d'observation : le taux d'accélération le plus élevé altère les estimations en vision périphérique aussi bien qu'en vision frontale et réduit la différence entre ces deux modes. (cf. f. 3.).

Ce résultat met ainsi l'accent sur les interactions entre information visuelle, en provenance de l'environnement et information vestibulaire, liée à l'accélération.

Les travaux analysant les mécanismes psychophysiologiques à la base de la perception du mouvement confirment et soulignent le rôle prépondérant de la vision périphérique (BERTHOZ et PAVARD 1974) : lors d'un déplacement à vitesses constante, le labyrinthe ne donne aucune information sur le mouvement du corps, l'information d'origine visuelle est alors essentielle. Ils ont également mis en évidence l'interaction des informations visuelles et labyrinthiques dans le cas où la vitesse varie (accélération positive ou négative).

B – DENTON (1971) s'est intéressé au rôle de la structure du champ visuel dans la perception de la vitesse. Cherchant à réduire ou à éliminer l'effet négatif de l'adaptation (notamment dans les situations où une réduction de la vitesse est nécessaire pour la sécurité de la manœuvre), il fait l'hypothèse qu'en distordant la géométrie spatiale du champ visuel du conducteur il serait possible de contrebalancer cette autre illusion perceptive qu'est l'adaptation à la vitesse.

Pour cela il réalisa une étude expérimentale sur un simulateur de conduite (décrit dans DENTON 1966), testant l'effet de deux patterns géométriques (TP1 et TP2), structurant le champ visuel du conducteur et constitués de bandes blanches transversales au sens du déplacement simulé d'un véhicule. La constitution de ces patterns vise à donner l'illusion de vitesse accrue quand le conducteur passe dessus et cela en réduisant l'espacement entre les bandes successives selon une fonction exponentielle décroissante. Une troisième situation expérimentale sans bande transversale sert de contrôle (TP3). (cf. figure 4). La tâche proposée aux conducteurs est celle utilisée par DENTON dans ses expériences précédentes à savoir, réduire de moitié la vitesse initiale, et cela à l'instant où le véhicule pénètre sur la zone test. Différentes vitesses initiales sont utilisées comprises entre 20 et 60 mph (30 et 97 km/h). Il apparaît que les jugements de vitesse relative en situation de conduite simulée sont dépendants de la nature des patterns présentés à la vision du conducteur et que la sensation de vitesse du conducteur peut être modifiée par manipulation de la structure du champ visuel. (cf. figure 5).

DENTON note toutefois que les deux patterns utilisés dans cette expérience ne sont que deux cas parmi d'autres possibles qui pourraient être autant, si ce n'est plus, efficaces comme contre-mesure des illusions perceptives liées à l'adaptation à la vitesse. Ainsi une investigation plus précise de la valeur de l'illusion créée par les relations spatiales des structures du champ visuel devrait être entreprise.

DENTON (1973) utilisa les résultats obtenus dans l'étude précédente pour tenter de réduire les accidents se produisant à un rond-point, accidents qui semblaient liés à la vitesse trop élevée à laquelle les conducteurs abordaient cette situation de changement de direction. Après l'introduction du pattern géométrique, (cf. fig. 6), la vitesse relevée à l'abord du rond point est significativement réduite et on constate dans l'année suivante une réduction du nombre d'accidents.

D'une manière générale le pattern a bien eu un effet sur la vitesse pratiquée par les conducteurs mais DENTON remarque que la grandeur de l'effet diffère selon le moment de la journée, l'effet étant plus important le matin que l'après-midi et le soir. Ces différences peuvent être liées aux différences de trafic (un trafic dense, masquant et par là réduisant l'effet du pattern géométrique) et de visibilité du pattern de nuit.

Une expérimentation à grande échelle de ce type de dispositif fut réalisée par HELLIAR-SYMONS (1981). 42 sites furent équipés sur des voies rapides, à l'abord de giratoires. Une comparaison globale du nombre d'accidents avant et après l'installation du dispositif (les 2 années précédentes et les 2 années suivantes) indique une réduction notable (57 %) des accidents liés à la vitesse d'approche.

Comme dans l'étude précédente, l'effet du dispositif est plus grand de jour que de nuit. Pour les auteurs ces différences peuvent être dues non seulement à la moindre visibilité du dispositif de nuit mais aussi à d'autres facteurs déterminants des accidents de nuit, tels que la prise d'alcool par exemple.

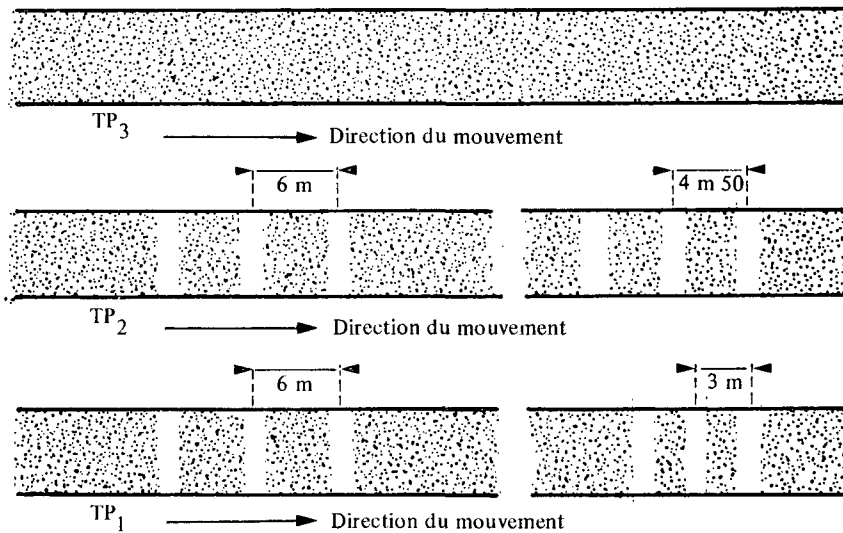


Figure 4 : les trois patterns expérimentaux utilisés. L'espace entre les bandes est réduit de manière exponentielle dans la direction du mouvement (DENTON 1971).

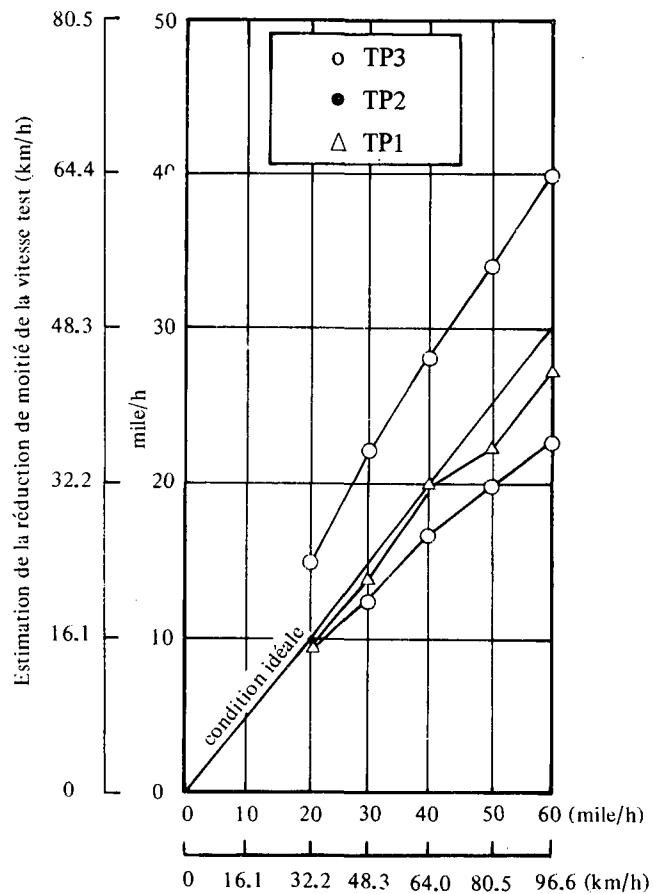
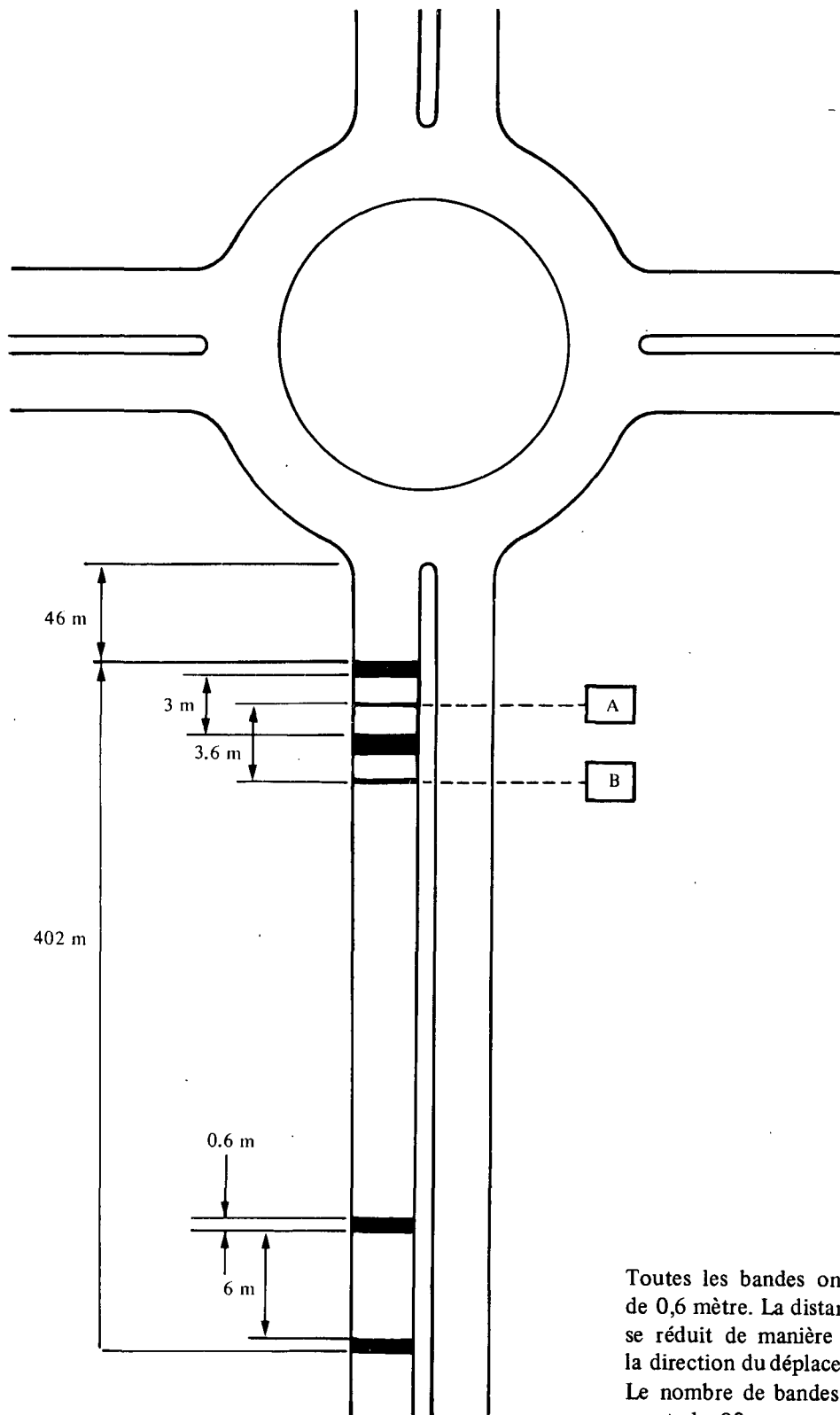


Figure 5 : Influence du champ visuel sur les jugements de vitesse (DENTON 1971).



Toutes les bandes ont la même largeur de 0,6 mètre. La distance entre les bandes se réduit de manière exponentielle dans la direction du déplacement de 6 m à 3 m. Le nombre de bandes est approximativement de 90 sur une distance d'environ 402 mètres. Aux points A et B sont installés les équipements d'observation.

Figure 6 : Pattern expérimental à l'abord d'un giratoire (DENTON 1973).

On peut remarquer qu'une analyse plus fine des résultats aurait été intéressante notamment des quelques cas (8/42) où le nombre d'accidents a augmenté après installation du dispositif. Les auteurs signalent simplement qu'en quatre sites il n'y avait eu aucun accident dans les années précédentes. Une observation des vitesses pratiquées et du comportement des usagers aurait complété utilement l'évaluation du dispositif, d'autant que site par site les variations portent souvent sur un nombre réduit d'accident.

Enfin les auteurs soulignent que sur tous les sites étudiés, le « danger » était apparent. « Il est possible que ce ne soit, qu'une fois perçue la nécessité de ralentir, que le dispositif favorise le ralentissement qu'a décidé d'entreprendre le conducteur et qu'un effet similaire du pattern ne puisse être observé sur des sites différents ». C'est une hypothèse qu'il conviendrait de vérifier.

Des expérimentations ont été réalisées en France, avec des dispositifs plus courts \* (MALATERRE 1976, 1977). Un premier essai a été réalisé sur route nationale. Les résultats fondés sur l'analyse des vitesses pratiquées avant et après installation du dispositif se sont avérés plus concluants sur les points équipés où la vitesse pratiquée était peu élevée et le trafic irrégulier.

Le test du dispositif sur une bretelle de sortie d'autoroute montrait une efficacité du dispositif dans les jours suivant son implantation (30 % de réduction de vitesse). Six mois plus tard cet effet n'était plus observé. Pour l'auteur, le ralentissement tout d'abord constaté aurait été du davantage à l'effet de nouveauté du dispositif qu'à son rôle au niveau perceptif (la largeur du dispositif étant insuffisante pour créer une véritable illusion perceptuelle). Après familiarisation des usagers, cet effet ne jouerait plus.

Ces différents résultats posent le problème de la mise en œuvre des résultats expérimentaux et de leur évaluation en situation réelle de conduite, compte tenu de la diversité et de la complexité des situations et des facteurs déterminant la régulation de la vitesse par le conducteur.

C — Le rôle prépondérant de la vision périphérique dans l'appréciation de la vitesse du véhicule pose le problème des situations de conduite où les indices visuels périphériques sont réduits soit en raison des conditions de réalisation du déplacement (nuit, brouillard, pluie ...) soit en raison de l'état physique du conducteur (réduction du champ visuel lié à la fatigue, l'alcool ...). A notre connaissance, peu de travaux ont été consacrés à l'analyse de l'appréciation de la vitesse dans ces conditions qui présentent pourtant un intérêt non négligeable pour la sécurité routière.

TRIGGS et BERENYI (1982) ont comparé l'estimation de vitesse en conduite de jour et en conduite de nuit sur une même route (non éclairée de nuit). Des sujets, passagers d'un véhicule expérimental devaient estimer des vitesses comprises entre 55 et 100 km/h. Contrairement aux résultats escomptés, les estimations des sujets se sont avérées plus exactes de nuit que de jour. Pour les auteurs, la présence d'un délinéateur réflectorisé sur cette route, constituant un indice plus visible de nuit que de jour, peut avoir favorisé la performance des sujets. Ils en concluent qu'il conviendrait d'examiner le rôle de différents types de délinéateurs sur l'appréciation de la vitesse en conduite de nuit.

D'une manière plus générale l'analyse des situations à restriction visuelle devrait être développée.

### III.2.2. Rôle des informations auditives

EVANS (1970) voulant étudier le rôle des informations visuelles et auditives en provenance de l'environnement, place des sujets dans quatre conditions expérimentales : passager normal, privé de la vision, privé de l'audition, privé des deux sens.

---

\* 215 mètres au lieu de 400 mètres, en raison des problèmes de coût et de place disponible pour l'implantation du dispositif : nécessité d'une ligne droite de plus de 400 mètres à l'abord d'un point singulier exigeant une réduction de vitesse et compte tenu des précautions d'implantation = pas de voie en intersection de la route équipée, séparation des voies de circulation. De plus le principe de réduction des intervalles entre les bandes transversales est différent = passage brusque d'un espacement de 12 mètres à 6 mètres, puis réduction progressive des espacements.

Les sujets sont passagers d'un véhicule conduit sur une piste expérimentale à différentes vitesses comprises entre 10 et 60 mph, soit 16 et 97 km/h. La tâche des sujets est d'estimer verbalement et en valeur numérique ces différentes vitesses.

Les résultats indiquent que les vitesses sont systématiquement sous-estimées lorsque le conducteur est privé des informations auditives.

Des résultats analogues ont été observés par SALVATORE (1969), EVANS (1970), MC LANE et WIERWILLE (1975) sur des simulateurs de conduite ou des films, où cette information n'était pas présente.

MATTHEWS et COUSINS (1980) ont étudié le rôle du niveau sonore en rapport avec la taille du véhicule et examiné l'effet d'une réduction du feed-back auditif sur la performance des conducteurs. Deux expériences complémentaires ont été réalisées : dans la première, des sujets conduisaient des véhicules expérimentaux classés selon trois tailles (petit, moyen et grand) ; dans la seconde, des sujets conduisaient leurs propres véhicules classés selon deux tailles. Dans les deux expériences les conducteurs devaient produire des vitesses comprises entre 32 et 80 km/h selon deux conditions expérimentales : avec ou sans feed-back auditif.

D'une manière générale les résultats indiquent que la performance des conducteurs est meilleure dans les petits véhicules (ayant un niveau sonore plus élevé) que dans les grands véhicules et que la privation d'information auditive affecte davantage leur performance. Pour les auteurs ces conducteurs ont intégré l'information auditive dans leur appréciation de la vitesse, laquelle est altérée quand cette information est réduite. Bien que le niveau sonore discrimine bien la performance dans les petits ou les grands véhicules, les auteurs soulignent que d'autres variables liées au véhicule peuvent aussi avoir contribué à ces différences. Des variables telles que le niveau de vibration des véhicules ou le champ visuel offert selon la taille (plus important dans les petits véhicules) interviennent certainement dans l'appréciation de la vitesse et mériteraient d'être étudiées.

### III.3. Synthèse des résultats

Les travaux examinés ont montré que différentes informations en provenance de l'environnement et du déplacement lui même interviennent dans la **perception de la vitesse** par le conducteur :

- Le rôle prépondérant de la vision périphérique a été mis en évidence, lorsque la vitesse de déplacement est constante. Il semblerait ainsi qu'une lacune importante de ce type d'information, en rapport notamment avec la structure de l'environnement ou les conditions du déplacement soit préjudiciable à l'appréciation des conducteurs.
- L'effet de l'accélération sur les estimations a également été souligné et surtout l'importance des interactions entre informations visuelles et informations labyrinthiques, lorsque la vitesse varie.
- Enfin, le rôle des informations auditives a été examiné.

Les résultats établis soulignent que la perception du conducteur est sujette à distortion et plusieurs facteurs ont été identifiés :

- facteur lié aux variations de vitesse,
- facteur lié à la durée de conduite à vitesse constante,
- facteur lié à la structure du champ visuel.

Le rôle de l'amplitude de la vitesse en tant que tel agit en **interaction** avec ces facteurs. L'identification de ces facteurs nous a permis de mettre en évidence des aspects critiques dans le contrôle de la vitesse et les situations de conduite correspondantes, dont on trouvera une catégorisation sommaire dans le tableau suivant.

Facteurs de distortion	Situations de conduite	Aspect critique du contrôle de la vitesse
Variation de vitesse.	Situations de conduite de <b>transition</b> : sortie et entrée d'autoroute, virage, traversée d'agglomération sur route nationale.	Contrôle de l'ajustement de vitesse requis ; <ul style="list-style-type: none"> <li>- le conducteur produit toujours moins de changements de vitesse que ce qui lui est demandé.</li> <li>- Effet du temps ou de la distance disponible pour réaliser les ajustements de vitesse requis.</li> </ul>
Durée de conduite à vitesse constante.	Situation de conduite de <b>maintien</b> d'une vitesse : conduite sur autoroute, route nationale.	Maintien d'une vitesse donnée dans le temps. Sous estimation de la vitesse avec la durée de la conduite.
Structure du champ visuel.	Conditions de conduite de nuit, brouillard, pluie. Structure spatiale de l'environnement : route large sans repères. Réduction du champ visuel lié à la fatigue, l'alcool.	Appréciation de la vitesse dans des conditions où les indices visuels périphériques sont réduits en raison soit des conditions du déplacement soit de l'état physique du conducteur.

Cette catégorisation des situations a servi de cadre d'analyse pour des travaux réalisés à l'ONSER centrés sur l'examen des modalités d'utilisation du tachymètre dans le contrôle de la vitesse par le conducteur et l'évaluation d'aides au contrôle en condition réelle de déplacement (MALATERRE, SAAD 1980 ; SAAD, MALATERRE 1982).

#### IV. CONCLUSION

Les travaux examinés posent le problème de la capacité du conducteur à apprécier sa vitesse de déplacement. L'intérêt de telles études est de préciser les caractéristiques et les limitations perceptives du conducteur qui peuvent influencer sur sa **performance** dans la tâche de contrôle. Plusieurs facteurs affectant la perception ont ainsi été identifiés.

Le nombre de travaux consacrés à l'analyse de ce problème apparaît relativement restreint comme le soulignent les auteurs ayant entrepris des recherches dans ce domaine et comme en témoigne notre propre examen documentaire sur ce point \*. Ainsi depuis la précédente recherche réalisée en 1974, nous n'avons recensé que peu d'études nouvelles directement centrées sur l'appréciation de la vitesse en conduite automobile.

On peut penser que cela est dû en grande partie aux difficultés d'expérimentation dans ce domaine : difficultés liées aux facteurs d'environnement et au contrôle des paramètres expérimentaux en situation réelle de conduite ; problème posé par la simulation de la tâche étudiée (gamme de vitesses atteintes en situation réelle, prise en compte dans la simulation des diverses informations visuelles, auditives, labyrinthiques ... intervenant dans l'appréciation de la vitesse dans un véhicule en mouvement).

\* La recherche a été réalisée à partir de la base de données de la DIRR (documentation internationale de recherche routière) et de la base interne IRT-ONSER.

Ainsi le rôle des informations tactiles a été peu étudié jusqu'ici et d'une manière plus générale l'étude des interactions entre les différents types d'informations est à développer. (BERTOZ & PAVARD, 1974).

Des études sont à mener sur les problèmes de l'appréciation de la vitesse dans des conditions de conduite où les indices perceptifs sont réduits (conduite de nuit, dans le brouillard ...).

Le rôle de l'expérience et de la pratique de la conduite dans l'appréciation de la vitesse devrait également être pris en compte. On constate que dans les travaux examinés les variables ne sont pas toujours contrôlées ; dans certaines études les conducteurs ont de grandes différences de niveau d'expérience. On peut penser que l'appréciation de la vitesse, notamment en référence à la métrique, sera fonction de la familiarité du conducteur aux différentes gammes de vitesse pratiquées en agglomération, sur route et autoroute.

Dans la mesure où le conducteur se fonde davantage sur son appréciation directe que sur le tachymètre pour contrôler sa vitesse, il convient d'accorder une attention particulière aux situations où les facteurs de distortion peuvent jouer. Dans cette perspective, deux voies de recherche ont été développées : une première en termes d'aménagement de l'environnement routier, une seconde en termes de mise au point d'aide à la réalisation de la tâche.

#### a) Aménagement de l'environnement routier :

DENTON (1973) a conçu un certain type d'aménagement routier en vue de combattre l'effet des facteurs de distortion et de favoriser l'adoption d'une vitesse appropriée en situation de transition. Le dispositif étudié vise, au moyen d'une structuration du champ visuel du conducteur, à agir au niveau de la **perception** de la vitesse. Ce dispositif testé en situation réelle de conduite, dans un **contexte routier donné** (implantation sur voie rapide, à l'abord de giratoire où le « danger » et la nécessité d'un ralentissement étaient ainsi apparents) paraît jouer un rôle dans la réduction des accidents (HELLIAR-SYMONS 1981). Nous avons souligné néanmoins qu'une analyse plus fine des résultats, par observation des vitesses pratiquées et du comportement des conducteurs auraient complété utilement l'évaluation du dispositif. De la même façon il convient d'examiner la durée de son effet dans le temps, compte tenu d'une éventuelle familiarisation des conducteurs au dispositif.

On peut s'interroger par ailleurs sur l'effet du dispositif dans un autre type de contexte routier (« danger » non apparent, environnement routier très structuré : route bordée d'arbres ou zones construites, compétition éventuelle de stimuli visuels). Enfin, ce dispositif utilisant le marquage au sol il convient de s'assurer de la manière dont il s'intègre et s'interprète par le conducteur dans le système plus large de la signalisation routière. Le dispositif peut prendre valeur d'alerte à l'approche d'une situation dangereuse mais peut également, selon le contexte, présenter un risque d'ambiguïté sur la trajectoire à suivre pour le conducteur. C'est pourquoi l'implantation du dispositif est généralement faite sur des voies ayant des sens de circulation séparés.

Ces quelques remarques soulignent le problème que pose la mise en œuvre de résultats expérimentaux et de leur évaluation en situation réelle de conduite, compte tenu de la diversité et de la complexité des situations et des facteurs déterminant la régulation de la vitesse par le conducteur.

L'approche présentée ci-dessus se situe au niveau de l'aménagement de l'environnement routier. On peut considérer que la conception même de cet environnement devrait tenir compte des caractéristiques et des limitations perceptives du conducteur.

#### b) Aide au contrôle de la vitesse

Une autre voie de recherche s'est orientée vers la mise au point d'aide au contrôle de la vitesse. D'une manière générale cette orientation vise à suppléer aux difficultés perceptives du conducteur en lui fournissant une information sur sa vitesse de déplacement et, par rapport au tachymètre classique, à faciliter ou à réduire la recherche de l'information.

C'est l'approche adoptée par le TRRL qui a testé un dispositif expérimental fournissant au conducteur une information métrique sur sa vitesse de manière continue (PRENTICE 1974, RUTLEY 1975). Schématiquement, ce dispositif (Head-up display speedometer) est constitué d'un système optique qui projette l'information (sous forme de nombres

ou de symboles) à travers le pare brise du véhicule, dans le champ visuel du conducteur qui perçoit une image virtuelle sur la route, en face de lui. Il dispose ainsi d'une information permanente sur sa vitesse de déplacement. Il apparaît que les conducteurs disposant de cette information adoptent un niveau de vitesse plus bas que ceux ne disposant que du tachymètre classique et notamment s'ajustent mieux aux vitesses conseillées par panneaux à l'abord de virages.

L'étude du dispositif devait se poursuivre par l'examen de la projection de l'image sur la route dans des conditions atmosphériques difficiles (pluie, brouillard ...) et l'effet de distraction que peut avoir cette image au cours de la conduite.

D'une manière générale, des connaissances plus approfondies sur les mécanismes de la perception de la vitesse et les facteurs affectant cette perception dans diverses situations de conduite devraient contribuer à l'analyse du problème du contrôle de la vitesse et au développement de telles orientations.

Dans cette revue bibliographique nous avons examiné les problèmes liés à l'appréciation de la vitesse par le conducteur dans la mesure où ils peuvent être explicatifs des vitesses pratiquées dans la circulation, notamment dans certaines situations de conduite.

Il convient de souligner en conclusion que ces aspects perceptifs ne constituent qu'un type d'approche dans l'analyse des problèmes posés par la régulation de la vitesse par le conducteur. Il est d'autres déterminants de cette régulation tels qu'ils ont été mis en évidence dans des travaux réalisés à l'ONSER : Ceux liés à l'attitude par rapport à la vitesse et sa réglementation (BARJONET, CAUZARD et col. 1978). Ceux liés aux exigences et aux priorités que se donne le conducteur dans la tâche globale de conduite : priorité à l'ajustement au trafic et aux caractéristiques physiques de l'environnement routier par rapport à la réglementation (MONSEUR 1968, MALATERRE - RAMBACH 1972, SAAD-MALATERRE 1982).

La recherche des moyens susceptibles de favoriser le contrôle de la vitesse par le conducteur peut ainsi se concevoir à différents niveaux fondés sur l'analyse des aspects perceptifs tels qu'ils ont été examinés dans cette revue bibliographique, l'analyse du comportement du conducteur dans diverses situations de conduite, l'analyse des aspects psychosociologiques sous-tendant les attitudes par rapport à la vitesse et sa réglementation.



## BIBLIOGRAPHIE

BARCH A.M. (1958)

« Judgments of speed on the open highway ».  
Journal of Applied Psychology, 42, 6, 362-366.

BARJONET P., CAUZARD J.P. et col. (1978)

« Représentations sociales de l'action de sécurité et de l'accident de la route ».  
Rapport ONSER / DGRST.

BERTHOZ-PARVARD (1974)

« La perception de la vitesse ».  
Laboratoire de physiologie du travail et d'ergonomie. 26 p.

CHICH Y. (1981)

« La maîtrise de la vitesse, une priorité pour la sécurité routière ».  
Rapport ONSER pour l'OMS.

DENTON G.G. (1966)

« A subjective scale of speed when driving a motor vehicle ».  
Ergonomics, 9, 3, 203-210.

DENTON G.G. (1966)

« Moving road simulator. A machine suitable for the study of speed phenomena including motion after effects ».  
Ergonomics, 9, 517-520.

DENTON G.G. (1967)

« The effect of speed and speed change on drivers speed judgment ».  
RRL Report LR 97.

DENTON G.G. (1969)

« The use made of speedometer as an aid to driving ».  
Ergonomics, 12, 3, 447-452.

DENTON G.G. (1971)

« The influence of visual pattern on perceived speed ».  
TRRL Report LR 409.

DENTON G.G. (1972)

« The art of illusion in road safety ».  
Redlands Record, 32.

DENTON G.G. (1973)

« The influence of visual pattern on perceived speed at Newbridge M8 Midlothian ».  
TRRL Report LR 531.

DENTON G.G. (1976)

« The influence of adaptation on subjective velocity for an observer in simulated rectilinear motion ».  
Ergonomics, 19, 4, 409-430.

EVANS S.L. (1970)

« Speed estimation from a moving automobile ».  
Ergonomics, 13, 2, 219-230.

- EVANS S.L. (1970)  
 « Automobile speed estimation using movie-film simulation ».  
 Ergonomics, 13, 2, 231-237.
- MALATERRE G., RAMBACH M.C. (1972)  
 « Vitesse de traversée des petites agglomérations ».  
 Document interne ONSER, 81 p.
- MALATERRE G. (1976)  
 « Régulation de la vitesse. Analyse et synthèse des mécanismes perceptifs mis en jeu et réflexion sur les moyens de réguler la vitesse des usagers ».  
 Document interne ONSER, 38 p.
- MALATERRE G. (1977)  
 « Régulation de la vitesse à l'approche de points singuliers dangereux ».  
 Document interne ONSER, 8 pages.
- MALATERRE G., SAAD F. (1980)  
 « Utilisation du tachymètre dans le contrôle de la vitesse ».  
 International Review of Applied Psychology, 29, 501-516.
- MONSEUR M. (1968)  
 « Effet de la signalisation et de son environnement sur le ralentissement pratiqué par les conducteurs à l'abord des intersections ».  
 Le Travail Humain, 31, 1-2.
- HELLIAR-SYMONS R.D. (1981)  
 « Yellow bar experimental carriageway markings. Accident study ».  
 TRRL LR 1010.
- JEANNEROD M. (1974)  
 « Les deux mécanismes de la vision ».  
 La recherche n° 41.
- Mc LANE R.C., WIERWILLE W.W. (1975)  
 « The influence of motion and audio cues on driver performance in an automobile simulator ».  
 Human Factors, 17, 5, 488-501.
- MATTHEWS M.L. (1978)  
 « A field study of the effects of drivers' adaptation to automobile velocity ».  
 Human Factors, 20, 6, 709-716.
- MATTHEWS M.L., COUSIN L.R. (1980)  
 « The influence of vehicle type on the estimation of velocity while driving ».  
 Ergonomics, 23, 12, 1151-1160.
- PRENTICE H.A.J. (1974)  
 « Accident avoidance : driver's limitations ».  
 5 th International Technical Conference on experimental safety vehicles. London.
- RUTLEY K.S. (1975)  
 « Contrôle of driver's speed by means other than enforcement ».  
 Ergonomics, 18, 1, 89-100.
- SAAD F. (1974)  
 « Perception et contrôle de la vitesse du véhicule par le conducteur ».  
 Document interne ONSER, 27 p.

- SAAD F., MALATERRE G. (1982)  
« La régulation de la vitesse : aide au contrôle de la vitesse ».  
Document interne ONSER, 76 p.
- SALVATORE S. (1967)  
« Estimation of vehicular velocity under time limitation and restricted conditions of observation ».  
Highway Research Record, 195, 66-74.
- SALVATORE S. (1968)  
« The estimation of vehicular velocity as a function of visual stimulation ».  
Human Factors, 10, 1, 27-32.
- SALVATORE S. (1969)  
« Velocity sensing-comparison of field and laboratory methods ».  
Highway Research Record, 292, 79-91.
- SCHMIDT F., TIFFIN J. (1969)  
« Distortion of drivers' estimates of automobile speed as a function of speed adaptation ».  
J. of Applied Psychology, 53, 6, 536-539.
- SNIDER J.N. (1967)  
« Capability of automobile drivers to sense vehicle velocity ».  
Highway Research Record, 159, 23-35.
- SUHR V.W., LAUER A.R., ALLGAIER E. (1958)  
« Judgments of speed on the highway and on the auto trainer ».  
Traffic Safety Research Review, 12, 27-31.
- TRIGGS T.J., BERENYI J.S. (1982)  
« Estimation of automobile speed under day and night conditions ».  
Human Factors, 24, 1, 111-114.

