


# LA CONDUITE AUTOMOBILE DE NUIT EN FONCTION DE L'ÉCLAIRAGE

**A. MUZET<sup>1</sup>, C. REMANDE<sup>2</sup>, M. MOESSINGER<sup>1</sup>,  
T. PEBAYLE<sup>1</sup>, J. ROGE<sup>1</sup>**

1 CNRS-CEPA, Strasbourg  
2 Association française de l'éclairage, Paris

*Étude co-financée par EDF, le Syndicat de l'éclairage et le CNRS*  
Mai 2002



## OBJET DE L' ETUDE

**Préambule**

Jusqu'en 1998, année de réalisation de la première des 3 études ci-jointes, des points de vue contradictoires étaient exprimés quant à « l'influence de l'éclairage public routier sur les performances nocturnes du conducteur ».

Certains spécialistes considéraient que l'éclairage devait procurer un faux sentiment de sécurité, générateur d'inattention et surtout d'augmentation de la vitesse des véhicules. D'autres avis, influencés par les notions de visibilité, pensaient au contraire que « voir et être vu » ne pouvait être que bénéfique à la réduction des accidents de nuit.

Ces deux aspects du problème étaient trop tranchés et trop restrictifs pour permettre l'accès à une connaissance plus élargie des causes et des phénomènes accidentogènes, ainsi qu'à une meilleure appréhension des limites au delà desquelles le paramètre éclairage devenait sans influence positive.

Personne en fait n'imaginait qu'il suffirait d'éclairer en continu des parcours routiers pour ramener le nombre d'accidents nocturnes au nombre d'accidents diurnes proportionnellement aux niveaux de trafic jour/nuit.

Ce sont ces interrogations qui ont conduit Électricité de France, le Syndicat de l'éclairage et l'Association française de l'éclairage à financer une étude scientifique confiée au CNRS et en particulier au Centre d'études de physiologie appliquée de Strasbourg, portant sur l'analyse expérimentale du comportement du conducteur de nuit sur route non éclairée et sur route éclairée.

L'objet de l'étude étant de cerner objectivement les situations de conduite dans lesquelles l'éclairage public peut représenter une contribution significative à la réduction des accidents nocturnes de la route.

2

## CHOIX DES MOYENS

**1/ Expérimentations sur site réel**

Il est malheureusement aisé de montrer que cette hypothèse n'est pas réaliste.

- Comment provoquer des situations accidentogènes sur route, sans mettre en danger les personnes testées et les autres véhicules.
- Aucune situation instantanée n'est reproductible avec plusieurs conducteurs en un même lieu (le temps, l'état de la route, la densité de la circulation, l'influence des autres véhicules, les performances du véhicule testé).
- L'épreuve test, obligatoirement de longue durée et réalisée sur de nombreux sujets, serait impossible. D'où à l'évidence, la certitude que ce type d'expérimentation ne peut conduire à des conclusions significatives.

**2/ Expérimentation sur simulateur**

C'est la seule solution possible qui ne génère aucun risque pour les sujets.

- Elle permet d'éliminer l'influence simultanée de plusieurs paramètres accidentogènes pour ne se consacrer qu'à l'influence d'une seule variable à la fois.
- Le nombre de sujets, le sexe, l'âge, l'horaire de conduite, la préparation des sujets ne posent pas de difficultés particulières.
- Les enregistrements peuvent être conduits jusqu'à l'accident constaté, sans avoir à interrompre d'office l'erreur de conduite détectée.
- Le réalisme des situations proposées, tant en ce qui concerne le véhicule conduit, que le panorama perçu par l'automobiliste, a été testé auprès de chaque conducteur avant, pendant et après les tests. Les notes de réalisme obtenues, attestent de la qualité du simulateur.

Notons que l'objectif visé n'est pas tant en valeur absolue de recréer les conditions exactes de la conduite sur autoroute, mais en s'en rapprochant au mieux, de comparer le comportement du conducteur lorsqu'un seul paramètre varie. En l'occurrence : la conduite sur un même circuit, avec les mêmes événements de la route, à la même heure de nuit, mais soit sous éclairage public, soit avec les seuls feux de croisement des véhicules.

3

## CHOIX DES MOYENS

L'usage des « feux de route » n'a pas été envisagé comme hypothèse de travail pour plusieurs raisons :

- Il est dans la réalité pratiquement impossible de rouler en phare plus de quelques secondes compte tenu du trafic (véhicule que l'on croise ou véhicule que l'on suit).
- Le passage de « phare » à « code » en présence d'autres véhicules, procure une réduction brutale de la distance de visibilité et génère un stress dont les répétitions successives altèrent la qualité de la vision.
- Si la conduite « en phare » était possible, elle ne serait pas strictement réglementée par le code de la route et sévèrement réprimée.

Le Centre d'études techniques de l'équipement de Rouen, sur sa piste expérimentale, a réalisé des expériences de mesure d'éclairement vertical sur des cibles verticales carrées (0,20 m x 0,20 m) de facteur de réflexion voisin de 0,2 placées au sol suivant trois axes longitudinaux.

- Sur les 40 premiers mètres, l'éclairement apporté par les codes ou les phares est pratiquement le même.
- Au-delà de 60 mètres, les codes n'ont plus d'efficacité.
- A partir de 60 mètres, l'éclairage public procure un éclairement supérieur à celui des phares, éclairement qui se perpétue sur la totalité de la distance de visibilité.

On rapprochera ces valeurs des distances minimum d'arrêt des véhicules en fonction des vitesses pratiquées, pour se rendre compte qu'en zone périurbaine sans éclairage public, la distance d'arrêt est de l'ordre de 3 à 4 fois supérieure à la distance de visibilité.

4

### La recherche a été effectuée en trois étapes

- 1<sup>ère</sup> étape :  
« *Éclair 98* » Évaluation des différences de comportement de conduite en fonction de l'éclairage ambiant (avec ou sans éclairage routier);
- 2<sup>e</sup> étape :  
« *Éclair 99* » Évolution de l'état de vigilance du conducteur lors d'une épreuve de conduite prolongée (avec ou sans éclairage routier);
- 3<sup>e</sup> étape :  
« *Éclair 2002* » Influence de l'alternance entre zones éclairées et non éclairées sur la vigilance du conducteur.

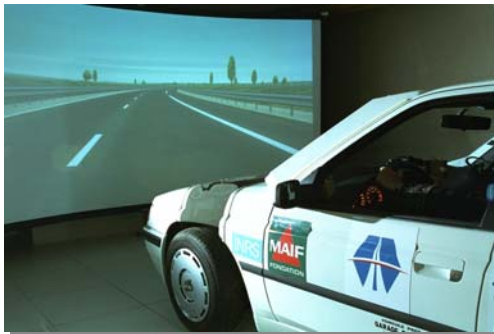
5

### ÉCLAIR 98

- Vingt-six sujets des deux sexes, dont  
14 jeunes conducteurs (25 - 40 ans) et  
12 conducteurs âgés (60 - 75 ans).
- Conduite en soirée (21 h à 23 h).
- Deux épreuves de deux heures de conduite à huit jours d'intervalle.
- Deux conditions d'éclairage lors de chaque épreuve (éclairé-non éclairé) puis (non éclairé-éclairé).

6

### Poste d'Analyse de la Vigilance en Conduite Automobile Simulée (P.A.V.C.A.S\*)



\*Poste d'Analyse de la Vigilance en Conduite Automobile Simulée

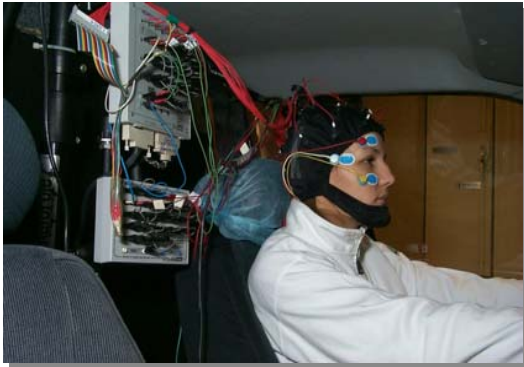
7

### Conducteur au volant de P.A.V.C.A.S



8

## Enregistrements électrophysiologiques pratiqués sur le conducteur

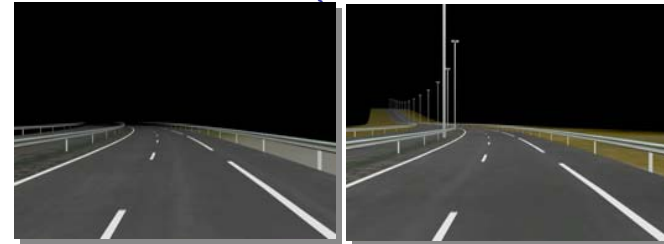


9

## Les événements de la route

(nous ne montrons ici, page 10 et 12 et, à titre d'exemple, que deux situations : vue d'un tronçon de section courante et vue d'un accès parking)

### Vue d'un tronçon autoroutier

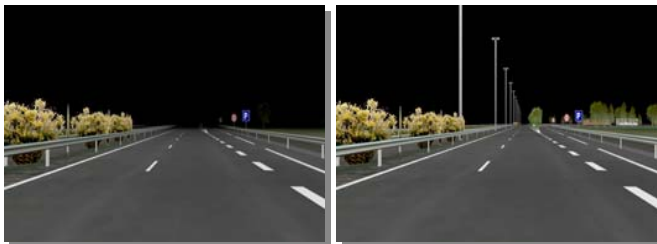


Sans éclairage

Avec éclairage

10

### Vue d'un accès parking



Sans éclairage

Avec éclairage

11

## 1ère étape: ÉCLAIR 98

Objet de l'expérience : Influence d'un éclairage autoroutier sur le comportement et les performances de la conduite

### Le circuit :

Bien que l'autoroute soit le type de voie qui présente le minimum de risques d'accidents, c'est ce modèle qui a été retenu car il permet de limiter au maximum le nombre de paramètres accidentogènes à prendre en compte. Les caractéristiques physiques du profil et de l'environnement sont les plus standardisés vis-à-vis des autres types de voie. Enfin, pour déclencher chez les sujets, des anomalies de comportement, il fallait les placer dans les situations nocturnes les plus monotones possibles (autoroute peu fréquentée).

Le circuit de 50 km comprend : des parties droites, 14 courbes à droite, 7 courbes à gauche avec des rayons très variables ; on dénombre quatre dénivelés.

En conduite sans éclairage, l'opacité est totale à 150 m, à l'exception des signalisations et feux arrière de véhicules.

La visibilité latérale (bas coté) est de 5 mètres en configuration non éclairée, et de 30 m dans la configuration autoroute éclairée.

Le circuit comprend plusieurs zones critiques telles qu'elles sont rencontrées sur autoroute : entrée/sortie de parking – poids lourd entrant sur autoroute – voiture en panne sur B.A.U. – piéton sur B.A.U. – travaux en courbe – travaux en descente – poids lourd en circulation – poids lourd arrêté – poursuite de véhicule léger.

Dans cette expérience, la circulation n'a lieu que dans un seul sens de l'autoroute afin d'éliminer les effets néfastes dus à l'éblouissement provoqués par les phares des véhicules circulant en sens inverse, surtout lorsque l'autoroute n'est pas éclairée. (Il ne fallait pas influencer les performances de conduite par un paramètre supplémentaire incontrôlable)

12

## Les événements critiques d'ÉCLAIR 98

- ★ Courbes accentuées
- ★ Poids lourd sortant d'un parking
- ★ Poursuite de voitures
- ★ Voiture et piéton immobilisés dans la B.A.U
- ★ Travaux avec neutralisation d'une voie
- ★ Poids lourd circulant à faible vitesse
- ★ Poids lourd immobilisé dans la B.A.U

13

## Les mesures effectuées lors d'ÉCLAIR 98

### ➡ Performances de conduite

**Performances globales :**  
vitesse moyenne, position latérale moyenne et écart-type;

**Performances dans les zones critiques :**  
distance de réaction, modification de la vitesse,  
amplitude du déport, distance inter-véhicules;

### ➡ Evaluations subjectives

### ➡ Mesures physiologiques

14

## ÉCLAIR-98

### •Position latérale moyenne

Les performances de conduite sont enregistrées à la fréquence de 30 mesures par seconde.

On relève la position latérale du sujet sur les voies de circulation.

On définit l'écart type de la position latérale qui donne une estimation de la variabilité de la position latérale par rapport à la position latérale moyenne. Ces écarts sont analysés dans toutes les zones critiques.

On mesure : - l'amplitude du déport, la distance de réaction à l'obstacle, la distance inter-véhicules.

On constate que l'écart type est plus important sur route éclairée que sur route non éclairée. L'analyse de cette différence conduit à la conclusion que, sur route éclairée, la qualité de la vision et la visibilité permettent au conducteur de choisir sa trajectoire en toute sécurité.

15

## ÉCLAIR-98

### •Les mesures subjectives

L'évaluation subjective des paramètres concernant l'épreuve de conduite est réalisée à l'aide d'un questionnaire élaboré en laboratoire.

A la fin de chaque séance de conduite, les sujets donnent une note estimée de difficulté des zones critiques.

### •Les mesures physiologiques comprennent :

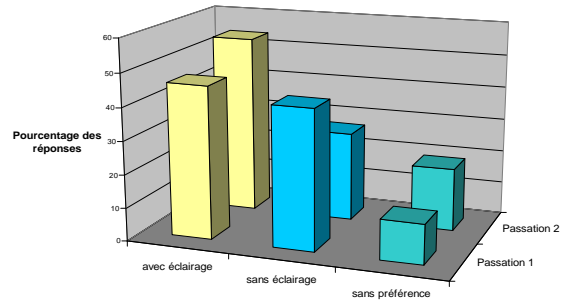
les mesures d'électro-encéphalogramme, les mesures d'électro-oculogramme, les mesures d'électro-cardiogramme.

Ces mesures seront surtout analysées lors des expériences II et III pour exprimer le niveau de vigilance physiologique des conducteurs.

16

### ÉCLAIR - 98

Dans quelle condition pensez-vous avoir le mieux conduit?



17

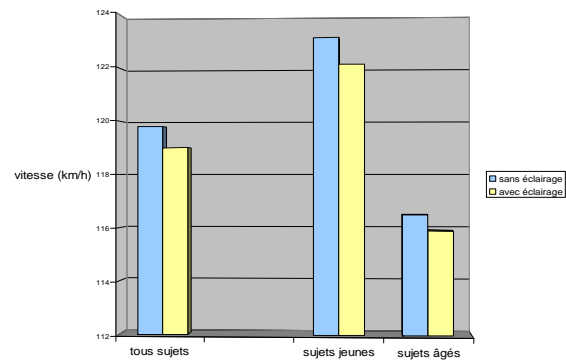
### Analyse de la vitesse moyenne sur parcours de courte durée (1 heure)

- Pour l'ensemble des sujets (hommes, femmes, jeunes, âgés) et pour chaque catégorie de sujets (jeunes et âgés), la vitesse moyenne relevée est identique dans les deux situations d'éclairage.
- On constate que les jeunes conduisent significativement plus vite que les conducteurs âgés.

18

### ÉCLAIR-98

Vitesse moyenne de conduite



19

### ÉCLAIR-98

#### Position latérale moyenne

Les sujets conduisent en général plus à gauche sous éclairage public, car ils voient beaucoup plus loin, ce qui leur permet de choisir leur trajectoire, contrairement à la conduite avec feux de croisement dans laquelle la visibilité est réduite à 40 mètres. Les conducteurs sont alors contraints de se référer au marquage au sol de leur voie de circulation.

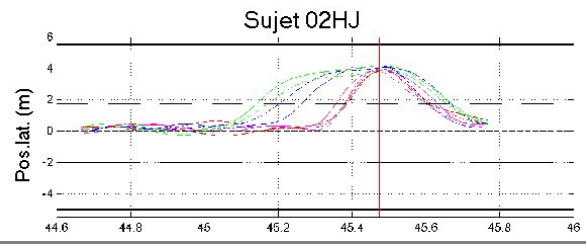
#### Anticipation aux événements de la route

Dans le graphique suivant, les pointillés rouges correspondent à la conduite avec feux de croisement, les pointillés vert-bleu à la conduite des mêmes pilotes sous éclairage public.

L'anticipation au départ est beaucoup plus précoce sous éclairage public, d'où un temps beaucoup plus long pour effectuer la manœuvre d'évitement. Le départ est amorcé 200 à 250 mètres plus tôt que dans le cas précédent.

20

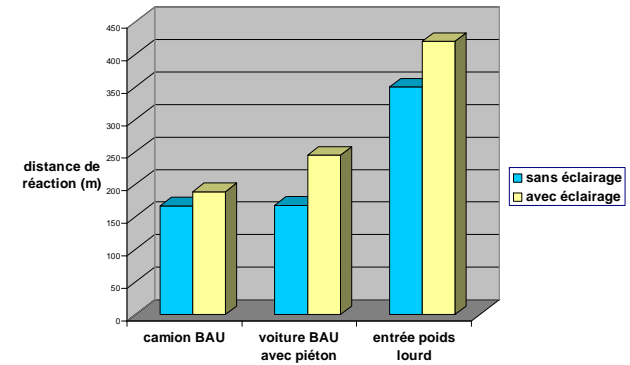
Trajectoires de déport latéral d'un jeune conducteur à l'approche du poids lourd immobilisé dans la B.A.U (trait rouge vertical)



Ordonnée: position latérale du véhicule par rapport aux 2 voies de circulation  
Abscisse: distances routières en km,  
45,45 km = position du poids lourd arrêté.

21

ÉCLAIR - 98  
Distance de réaction sur le déport



22

Gradient de vitesse  
lors d'une manœuvre d'évitement

La distance de visibilité sous éclairage public génère une anticipation significative au déport ; laquelle permet au candidat de maîtriser, sans stress, sa manœuvre d'évitement.

Il en résulte une vitesse régulière, sans freinage excessif et sans re-accélération brutale, ce qui réduit le risque d'accident entre véhicules et régularise le trafic.

23

2ème étape: ÉCLAIR-99

- Cinquante sujets masculins dont 21 jeunes conducteurs (20 - 30 ans), 13 conducteurs d'âge moyen (40 - 50 ans) et 16 conducteurs âgés (60 - 70 ans).

- Conduite de nuit (01 h à 04 h).

- Une seule épreuve de conduite (350 km) sans sommeil préalable.

- Une seule condition d'éclairage lors de chaque épreuve (éclairé ou non éclairé).

24

## ÉCLAIR-99

- Parcours en pleine nuit d'une distance de 300 Km, sans arrêt.
- Objectif :
  - Comparer les performances de conduite avec celles obtenues sur un parcours de courte durée.
- Analyse des phénomènes d'hypovigilance.

25

## Les mesures effectuées lors d'ÉCLAIR 99

### ➡ Performances de conduite

#### *Performances globales :*

vitesse moyenne, position latérale moyenne et écart-type

#### *Performances dans les zones critiques :*

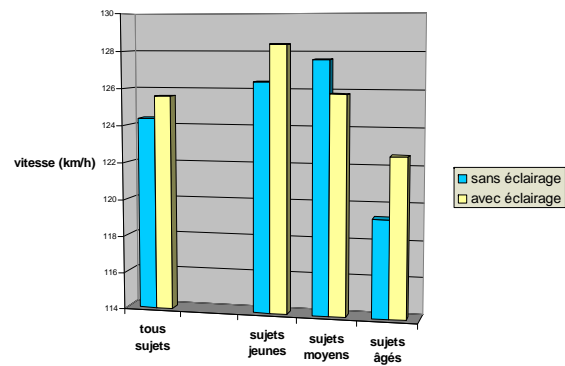
distance de réaction, modification de la vitesse, amplitude du dépôt, distance inter-véhicules

### ➡ Évaluations subjectives

### ➡ Mesures physiologiques

26

## ÉCLAIR-99 Vitesse moyenne de conduite



27

## Performances de conduite

- Vitesse moyenne :
  - Mêmes conclusions que celles enregistrées lors de l'expérience précédente.
  - La conduite sous éclairage routier n'engendre pas d'augmentation de la vitesse moyenne des automobilistes.
  - Position latérale moyenne et écart-type : mêmes résultats que ceux de la première étape.
- Anticipation :
  - Les résultats de la première expérience ne sont confirmés que durant la première heure de conduite.

28

### Analyse de l'hypovigilance

- Repose sur l'analyse du spectre de puissance d'activités Electro-encéphalographiques reflétant les changements du niveau général d'éveil.
- Calcul du spectre moyen pour chaque tour de circuit (50 km, soit 25 mn environ).
- Expression des résultats pour les bandes EEG : theta (4 à 7,5 Hz), alpha (8 à 12 Hz), beta (12,5 à 25 Hz) et leurs subdivisions.

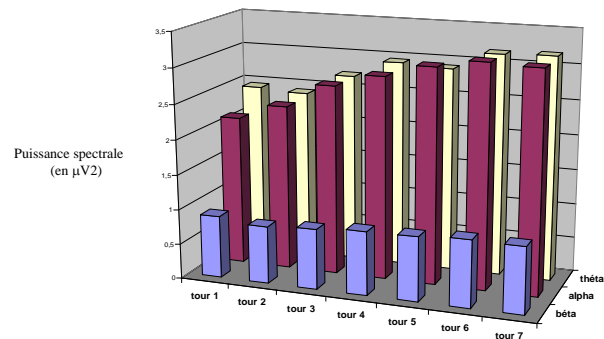
29

### Analyse de l'évolution du niveau global de vigilance par la mesure en continu des puissances spectrales lors de la conduite de nuit de longue durée

- 1) La bande  $\Delta$  (delta) de 0,5 à 4 hertz est non utilisée (elle correspond à un sommeil établi).
- 2) La bande  $\theta$  (thêta) :  $\theta_1$  de 4 à 6 hertz.  
 $\theta_2$  de 6 à 8 hertz.  
Lorsque les puissances spectrales de  $\theta_1$  et  $\theta_2$  augmentent, la tendance est à la somnolence.
- 3) La bande  $\alpha$  (alpha) :  $\alpha_1$  de 8 à 10 hertz.  
 $\alpha_2$  de 10 à 12 hertz.  
Lorsque les puissances spectrales de  $\alpha_1$  et de  $\alpha_2$  augmentent, cela traduit une dégradation de la vigilance et un état de transition vers la somnolence.
- 4) La bande  $\beta$  (bêta) de 12 à 30 hertz.  
La puissance de cette bande traduit l'état d'éveil et de vigilance élevés.  
L'analyse de l'évolution des rapports  $\alpha/\theta$  et  $\alpha+\theta/\beta$  au fil des km parcourus, permet d'identifier l'évolution du niveau de vigilance.  
L'augmentation de  $\alpha$  et de  $\theta$  au fil des tours et de  $\alpha_1/\theta_2$  confirmer l'établissement de la somnolence et de l'hypovigilance.  
Le maintien au fil des tours de la puissance  $\beta$  peut exprimer le conflit auquel le conducteur est confronté lorsqu'il lutte contre l'endormissement au volant.

30

### ÉCLAIR - 99 Évolution des activités EEG en fonction de la durée de la conduite



31

### Principales conclusions

- ÉCLAIR-98 montre que la majorité des conducteurs préfère la condition « éclairé » et que, sous cette condition, les réactions (réduction de vitesse et départ) sont plus précoces que dans la condition « non éclairé ».
- ÉCLAIR-99 montre que l'établissement progressif de l'hypovigilance au cours de la conduite de nuit, se produit de façon identique, quelle que soit la condition d'éclairage.
- Les deux expérimentations montrent qu'il n'existe aucune différence entre les deux conditions d'éclairage en ce qui concerne la vitesse moyenne de conduite.

32

### Incident critique du 7ème tour

	Bonne anticipation	Accident
Non-éclairé	4 conducteurs	4 conducteurs
Éclairé	10 conducteurs	2 conducteurs

De façon imprévisible, au cours du 7<sup>ème</sup> et dernier tour de circuit, le conducteur voit surgir un poids lourd débordant d'une voie d'insertion et empiétant sur la voie de circulation, d'où l'obligation, pour l'automobiliste, d'effectuer un freinage maximum en urgence.

33

### Perspectives

Si la condition « éclairé » apporte un plus grand confort au conducteur et améliore le comportement de celui-ci, en lui permettant une meilleure anticipation des manœuvres à effectuer, elle n'empêche pas l'installation progressive de l'hypovigilance nocturne, facteur indéniable de danger.

Reste néanmoins posée la question de l'influence possible de l'alternance entre des zones éclairées et des zones non-éclairées dans la lutte contre l'hypovigilance du conducteur sur de longs parcours nocturnes.

34

### Rappels bibliographiques (1)

1) Des études de comportement du conducteur, engagées par le Professeur Coblenz, en 1995, sur l'autoroute du Sud, en site réel, avaient pour but d'analyser les séquences de micro-sommeils et d'hypovigilance dont sont l'objet les conducteurs sur les parcours de longue durée, de jour et de nuit, sur autoroute non éclairée.

Bien que les résultats obtenus ne puissent avoir de valeur significative, faute de ne pouvoir reproduire les essais au fil des jours, dans des conditions identiques de trafic, de climat, d'environnement, de conditions physiques des conducteurs, ils apportent des informations tout à fait intéressantes, confirmant in situ les résultats enregistrés sur simulateur.

Sans prétendre dissocier micro-sommeil et hypovigilance, l'ensemble des travaux du CNRS sur simulateur et du laboratoire d'anthropologie de Paris en site réel, montre que l'hypovigilance, mesurée par les tests d'encéphalogrammes, s'installe chez les conducteurs au fil des distances parcourues. Leur durée et leur fréquence augmentent au fil du temps de conduite et le phénomène est beaucoup plus important de nuit que de jour.

Sur autoroute éclairée, la situation d'éveil est de durée beaucoup plus longue que sur autoroute non éclairée. Toutefois, lorsque la fatigue de conduite s'installe, lors de la deuxième heure de conduite de nuit sous éclairage public, l'éclairage continu monotone ne peut plus, à lui seul, lutter contre l'hypovigilance.

35

### Rappels bibliographiques (2)

2) Le Professeur Poirier, de l'Université de Liège (Belgique) considère qu'au volant, il est peu probable de pouvoir dissocier micro-sommeil et hypovigilance ; mais que cela n'a aucun intérêt.

L'important est de constater physiologiquement le manque d'attention et le manque de réflexe du conducteur qui, inconsciemment, devient dangereux. Il est fort important de retarder la venue de l'hypovigilance en créant des événements qui puissent rompre la monotonie du parcours (zones éclairées – zones balisées – signalisation à message variable – aménagement d'abords éclairés – parkings – aires de jeux, etc...) en complément des installations existantes (stations service, restaurants, etc...)

36

### 3ème étape: ÉCLAIR 2002

- Seize sujets des deux sexes dont l'âge était compris entre 21 et 30 ans ;
- Deux épreuves de 300 km réalisées à huit jours d'intervalle ;
- Conduite de nuit (de minuit à 2 h 30 du matin environ) ;
- Deux alternances d'éclairage routier ambiant.

37

### 3ème étape: ÉCLAIR 2002

Sur la base des résultats acquis au cours des 2 premières expériences, l'éclairage public :

- n'augmente pas la vitesse moyenne des conducteurs, quel que soit leur âge et leur sexe,
- favorise la possibilité du choix de la trajectoire par le pilote,
- génère une anticipation de réactions aux événements de la route,
- est plébiscité par la majorité des conducteurs,
- neutralise l'hypovigilance durant la première heure de conduite,
- n'a pas d'effet bénéfique sur l'hypovigilance après 1 à 2 heures de conduite,

la troisième expérience analyse, sur un parcours de longue durée, l'influence de séquences éclairées sur l'hypovigilance.

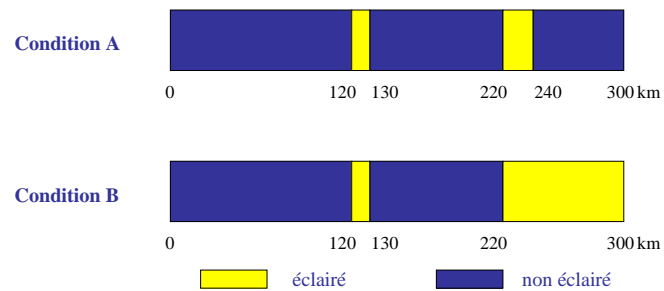
Le nombre, la durée des zones éclairées, ont été choisis arbitrairement ; d'autres hypothèses devraient bien entendu être envisagées.

Chaque sujet subit deux épreuves de conduite d'un même parcours, sur lequel deux conditions d'éclairage différentes A et B ont été programmées.

L'objectif est de mesurer, du début à la fin de chaque épreuve, le degré d'éveil et d'hypovigilance des conducteurs et de comparer ces valeurs, en entrée et en sortie de zones éclairées. De même, l'état physiologique de chaque conducteur est comparé en fin de parcours entre les conditions A et B.

38

### ÉCLAIR 2002 Conditions d'éclairage ambiant



39

### Détermination du Score d'hypovigilance

- Le score d'hypovigilance a été déterminé pour chaque période de 20 secondes, à partir des tracés électroencéphalographiques et électrooculographiques enregistrés pendant toute la durée de la conduite ;
- Le score d'hypovigilance varie entre 0 (pas d'hypovigilance) et 4 (sommolence).

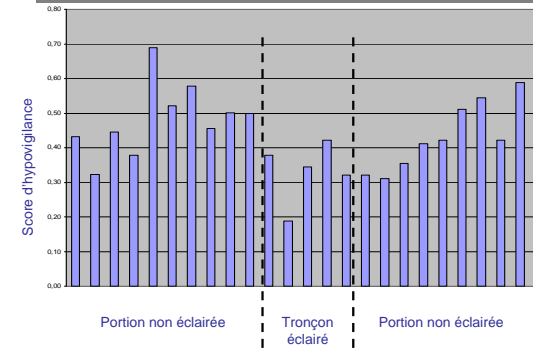
40

### Score d'hypovigilance lors du premier tronçon éclairé

- Les deux graphiques suivants montrent clairement que, dans les conditions de l'expérience, les différences entre les périodes pré, pendant et post éclairage, sont statistiquement significatives pour l'ensemble des sujets, lors du passage à la première zone éclairée, c'est-à-dire après 120 km de conduite.
- Pour les sujets hypovigilants, le score de somnolence moyen diminue fortement lors du passage sous éclairage et remonte ensuite dans la portion non éclairée.
- L'éclairage a un effet bénéfique sur la vigilance, après une heure de conduite, lors du passage sur une zone éclairée.

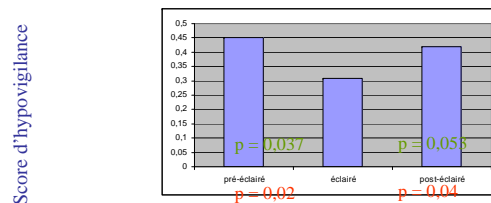
41

### Évolution du score d'hypovigilance lors du premier tronçon éclairé (score moyenné par minute, ensemble des sujets)



42

### Analyses Statistiques pour la première zone éclairée



Ensemble des sujets

Sujets hypovigilants seuls

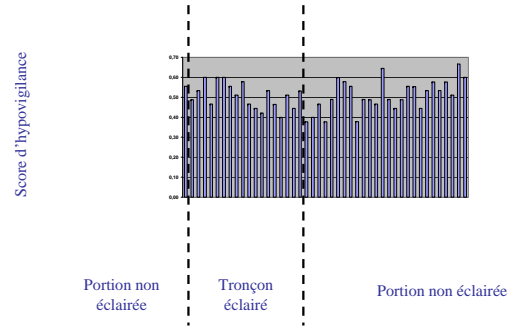
43

### Évolution du score d'hypovigilance lors du second tronçon éclairé

- Ce tronçon se situe à 220 km du départ... Il a une longueur de 20 km dans les conditions A et de 80 km dans les conditions B (pages 44 et 45).
- Dans cette zone, le score de somnolence n'évolue, ni dans le sens d'une amélioration de l'état de vigilance, ni dans celui d'une dégradation de cet état. De ce fait, il y a lieu de penser que l'état de vigilance étant alors fortement dégradé du fait de la durée de conduite et de l'heure avancée de la nuit, la stimulation créée par la 2ème zone éclairée est insuffisante pour provoquer une réaction efficace du sujet.
- Il reste indéniable que le vécu du passage de la condition « non éclairée » à la condition « éclairée » se fait avec une amélioration nette du confort global, et plus particulièrement du confort visuel des conducteurs.
- Cela va de paire avec une amélioration du niveau d'éveil tel qu'évalué par le sujet lui-même.

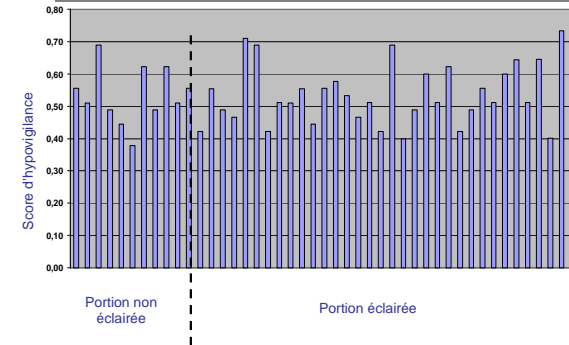
44

### Évolution du score d'hypovigilance lors du second tronçon éclairé (score moyenné par minute, configuration A)



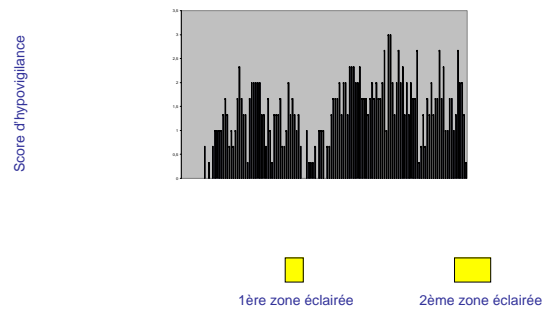
45

### Évolution du score d'hypovigilance lors du second tronçon éclairé (score moyenné par minute, configuration B)



46

### Évolution du score d'hypovigilance chez un sujet



47

### Note complémentaire

- Les graphiques présentés dans ce document illustrent la synthèse générale des expérimentations réalisées.
- Les analyses détaillées ont bien entendu été faites mais ne sont pas jointes dans le but évident de ne pas alourdir ce document.
- Dans toutes les épreuves réalisées, le comportement des sujets a été enregistré individuellement en fonction du sexe et de l'âge des personnes testées.
- Des différences certaines apparaissent en fonction de ces paramètres ; elles ont un intérêt évident, mais dans aucune circonstance particulière, les tendances et les conclusions significatives ne sont inversées.
- Ainsi, pour toutes les catégories de conducteurs, les résultats globaux mentionnés sont applicables aussi bien dans les évaluations objectives que subjectives :
  - de la vitesse ;
  - de l'anticipation aux événements de la route ;
  - de la charge mentale ;
  - de l'hypovigilance sur les parcours nocturnes de courte ou de longue durée.

48

### Conclusions (1)

- Les deux premières expériences ont montré, qu'indépendamment de la durée de conduite, l'éclairage de l'autoroute n'a pas entraîné d'augmentation de la vitesse moyenne des conducteurs. La meilleure visibilité, très largement décrite par les sujets, a favorisé des comportements d'anticipation et l'optimisation des trajectoires. Si pour les sujets jeunes, l'évidence de la facilité apportée par l'éclairage se retrouve aussi bien dans les performances de conduite que dans les évaluations subjectives, nous observons une dissociation des deux valeurs chez les sujets âgés. Leurs performances de conduite sont indéniablement meilleures lorsque l'autoroute est éclairée. Ils expriment le bénéfice d'une vision plus lointaine par des comportements adaptatifs pertinents.
- Ces études mettent également en évidence, l'intérêt d'explorer des tranches d'âge différentes, dans une évaluation qui s'appuie, non seulement sur des critères subjectifs, mais sur des mesures physiologiques et des mesures de la performance, dans une tâche complexe qui nous est quotidienne.
- Cependant, les avantages décrits, associés à de meilleures conditions d'éclairage, résistent moins bien à la durée et à l'accumulation de la fatigue. L'hypovigilance maîtrisée durant la première heure de conduite avec éclairage continu, augmente ensuite et favorise les erreurs de conduite. L'ensemble des observations physiologiques indique que la conduite nocturne prolongée engendre une dégradation du niveau de vigilance, qui devient indépendante de la condition d'éclairage. L'étude montre la plus grande vulnérabilité du groupe de plus jeunes lors de la conduite de nuit prolongée ; elle apporte une dimension supplémentaire dans l'analyse des phénomènes accidentogènes qui frappent les conducteurs la nuit.

49

### Conclusions (2)

- De nuit, sans éclairage routier, le manque de visibilité (au delà de la portée des feux de croisement) oblige le conducteur à se caler sur le marquage au sol qui délimite la voie circulée de la B.A.U. Cette dépendance réduit les réflexes nécessaires à la bonne appréhension de l'environnement routier. Cette situation favorise, en cas d'hypovigilance associée au manque de visibilité, la conduite inconsciente sur la B.A.U. et les drames qui peuvent en découler.
- La troisième expérience, visant à rechercher l'influence de l'alternance entre zone éclairée et zone non éclairée, sur la vigilance du conducteur, lors d'un parcours nocturne de longue durée, n'a pas permis, dans les conditions particulières de l'essai (120 km non éclairés – 10 km éclairés – 90 km non éclairés – 20 km éclairés) de montrer, en fin de parcours, une meilleure vigilance des conducteurs sur route avec tronçons éclairés que sur route non éclairée.

50

### Conclusions (3)

Cependant, les diagrammes présentés permettent de conclure que :

- 1) Au cours d'un trajet nocturne de courte durée (de l'ordre d'une heure), un tronçon éclairé en fin de parcours améliore significativement la vigilance qui s'était progressivement dégradée au cours des cinquante premières minutes de conduite sans éclairage.

Ce résultat s'explique par le fait que la fatigue due à la conduite nocturne, n'a pas encore atteint, au cours de la première heure, une importance irréversible.

- 2) Au cours d'un trajet nocturne de longue durée, l'hypovigilance, un moment réduite lors de la traversée d'un premier tronçon éclairé, se manifeste à nouveau dans le tronçon non éclairé suivant. Après deux heures de conduite, l'éclairage n'a plus d'influence sur le degré d'hypovigilance des conducteurs.

Il faut toutefois remarquer que l'éclairage routier continu, qui assure une visibilité permanente sur une distance trois à quatre fois supérieure à la distance d'arrêt du véhicule, permet de corriger à temps des erreurs de conduite dues à l'hypovigilance installée et le plus souvent inconsciente.

Il peut par conséquent être utile d'aménager des zones éclairées sur le parcours, y compris sur les parcours longs nocturnes, tout en sachant que leur efficacité est compromise lorsque les conducteurs sont trop fatigués

51

### Conclusions (4)

- L'ensemble des trois études fait progresser nos connaissances sur l'influence de l'éclairage sur les risques d'accidents en conduite de nuit de courte et de longue durée.
- L'éclairage ne favorise pas l'augmentation de la vitesse des véhicules. L'éclairage, en assurant une visibilité sur une distance dix fois supérieure à celle des feux de croisement, permet :
  - une large anticipation aux événements de la route ;
  - un meilleur choix de trajectoire ;
  - une plus grande attention et sécurité de conduite ;
  - un champ visuel tridimensionnel garant de la bonne évaluation des distances ;
  - sur des parcours de l'ordre d'une heure, de retarder le développement de l'hypovigilance qui frappe la majorité des conducteurs ;
  - sur les parcours de longue durée, lorsqu'il n'a plus d'influence bénéfique sur l'hypovigilance, de donner, grâce à une visibilité nettement supérieure, une chance supplémentaire au conducteur d'avoir le temps de corriger ses fautes de conduite ;
  - aux personnes âgées qui, consciemment ou inconsciemment, souffrent de la diminution de leurs performances visuelles et d'une sensibilité accrue à l'éblouissement, de retrouver de meilleures conditions de conduite qui ne peuvent être que bénéfiques.

52

## Conclusions (5)

- Une bonne vue doit être précise, une bonne vision doit être efficace ; l'amélioration de la vue est un problème technique, l'amélioration de la vision est avant tout un problème d'apprentissage. Telles sont les deux pistes qui méritent d'être exploitées :
  - les moyens techniques à mettre à la disposition de l'automobiliste,
  - l'éducation de ceux-ci pour en profiter.
- Jusqu'à présent, on peut regretter que l'effort pour lutter contre les accidents de la route ne porte principalement que sur la prolifération des sanctions (ce qui est l'un des volets de l'éducation), en négligeant l'information scientifique sur les risques encourus, et surtout, en ne se dotant pas suffisamment des moyens techniques assurant de nuit la meilleure vue possible.
- Les progrès récemment réalisés en terme de réduction des accidents de la route pourraient être améliorés puisque l'on déplore toujours autant de tués de nuit que de jour, malgré un trafic nocturne quatre fois plus faible.
- Il apparaît plus clairement, à l'issue de ces études, que l'analyse du comportement du conducteur doit être scindée en deux parties totalement indépendantes, à savoir :
  - a) Le comportement dépendant de l'hypovigilance, des micro-sommeils, du cycle circadien, du déficit du sommeil, de la fatigue,
  - b) Le comportement dépendant de la lumière, de la vue, de la vision.

53

## Conclusions (6)

- Dans le 1er cas, l'éclairage continu et monotone ne peut supprimer l'apparition des symptômes dans toutes les conditions de conduite ; mais des éclairages spécifiques, inattendus, associant visibilité et lisibilité, débordant momentanément du seul cadre de la route, peuvent participer, avec d'autres artifices, au maintien de l'éveil et de l'attention. Voir loin, vite et bien, ne peut être que salutaire au conducteur sortant à temps du piège de l'hypovigilance.
- Dans le second cas, l'apport d'un éclairage adapté à la tâche visuelle à accomplir sur route de nuit, s'avère indispensable.
- Le Professeur DARRAS, de l'Institut Supérieur d'Optique, définit comme suit les trois phénomènes inséparables qui sont à la base de nos préoccupations, à savoir : la lumière, la vue, la vision.
  - la lumière est un véhicule d'informations pour « savoir » et pour « agir »,
  - la vue représente la somme des informations d'origines lumineuses qui arrivent au cerveau,
  - la vision, c'est l'habileté des stratégies visuelles d'une part, et d'autre part, l'interprétation et l'exploitation des informations décodées par le cerveau.
- La vision est en relation avec tous les autres sens, mais chez l'homme, elle est dominante, particulièrement la nuit.

54

## Conclusions (7)

- Au travers de ces résultats, on perçoit que, s'il ne peut être raisonnablement question d'éclairer de nuit toutes les voies importantes routières ou autoroutières en continu, l'éclairage public, judicieusement implanté et réalisé aux conditions d'éclairage nécessaires et suffisantes, peut être un facteur déterminant de réduction de certaines situations accidentogènes constatées sur des zones bien ciblées.
- La modulation du niveau d'éclairage, en fonction du climat, de la densité du trafic, de l'heure, de la tâche visuelle à accomplir, de la maintenance routière et des événements divers, permet d'optimiser chaque installation tout au long de ses périodes de fonctionnement.
- Les résultats enregistrés au cours de ces cinq années d'études sont suffisamment importants pour justifier la mise en place d'installations d'éclairage performantes, qui pourraient permettre de corroborer les résultats acquis sur simulateur.

*Christian Remande, expert de l'Association française de l'éclairage.*

*(Extraits des documents du C.N.R.S. – C.E.P.A. Strasbourg).*

55