

ORGANISME
NATIONAL DE
SÉCURITÉ
ROUTIÈRE

ÉTUDE DU
COMPORTEMENT
DES CONDUCTEURS
D'AUTOMOBILE

Cahiers d'études no 1

*Bulletin n° 4
Septembre 1962*

CDAT
15062

UN INSTRUMENT D'ÉTUDE DU COMPORTEMENT DES CONDUCTEURS D'AUTOMOBILE : LA VOITURE ÉQUIPÉE

G. MICHAUT

Psychologue chargé de Recherches à
l'ONSER

L'étude du comportement des conducteurs en situation réelle correspond à une nécessité ressentie par de nombreux chercheurs.

L'appareillage, qui va être décrit, constitue un des premiers ensembles destinés à des études de longue durée. Il a été réalisé par l'auteur de ce Bulletin, assisté de M. GAUGE, Agent technique, sous la direction du Dr WISNER, Sous-Directeur du Laboratoire de Physiologie du Travail du C.N.R.S. et de M. ROCHE, Directeur du Centre de Recherches et d'Applications de la Prévention Routière.

Les docteurs C. TARRIÈRE, chef du Laboratoire de Physiologie et de Biomécanique de la Régie Renault et M. POTTIER, assistant de Physiologie à la Faculté de Médecine de Paris, pour la partie physiologique; MM. RAMEIL et GOEBEL du Centre Technique de la Régie Renault, pour la partie technique, ont apporté leurs conseils à cette réalisation.

RÉSUMÉ

En vue d'étudier les effets de la fatigue sur le comportement des conducteurs, une voiture laboratoire a été équipée pour permettre l'enregistrement continu de plusieurs variables pendant de longues durées et sans l'intervention d'un expérimentateur.

Le conducteur se trouve ainsi dans des conditions très proches des conditions réelles de conduite.

Les appareils utilisés sont décrits dans le présent bulletin. Ils sont destinés à mesurer les variables suivantes :

- enregistrement photographique de la distance entre le véhicule et le bord de chaussée;
- enregistrement photographique de la mimique du conducteur;
- vitesse du véhicule;
- mouvements du volant;
- accélérations;
- kilomètres parcourus;
- temps;
- température;
- fréquence cardiaque du sujet;
- fréquence respiratoire du sujet;
- niveau de vigilance du sujet.

I - CONSIDÉRATIONS THÉORIQUES

Bien que les statistiques ne permettent pas de déterminer avec certitude les causes des accidents survenus sur la route, il est indéniable que, parmi les facteurs distingués habituellement, le facteur humain est primordial.

Il est donc important de savoir ce qui se passe au niveau du conducteur impliqué dans la marche d'un véhicule.

Si la littérature est abondante sur le sujet, il ne faut toutefois pas s'attendre à y trouver beaucoup de faits rigoureusement établis concernant le comportement du conducteur. On y trouve des réflexions, des observations, mais peu de données qui, dépassant le niveau de la constatation, atteignent le fonctionnement de

l'organisme, tentent de l'expliquer, exposant les causes qui l'influencent et les effets éventuels de ces causes.

C'est, entre autres, au psychologue expérimental et au physiologiste qu'il appartient de se pencher sur cette importante question à l'aide des méthodes les plus récentes.

Les sujets d'études sont nombreux et l'un d'eux, qui a retenu depuis longtemps l'attention des chercheurs préoccupés de sécurité, nous intéresse tout particulièrement : la fatigue engendrée par la conduite.

Ce problème de la fatigue est d'une complexité extrême, non seulement intrinsèquement, mais également par les difficultés méthodologiques de son étude.

La nécessité, souvent reconnue, d'aller au-delà d'expé-

riences de laboratoire peut être aujourd'hui satisfaite grâce aux progrès réalisés dans la construction des appareils de mesure. Aussi a-t-on de plus en plus tendance à étudier la fatigue en situation réelle, pendant de longues durées et par des relevés objectifs continus. Sans enlever de leur valeur aux données recueillies en laboratoire, cette méthode fournit des renseignements extrêmement intéressants.

Dans le domaine de la conduite automobile, l'application de cette méthode se traduit par l'étude du comportement du conducteur pendant qu'il conduit réellement.

Il faut donc transporter le laboratoire dans la voiture, mais conserver à celle-ci son apparence et ses caractéristiques; il faut transformer le conducteur en "cobaye", mais lui permettre de l'oublier.

Il existe en outre, dans ce domaine de l'automobile, d'autres raisons de sortir du laboratoire. Si certaines expériences ont pu être menées avec des simulateurs de conduite plus ou moins approximatifs, il reste une extrapolation à faire : retrouvera-t-on sur route ce qu'on a trouvé au laboratoire? Cette question n'est pas spécifique à la conduite, et, d'une façon générale, les chercheurs évitent de plus en plus d'être affirmatifs à ce sujet, certaines transpositions ayant abouti parfois à des résultats contradictoires ou très différents.

C'est dans cet esprit qu'une épreuve de vigilance est prévue dans l'appareillage dont nous parlons plus loin. Il s'agit d'une réplique d'expériences réalisées en laboratoire et dont le principe est le suivant : lorsqu'un sujet doit répondre à des signaux rares, aléatoires et faibles, sa capacité de détection baisse considérablement après une demi-heure de surveillance. Au moyen de films représentant une route monotone TARRIERE et WISNER ont montré l'existence d'une baisse de vigilance chez des sujets devant détecter des signaux lumineux pendant deux heures. La vérification des résultats obtenus que nous tentons ici a donc une portée théorique importante en plus de sa valeur sur le plan de la sécurité.

II - LES PRÉCÉDENTS

Depuis quelques années, plusieurs auteurs ont, à des fins diverses, procédé à des enregistrements à bord d'automobiles.

En ANGLETERRE, par exemple, SHAW, LEWIS, BROWN et POULTON ont fait des essais qui se poursuivent encore.

Aux ÉTATS-UNIS, on peut citer LAUER, SUHR et ALLGAIER qui procédaient, sur un circuit, à diverses mesures se rapportant à la marche des véhicules (coups de volant, coups de freins, secousses, consommation d'essence) dans le but de mettre en évidence des variations au cours de la conduite prolongée.

Plus récemment, GREENSHIELDS a entrepris de mesurer les rapports entre les actions du conducteur et la qualité du trafic, à l'aide d'une voiture équipée

de nombreux capteurs, dont une caméra. Des observations complémentaires sont enregistrées par un observateur.

Au JAPON, T. KONDO a procédé à des mesures physiologiques en cours de conduite dans différentes conditions de route. Étaient mesurées les fréquences cardiaque et respiratoire et le réflexe psychogalvanique.

Tous les auteurs s'accordent à reconnaître que les mesures ainsi réalisées sont très fructueuses.

Mais jusqu'ici, à notre connaissance, on n'a pas procédé à des expériences portant sur des durées de l'ordre de plusieurs heures représentant un trajet réel, le conducteur étant seul. De plus, les paramètres relevés concernaient le conducteur, ou le véhicule, mais non les deux à la fois, ce qui évidemment implique un appareillage beaucoup plus lourd et plus long à mettre au point.

III - LA VOITURE-LABORATOIRE ONSER

Compte tenu des efforts déjà réalisés et des résultats obtenus, nous avons mis au point un véhicule équipé en vue d'expérimentations sur la fatigue au volant.

Les paramètres à mesurer ont été choisis en fonction de ce but et l'installation du matériel a été conçue de façon qu'un expérimentateur ne soit pas indispensable pendant les expériences.

En plus de prises de vues photographiques, les paramètres suivants sont relevés :

- vitesse du véhicule;
- coups de freins;
- mouvements du volant;
- accélérations;
- kilomètres parcourus;
- temps;
- température;
- fréquence cardiaque du sujet;
- fréquence respiratoire du sujet;
- niveau de vigilance du sujet.



Fig. 1 - Vue générale du véhicule équipé.
La portière AR ouverte laisse voir la cloison isolant le conducteur des appareils placés à l'arrière de la voiture.

A) Description de l'appareillage.

Le véhicule. Il s'agit d'une automobile PEUGEOT 403 type "commerciale".

L'enregistreur. Nous utilisons un enregistreur à galvanomètres SEFRAM RP 5 équipé de 4 topeurs supplémentaires. La capacité des réservoirs d'encre des topeurs étant insuffisante pour la durée prévue de chaque expérimentation, l'inscription se fait par des cartouches de stylo à bille. Le déroulement du papier (2,5 mm/s) est assuré par moteur synchrone 115 V, 50 Hz (fig. 7).

La vitesse du véhicule. Un flexible supplémentaire couplé à celui faisant fonctionner le tachymètre de la voiture entraîne une dynamo tachymétrique ARTUS type 6 RCA E 4. Un galvanomètre P 611 A branché aux bornes de la dynamo inscrit la vitesse. La courbe obtenue est étalonnée d'après le tachymètre du véhicule.

Les coups de freins. On obtient un top sur le graphique par branchement aux bornes des feux Stop.

Les mouvements du volant (fig. 4). Nous avons choisi un enregistrement continu des mouvements du volant, faisant apparaître les plus faibles déviations. Un jeu d'engrenages coniques de rapport 4 : 1 transmet les mouvements de la colonne de direction à un potentiomètre de précision LEGPA, inséré dans un pont de mesure, alimenté sous 12 V = . Les variations de potentiel s'inscrivent par l'intermédiaire d'un galvanomètre P 611. La démultiplication permet d'apprécier un déplacement du volant de l'ordre de 2°.

Les accélérations. Elles sont recueillies quantitativement à l'aide de capsules de mercure fonctionnant par inertie. Un certain déplacement du mercure ferme un circuit électrique actionnant un topeur.

Kilomètres parcourus. Un deuxième flexible supplémentaire branché à la sortie de la boîte de vitesses



Fig. 2 - Vue du tableau de bord.

Le rétroviseur placé à droite du conducteur permet de photographier la mimique du conducteur (voir fig. 3). Noter les interrupteurs généraux placés à portée de main du conducteur. Le capteur de fréquence respiratoire est visible sur le siège.

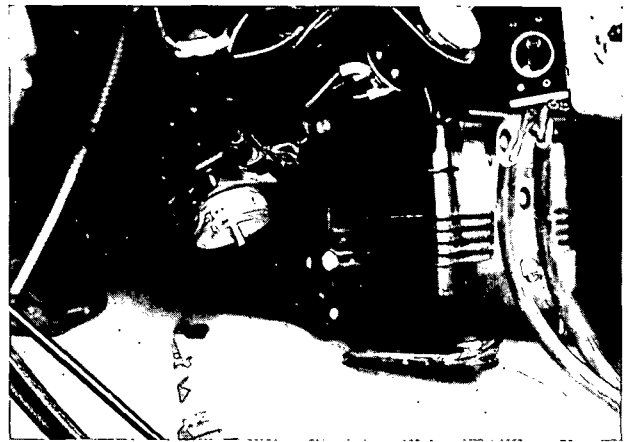


Fig. 3 - Enregistrement des mouvements du volant.

La figure montre la position du potentiomètre enregistrant les mouvements de la colonne de direction par l'intermédiaire d'engrenages coniques.

actionne un tachymètre identique à celui de la voiture. Une roue à came solidaire de la roulette kilométrique agit sur un microcontact à chaque tour, fermant le circuit électrique d'un topeur.

Le temps. Une pendule-mère AURICOSTE alimentée sous 12 V = ferme le circuit d'un topeur toutes les minutes.

La température. Un thermomètre enregistreur RICHARD enregistre les variations de température à l'intérieur du poste de conduite au cours du trajet.

La fréquence cardiaque du sujet. La chaîne d'enregistrement comprend un capteur et un ensemble amplificateur-intégrateur SERDAL, licence CNRS, de conception récente.

Le capteur est du type photopléthysmographique. Il est composé d'une cellule photorésistante et d'une source lumineuse situées de part et d'autre du lobe de l'oreille. Les variations d'opacité déterminées par le passage du flux sanguin provoquent des variations du courant traversant la cellule.

L'amplificateur-intégrateur (cardiofréquence-mètre) amplifie ces variations qui actionnent un basculeur. La fréquence des basculements comparée à une fréquence stable donne la fréquence cardiaque selon la base de temps choisie (2 ou 6 secondes). Un galvanomètre P 640 branché à la sortie inscrit un tracé continu dont la hauteur, à chaque instant, correspond à la fréquence cardiaque du sujet.

Fréquence respiratoire. La chaîne d'enregistrement comprend un capteur et un amplificateur.

Le capteur réagit aux variations du périmètre de la cage thoracique du sujet. Il est composé d'un tube de caoutchouc rempli d'une solution conductrice et fait office de résistance variable. Ce tube est fixé à une sangle, placée autour de l'abdomen du sujet. Cet ensemble, alimenté sous 4 V =, est inséré dans un pont de mesure.

Les variations de potentiel, recueillies après passage dans un amplificateur UNITRON 72 A, sont inscrites par un galvanomètre P 641.



Fig. 4 - Vue à l'avant du véhicule.

Cette vue a été prise avec la caméra enregistrant la distance du véhicule au bord droit de la chaussée et la mimique du conducteur.

Niveau de vigilance. Trois ampoules électriques placées à différents endroits du poste de conduite sont alimentées par un programmeur de signaux construit par CROUZET. Cet appareil, alimenté sous 115 V 50 Hz comporte trois combinateurs émettant aux intervalles désirés. Synchroniquement avec chaque signal lumineux le circuit d'un topeur est fermé. A portée de la main du conducteur un bouton presseur connecté à un topeur enregistre la réponse.

Les prises de vues (fig. 4). L'appareil photographique installé a pour objet de permettre une évaluation de la distance comprise entre le bord droit de la route et le véhicule. L'évaluation se fait directement sur la photographie grâce à un repaire d'aile gradué.

D'autre part, la mimique du conducteur est photographiée grâce à un rétroviseur monté sur le tableau de bord.

L'appareil utilisé est un PRAKTINA II A équipé d'un moteur électrique et d'un magasin pouvant contenir 17 m de film 35 mm, soit 450 vues. Le déclenchement et l'armement se font automatiquement par un contacteur électrique.

Dans le véhicule, le contact est fourni par la base kilométrique après passage par un relais électro-magnétique. Un interrupteur horaire COTNA monté en série sur le circuit d'alimentation du moteur de l'appareil permet de procéder à des prises de vues à chaque kilomètre pendant les périodes choisies.

L'alimentation électrique. Un certain nombre d'appareils sont alimentés sous 115 V 50 Hz. Ce courant est obtenu par une commutatrice ELECTRO-PULLMANN débitant 300 V. A, alimentée à partir de 4 batteries 6 V 250 A, FULMEN, type MARINE.

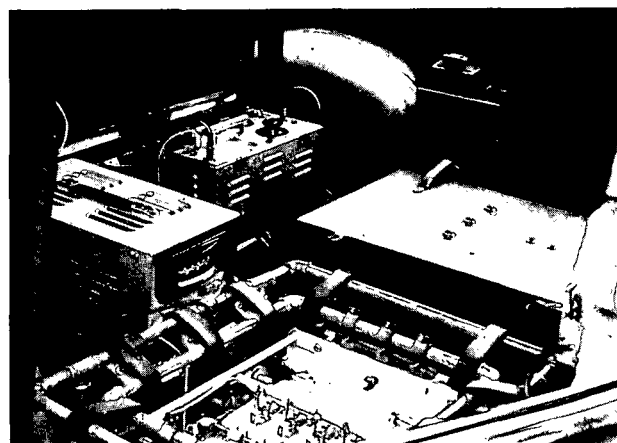
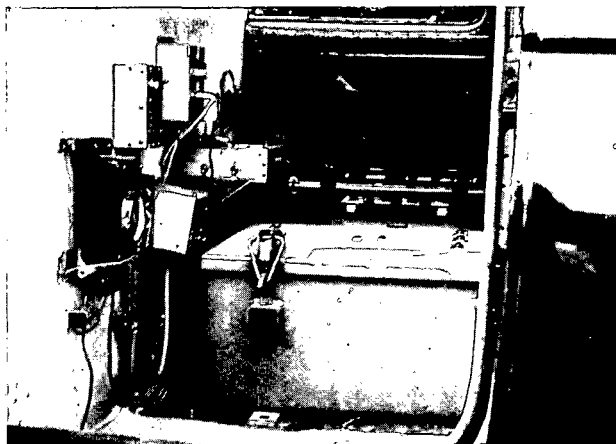


Fig. 5 et 6 - Vue des appareils de mesure.
Noter les dispositions prises pour la fixation des divers appareils.

B) Problèmes techniques de mise en place et de fonctionnement (fig. 5 et 6).

Un certain nombre de difficultés tiennent à la mise en place des appareils.

Tout d'abord, nous désirions isoler le conducteur de l'appareillage. Pour cela une cloison a été montée entre les sièges avant et les sièges arrière. Sa partie inférieure est faite d'une plaque d'Isorel mou comprise entre deux plaques de contre-plaqué. Sa partie supérieure est composée de deux plaques de Plexiglas distantes de 8 mm. On obtient ainsi une isolation sonore satisfaisante sans perturber la visibilité vers l'arrière.

Il se produit parfois, entre appareils électroniques, des interférences dues à leur proximité. Il suffit, en général, de les placer selon l'angle convenable pour éviter cet inconvénient. Parfois, lorsque la place manque, on a recours à un isolement par cage de Faraday.

Le problème des vibrations et des chocs nécessite une solution particulière à chaque appareil en fonction de sa densité et de sa sensibilité. Nous avons utilisé des tendeurs, des amortisseurs PAULSTRA ou une fixation rigide selon le cas.

De plus, des arrimages supplémentaires sont souvent

nécessaires pour prévenir un déplacement ou une projection en cas de choc brutal.

Enfin, il a paru utile de mettre le véhicule à la terre par une tresse métallique fixée à l'arrière et touchant le sol, car tous les appareils ont la carrosserie pour masse.

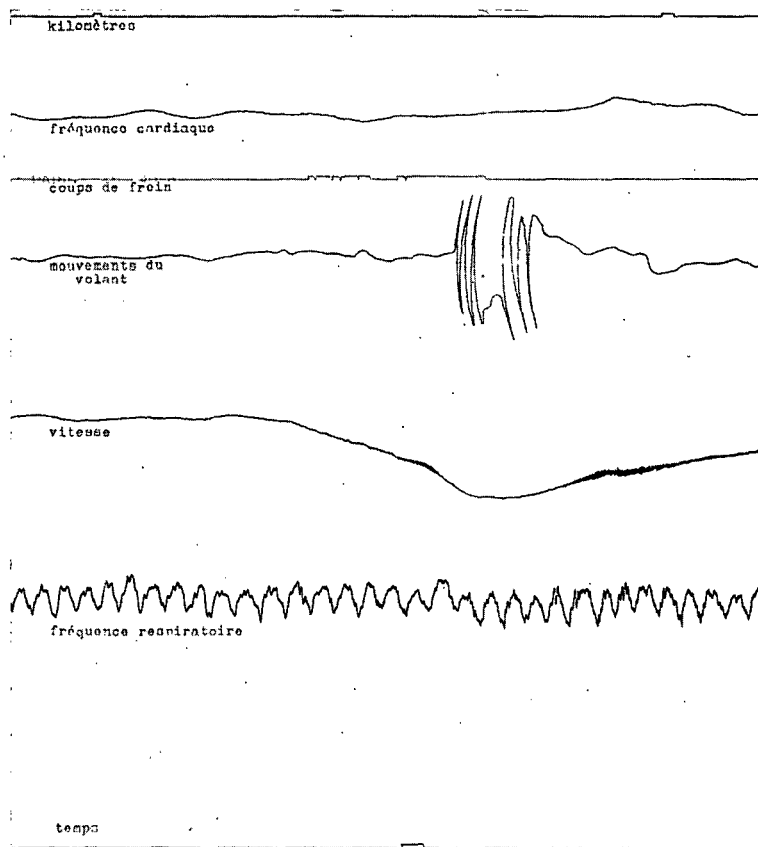


Fig. 7 - Bande d'enregistrement des mesures.

IV - SÉCURITÉ

Sur le plan de la sécurité, en plus de l'arrimage spécial des appareils lourds, on a placé des fusibles sur divers circuits électriques, soigné l'isolement, placé un interrupteur général à portée de main du conducteur, installé un extincteur dans le poste de conduite (fig. 2).

CONCLUSIONS

Du fait des modalités différentes que peuvent revêtir les effets de la fatigue sur les divers aspects du comportement du conducteur, tous les paramètres enregistrés ne possèdent pas la même valeur ni ne peuvent être utilisés de la même façon. Des modifications de l'appareillage peuvent, de ce fait, s'avérer nécessaires à l'usage.

Que les changements constatés sur les variables soient

progressifs ou concernent seulement certaines situations dont l'aspect change sous l'influence de la fatigue, on voit l'intérêt de posséder des enregistrements continus, tels qu'on peut les obtenir avec l'ensemble réalisé.

Il reste à dire que si, grâce aux progrès de la technique, les problèmes de capteurs sont généralement bien résolus aujourd'hui, une nouvelle catégorie de difficultés est apparue : après expérimentation avec de nombreux sujets dans les diverses conditions expérimentales, il faut procéder au dépouillement de plusieurs kilomètres de tracés, chiffrer les courbes obtenues et appliquer les calculs statistiques nécessaires à des milliers de chiffres.

Les méthodes modernes permettent de mieux approcher la réalité mais elles lui empruntent sa complexité; c'est peut-être l'indice d'un progrès réel vers la compréhension de l'homme.

SUMMARY

In order to study the influence of fatigue on drivers behaviour, a vehicle has been equipped in such a way as to permit long time recording of several variables without the intervention of an observer. The motorist should therefore be driving under conditions quite close to normal.

The equipment of the vehicle is described in this paper. It includes items designed to record the following variables:

- | | |
|---|--------------------|
| — photographic recording of the distance between the vehicle and the edge of the pavement ; | — mileage; |
| — photographic recording of the driver's face; | — time; |
| — speed; | — temperature; |
| — braking; | — heart frequency; |
| — steering; | — rythm of breath; |
| | — attention level. |

*

RÉFÉRENCES

BROWN I.D. et POULTON EC.

Measuring the spare "mental capacity" of car drivers by a subsidiary task (1961).
Ergonomics. Vol. 4, n° 1, p. 35.

GREENSHIELDS B.D.

Investigating traffic, highway events, in relation to drivers actions (1961).
Traffic Quarterly. Vol. 13, n° 4.

KONDO T.

Recherches sur les réactions physiques et mentales des conducteurs de véhicules à moteur aux changements de conditions de la circulation (1961).
J. of Science of Labour. Vol. 37, n° 5, p. 195.

LAUER A.R. et SUHR V.W.

The effet of a rest pause on driving efficiency (1959).
Percept. Motor Skills. Vol. 9, n° 4.

LEWIS R.E.F.

Consistency and car driving skill (1936).
Brit. J. Industr. Med. Vol. 13, p. 131.

SHAW W.J.

Objective measurement of Driving Skill (1958).
Traffic Safety Reseach Review. Vol. 4.

TARRIÈRE C. et WISNER A.

L'épreuve de vigilance, un moyen d'étude des accidents inexplicés (1960).
Revue de Psycho. Fr. Vol. 5, n° 4.