

Service des Affaires Économiques

DOCUMENTATION

Réf. n°

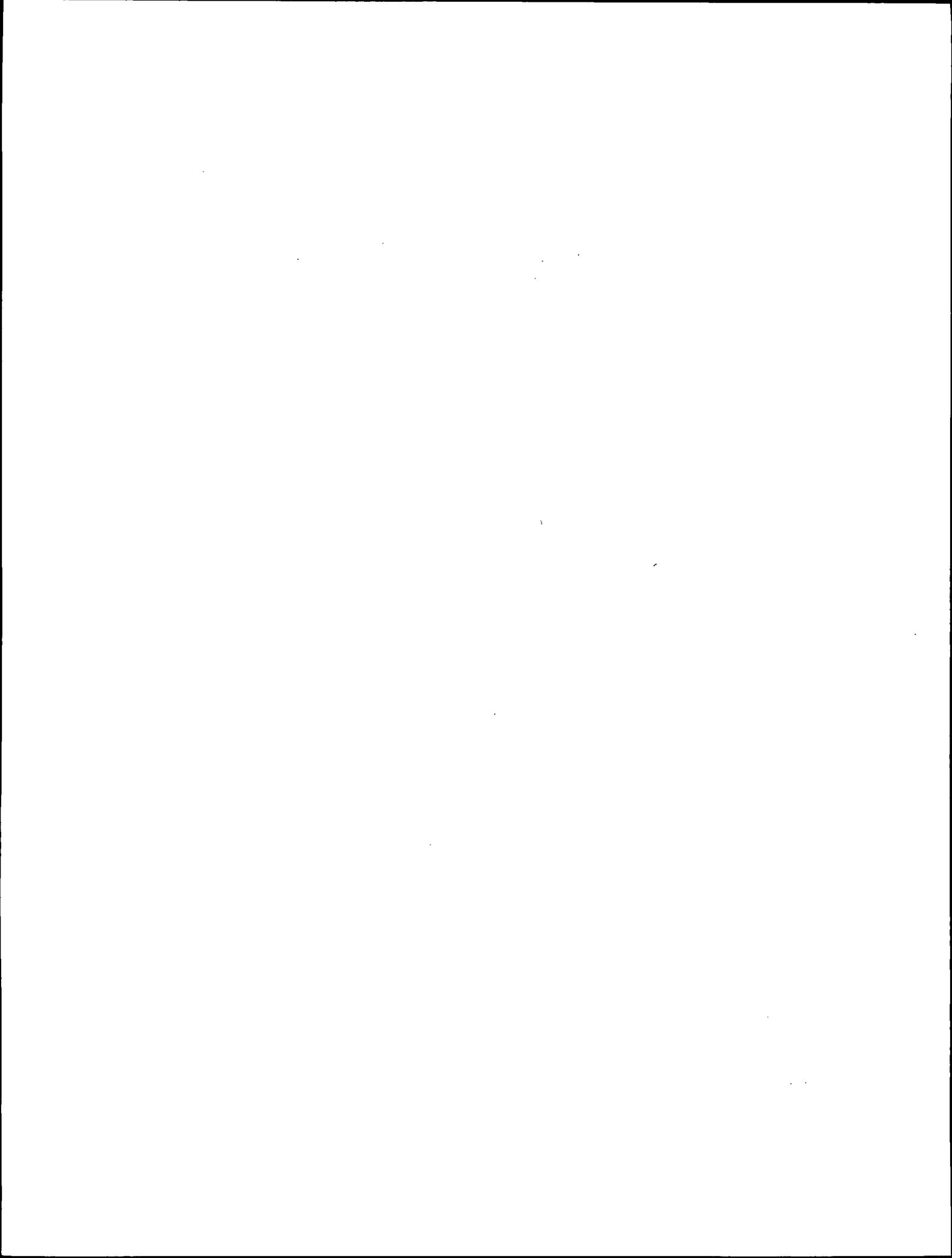
ORGANISME
NATIONAL DE
SÉCURITÉ
ROUTIÈRE

CONDUITE
AUTOMOBILE
ET CHARGE
MENTALE

cahiers d'etudes no 6

Bulletin n° 18
Janvier 1968

CDAT
15062



CONDUITE AUTOMOBILE ET CHARGE MENTALE

G. MICHAUT

Chargé de Recherches à l'O.N.S.E.R.
(Division des Etudes Psychologiques)

RÉSUMÉ

Faisant suite aux Travaux de BROWN et POULTON (1961), on a mesuré la charge mentale pendant la conduite en vue de trouver une méthode facilement applicable en ce domaine et afin de voir si l'indice de charge mentale calculé est susceptible de permettre un classement objectif des conducteurs. Deux expériences ont été réalisées qui montrent que la Tâche de Production d'Intervalle de MICHON (1964) répond très bien au but fixé. Cependant on ne peut différencier valablement des conducteurs en fonction de leur niveau d'habileté qu'à condition de procéder à des mesures portant sur des durées de conduite assez longues. Il reste toutefois que la méthode de la double tâche peut être employée avec fruit comme contrôle de niveau d'apprentissage.

Les Travaux de KALSBECK (1965), montrant qu'on peut analyser une tâche en soumettant celui qui l'accomplit à une surcharge mentale, ont donné lieu à un essai d'analyse de la conduite automobile en saturant la capacité mentale du conducteur à l'aide d'une tâche de choix binaires accomplie simultanément. Les variations comportementales observées ont montré l'existence d'un conflit rapidité-précision cette dernière paraissant être privilégiée par les sujets. Il est apparu également qu'en période de surcharge mentale l'apprentissage est probablement nul.

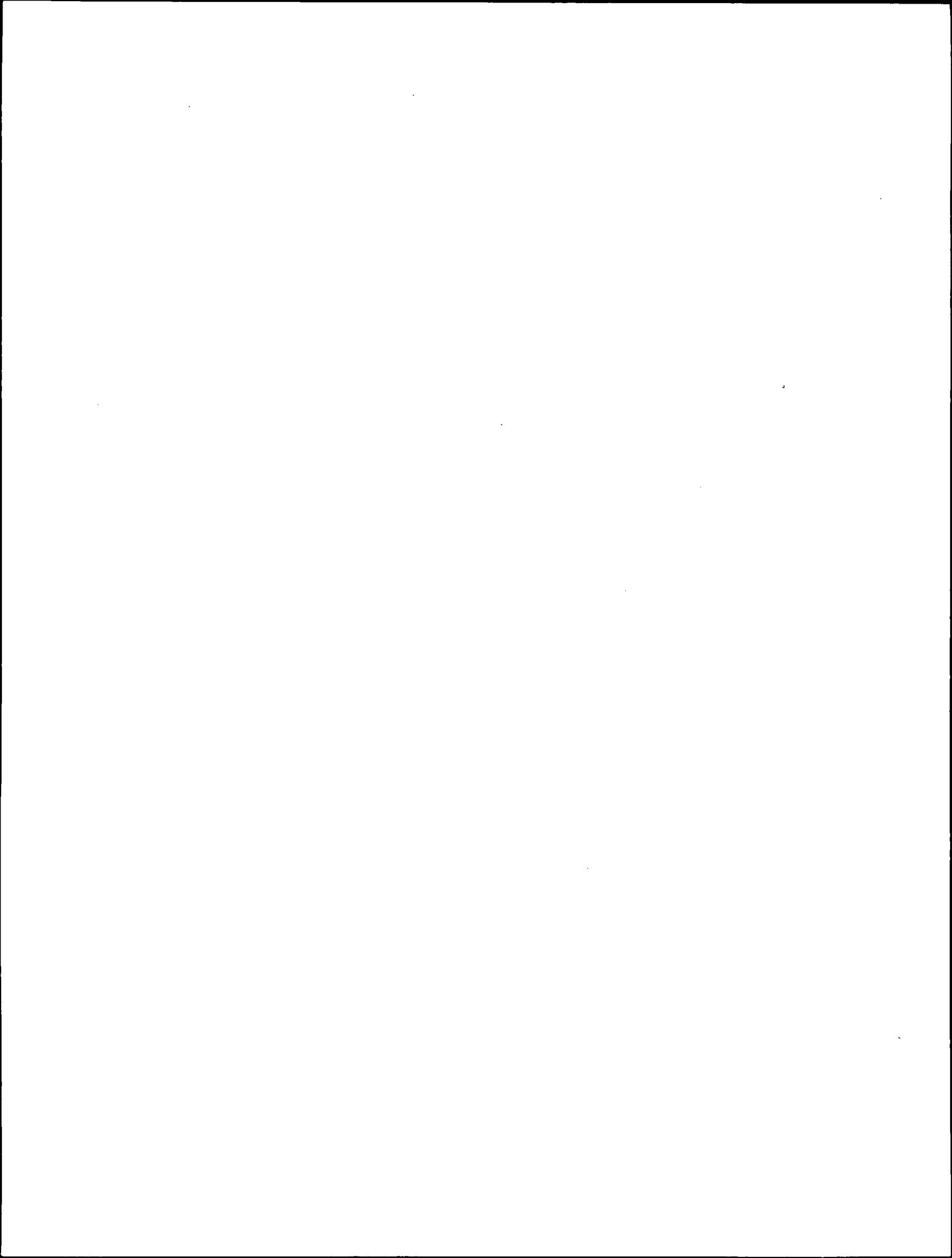
Les expériences permettent de formuler des recommandations en ce qui concerne la pédagogie de la conduite.

SUMMARY

Following on from studies undertaken by BROWN and POULTON (1961) mental load during driving has been measured in order to derive a simple method to be used in this field and to find out whether the calculated mental load index can be used to draw up an objective classification of drivers. Two experiments were carried out and have shown that the Interval Production Task established by MICHON (1964) meets the desired aim. However it is only possible to classify drivers effectively according to their level of skill if measurements are made over relatively long driving periods. Nevertheless the double task method can be used successfully as a control of the degree of learning.

KALSBECK'S studies (1965) showing that a task can be analysed by imposing a mental overstress on a subject, have led to the development of an analytical car driving test by saturating the driver's mental capacity by means of a simultaneous binary choice task. The behavioural variations observed have revealed the existence of a rapidity-precision conflict-precision being preferred by the subjects. It was also shown that during periods of mental overstress there is probably no learning.

These experiments have enabled recommendations to be drawn up regarding driving instruction.



1. — INTRODUCTION

La conduite automobile est une activité qui se caractérise par les inter-relations existant entre l'homme, la machine et l'environnement. Dans ce système le rôle de l'homme est essentiel puisqu'il constitue le point adaptable de l'ensemble grâce à ses facultés d'intégration et d'adaptation.

Dans la mesure où les éléments techniques, le véhicule et la route, ont été conçus et ont évolué sans qu'on s'interroge vraiment sur la possibilité qu'a l'homme de très bien contrôler l'ensemble, on peut se demander jusqu'à quel point ce contrôle est effectivement possible puisque les faits montrent que le système conducteur-automobile-route présente des défaillances dont la fréquence, difficile à apprécier, n'est pas négligeable du fait de ses conséquences.

Il est courant d'imputer ces défaillances au conducteur, que l'on considère comme responsable pour au moins les trois-quarts d'entre elles. Cette imputation a pour elle une apparence de logique puisque l'homme est le seul maillon flexible de la chaîne, et d'ailleurs, à raisonner strictement dans cette optique, on ne pourrait que conclure à la responsabilité du conducteur dans tous les cas. Mais incriminer l'homme suppose qu'il est théoriquement capable de remplir sa tâche, et le bien fondé de cette hypothèse implicite n'est pas démontré. **Le présent travail pose le problème de la capacité du conducteur à traiter l'information, cette tâche constituant un aspect important de la conduite.**

Il est facile de montrer, expérimentalement, que l'homme considéré comme un système à traiter l'information, possède une capacité limitée. Bien qu'elle varie selon la nature des signaux, leur mode de présentation et l'entraînement du sujet, on peut toujours la dépasser et constater à ce moment des « erreurs » dans le comportement.

L'hypothèse de WELFORD (1960) généralement acceptée, selon laquelle l'homme fonctionne comme un canal de communication à voie unique repose sur des résultats expérimentaux montrant que la réponse à un signal est différée s'il est présenté à un intervalle de temps très court après le précédent. Autrement dit, chaque unité d'information exige un certain temps pour être traitée, pendant lequel une autre unité ne peut l'être. Fondamentalement l'homme ne peut donc faire qu'une chose à la fois. S'il en accomplit apparemment plusieurs simultanément c'est parce qu'il traite séquentiellement, mais en alternance, les éléments d'information de chacune.

En dernier ressort deux faits jouent donc un rôle essentiel dans l'aptitude de l'homme à traiter l'information :

1° le temps de traitement de l'information contenue dans un signal ;

2° les intervalles temporels entre signaux.

Au cours de la conduite le conducteur peut agrandir les intervalles entre signaux de deux façons : soit en réduisant sa vitesse, soit en négligeant des signaux. Mais cette action est limitée car le nombre des signaux utiles est déterminé par l'infrastructure et la vitesse par le trafic.

Quant à la quantité d'information contenue dans un signal elle est très variable puisqu'elle découle directement de la probabilité d'apparition du signal ; plus la probabilité est grande et plus la quantité d'information est faible.

Cette probabilité est à deux niveaux au cours de la conduite : outre l'apparition du signal, elle concerne aussi la signification de son contenu. Par exemple l'éclairage d'un indicateur de changement de direction est plus ou moins prévisible et sa signification également : le conducteur va-t-il s'arrêter, tourner, ou dépasser ?

Des expériences nombreuses ayant montré que le temps de réponse de l'opérateur croît linéairement en fonction du logarithme du nombre d'alternatives, on conçoit que le temps de traitement des informations perçues par le conducteur peut atteindre des valeurs non négligeables par rapport aux durées des intervalles entre signaux.

Ces faits illustrent l'importance de la question posée : **Est-ce que le conducteur est capable de traiter les informations qui lui sont nécessaires ?**

Si la réponse est négative pour certaines situations de conduite, il sera intéressant là de se demander quelles seront les modifications comportementales qui découleront de ces périodes de surcharge.

Ces questions étant posées, il reste à déterminer par quelles méthodes il sera possible d'y répondre.

On peut penser à une procédure directe consistant à déterminer la quantité d'information liée à la situation étudiée. Connaissant la capacité moyenne d'un opérateur, que l'on déterminera de façon précise en laboratoire on saura donc quelle charge la situation représente pour le conducteur. Cette méthode est employée en analyse de travail (OMBREDANE et FAVERGE - 1955), mais n'est pas utilisable dans le domaine de la conduite à cause de la difficulté extrême qu'il y aurait à recenser les signaux effectivement utilisés. Les sources d'information sont très nombreuses et jusqu'ici peu définies.

Il faut alors chercher une méthode indirecte dans laquelle on mesurera non pas la quantité d'information présentée mais son retentissement sur le comportement. En première approche les aspects les plus objectifs que l'on puisse noter seront d'ordre physiologique : électro-encéphalographie, réponse électro-dermale, potentiels évoqués, fréquence cardiaque. Mais ces paramètres utilisables pour évaluer des efforts physiques, sont encore peu sûrs dans le domaine des tâches à prédominance mentale.

Il existe une autre technique appelée méthode des doubles tâches. Son principe est le suivant : Lorsqu'un opérateur accomplit un travail, il n'utilise qu'une partie de sa capacité mentale. S'il doit exécuter, en plus de la première, une tâche secondaire, le résultat de celle-ci dépendra de la capacité mentale disponible pour l'accomplir et reflétera donc indirectement la capacité mobilisée pour la tâche primaire. Pratiquement il faut s'assurer que la tâche secondaire est compatible avec l'exécution de la tâche primaire, c'est-à-dire qu'elle ne fait pas appel aux mêmes récepteurs sensoriels ni aux mêmes groupes moteurs. Pendant la conduite par exemple, BROWN et POULTON (1961) utilisent une tâche de reconnaissance de chiffres ou de calcul mental. Les chiffres sont présentés à l'aide d'un magnétophone et le sujet répond verbalement ce qui ne perturbe pas la conduite.

Cette méthode peut être utilisée de façon inverse en donnant la priorité à la tâche ajoutée, qui est donc à rythme imposé, et à laquelle il ne faut pas faire d'erreurs (KALSBEEK, 1965). Dans ce cas on sature tout ou partie de la capacité mentale de l'opérateur et l'on observe les erreurs qui se produiront à la tâche secondaire, qui est celle que l'on étudie. Cette étude des erreurs est intéressante parce qu'elle va renseigner sur les points les plus difficiles de cette tâche, elle en fera apparaître progressivement les diverses composantes à mesure que l'on augmentera la difficulté de la tâche primaire.

Cette technique est appelée méthode de la charge de distraction ou de la surcharge mentale.

C'est à l'aide de ces méthodes indirectes que les expérimentations décrites ci-après ont été menées pour répondre en partie aux questions posées.

Expérience A :

Son but est de s'assurer de la valeur d'un indice de charge mentale calculé pendant la conduite en évaluant le coût de la conduite en ville.

Expérience B :

Il s'agit d'un essai de validation de cet indice pour savoir s'il est possible de l'utiliser pour différencier des conducteurs.

Expérience C :

Etude des effets d'une surcharge mentale sur le comportement du conducteur. Essai d'analyse de la conduite à partir de l'étude des fautes observées dans cette situation.

Les deux premières expériences utilisent la tâche ajoutée comme tâche secondaire dont le résultat reflète la capacité mentale occupée par la conduite (tâche primaire). La troisième expérience au contraire utilise la tâche ajoutée comme tâche primaire, la conduite étant la tâche secondaire dont on étudiera les erreurs (1).

(1) Nous remercions le Dr J.W.H. KALSBEEK, Directeur des laboratoires de Psychologie Ergonomique, Amsterdam, qui a bien voulu participer activement à l'élaboration de ce travail qui lui doit beaucoup.

II. — DONNÉES EXPÉRIMENTALES

EXPÉRIMENTATION A.

1° **But de l'expérience :** Adapter à la conduite automobile une technique de mesure de la charge mentale mise au point par MICHON (1964) et l'utiliser, conjointement avec d'autres critères d'évaluation de charge de travail pour :

a) s'assurer de l'utilité de cette méthode et préciser la signification de l'indice calculé.

b) évaluer le coût de la conduite urbaine.

2° **Epreuves utilisées.**

a) *Indice de charge mentale :* La technique de MICHON est fondée sur le principe de la tâche subsidiaire que le sujet accomplit librement en même temps que la tâche primaire (ici, la conduite d'une automobile en ville).

Il s'agit d'une tâche de production d'intervalles, le sujet devant émettre verbalement des « Top » le plus régulièrement possible. Après entraînement, lorsque le sujet a trouvé le rythme qui lui convient le mieux, on procède à une mesure de référence, le sujet étant inactif.

La performance est notée en termes d'irrégularité des intervalles. Sur la durée choisie on fait la somme des différences de temps d'un intervalle au suivant, puis l'on calcule le quotient de cette valeur d'irrégularité moyenne d'un top à l'autre. L'indice de charge mentale est ensuite donné par la formule :

$$\frac{\text{Irrégularité pendant la conduite}}{\text{Irrégularité au repos}}$$

b) *Fréquence cardiaque :* Le rythme cardiaque est utilisé classiquement en physiologie du travail comme un indice de coût physiologique d'une activité. Cette mesure est en effet assez bien corrélée avec la consommation d'oxygène qui est l'indice le plus sûr, mais souvent difficile à relever en situation réelle. Du fait de l'existence de grandes variations inter-individuelles on utilise en général des valeurs d'accroissement de fréquence par rapport au pouls de repos allongé, enregistré après vingt minutes d'immobilité. Ces accroissements sont exprimés en valeur absolue.

3° **Appareillage.**

a) *Enregistrement des « Top » :* Le sujet porte au cou un laryngophone relié à un amplificateur qui déclenche un relais à chaque « Top » prononcé (système de la clef vocale). Chaque fermeture du relais provoque la décharge instantanée d'un condensateur qui se charge ensuite jusqu'au « Top » suivant. Ce phénomène enregistré graphiquement (VOIR FIGURE 1), est ensuite dépouillé en calculant la distance entre sommets qui donne l'intervalle de temps entre « Top », le déroulement de la bande étant connu et constant.

b) *Fréquence cardiaque :* Trois électrodes collées sur la poitrine du sujet transmettent à un amplificateur le signal électrique produit par chaque battement cardiaque. Convenablement filtré et amplifié ce signal actionne un relais qui commande un ensemble de comptage. Celui-ci imprime le nombre des battements produits chaque minute à l'aide d'une base de temps.

c) *Le matériel* est logé en partie sur la banquette arrière et en partie dans le coffre de la voiture, les boutons de commande étant à portée de l'expérimentateur assis à l'arrière.

4° **Protocole expérimental.**

a) Les sujets sont de sexe masculin, au nombre de quatre, âgés de 20 à 40 ans.

b) Deux sujets ont effectué 6 journées de conduite et les deux autres quatre journées. Chaque journée comportait 6 heures de conduite : de 9 à 12 heures et de 14 à 17 heures.

c) Le parcours choisi consistait à traverser Paris selon l'axe Nord-Sud. Chaque traversée représente 10 kilomètres. Deux allers-retours étaient effectués sans interruption dans chaque demi-journée.

d) La fréquence cardiaque est enregistrée de façon continue pendant la conduite. La tâche de production d'intervalles n'est effectuée que pendant 2 minutes toutes les 5 minutes. Le signal de début et de fin est donné par l'expérimentateur.

5° **Les résultats.**

1° *Fréquence cardiaque.*

Le matin, l'accroissement moyen de fréquence cardiaque au-dessus du pouls de repos est de 5,5 battements/minute.

L'après-midi cet accroissement atteint 13 battements/minute.

2° *Charge mentale.*

L'indice n'est pas affecté par l'heure de la journée. Sur l'ensemble des sujets et des passations il s'établit en moyenne à **0,52**.

Les indices des différents sujets sont les suivants :

Sujet A : 0,275

Sujet B : 0,385

Sujet C : 0,610

Sujet D : 0,820

6° **Discussion.**

a) *Le coût physiologique de la conduite urbaine.*

Évalué par l'accroissement de la fréquence cardiaque au-dessus du pouls de repos, on peut considérer qu'il est très modéré le matin, assez comparable à celui relevé dans des études précédentes en situation de conduite monotone (MICHAUT 1964).

Il ne reflète guère plus que l'accroissement provoqué par la position assise par rapport à la position allongée qui sert de référence. Ceci n'est pas surprenant car s'il existe des périodes de forte accélération, celles-ci sont généralement de courte durée, de l'ordre de 3 à 30 secondes, et sont masquées par le fait que les valeurs exposées sont des moyennes établies sur des durées de conduite importantes.

Il faut savoir par ailleurs qu'environ un tiers du temps de conduite se passe à l'arrêt : feux, embouteillages. Nos sujets n'ayant pas à respecter un horaire n'avaient donc pas de raisons de manifester de nervosité à ces occasions, ce qui n'est peut-être pas le cas des autres conducteurs.

Les accroissements relevés l'après-midi par contre sont nettement plus importants. Ils sont dus sans aucun doute à la digestion qui suivait un repas considéré comme « normal » par les sujets, qui consommaient du vin et du café. Il y a lieu de penser cependant que la conduite a agi comme un « sensibilisateur » et l'on peut supposer que la conduite après un repas entraîne plus de dépense énergétique que la seule digestion. Ou encore on pourrait supposer que l'organisme fournit également un travail plus important dû à une diminution des capacités du conducteur qui a tendance à somnoler et qui doit compenser ce manque d'éveil par un effort volontaire accru.

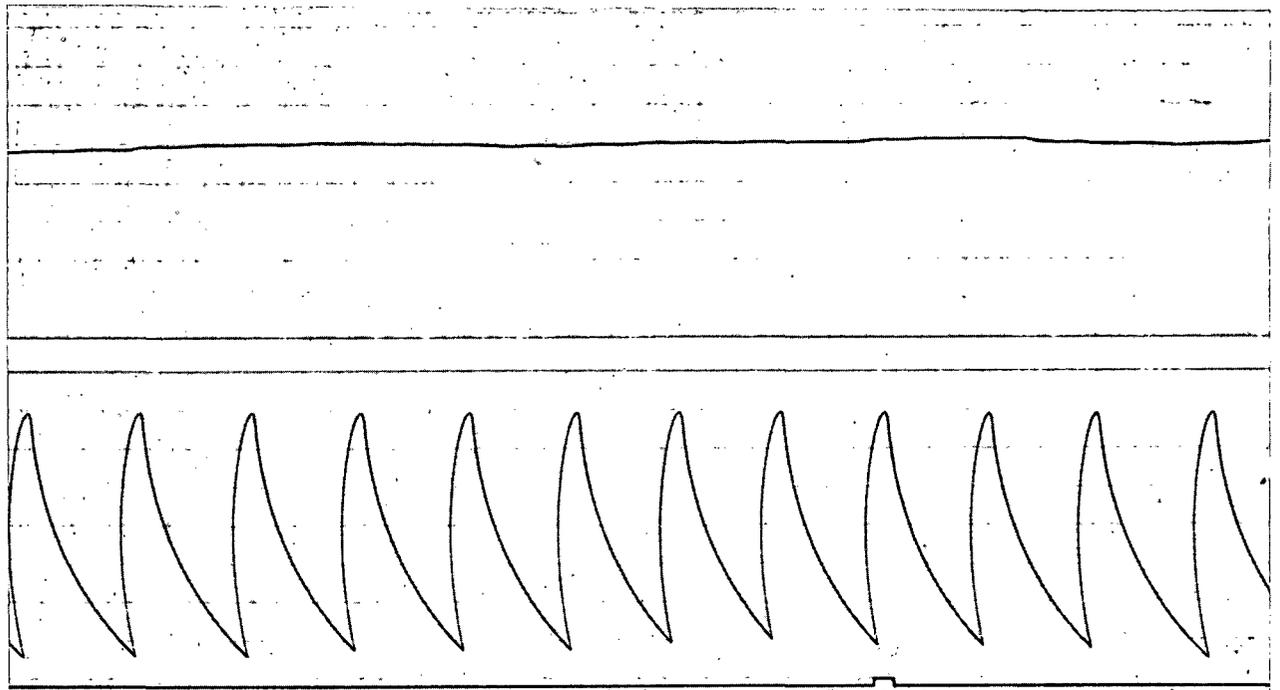
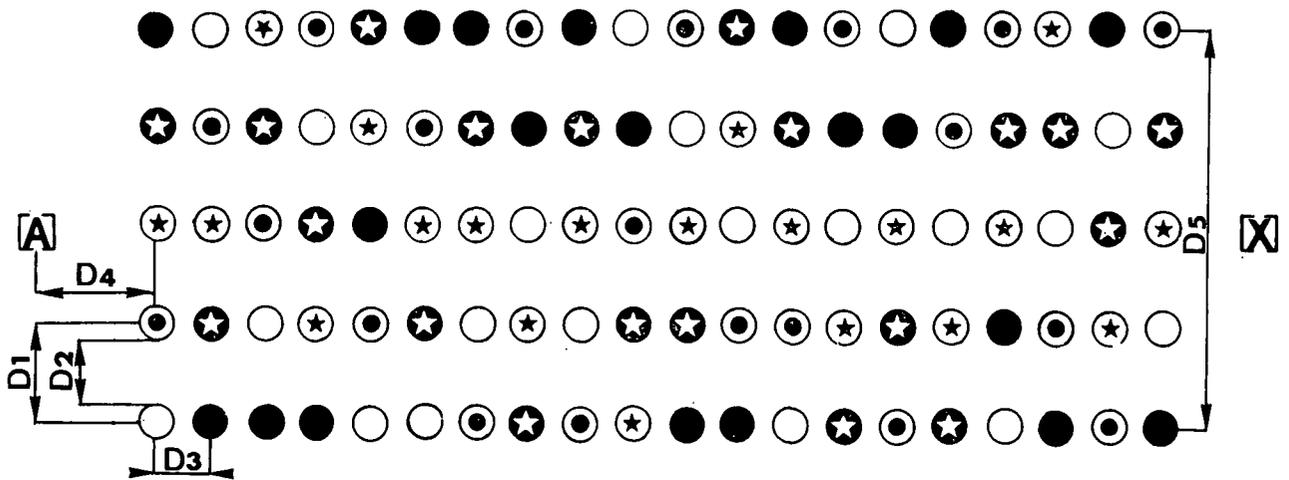


FIGURE 1. — Enregistrement graphique des « Tops » - L'intervalle entre « Tops » est mesuré d'un pointé à l'autre. Vitesse de déroulement du papier : 10 mm/s.



- bleue ●★
- jaune ○
- noire ●
- rouge ●○
- verte ●★

FIGURE 2 : Disposition des quilles sur la piste.
 D 1 : 2,30 m - D 2 : 1,90 m - D 3 : 12 m - D 4 : 20 m - D 5 : 10 m.
 Dimensions du véhicule : longueur : 4,61 m - largeur : 1,68 m.

b) *Le niveau de charge mentale*: En l'absence d'étude comparative faisant intervenir diverses conditions de conduite il est impossible de juger de la valeur absolue des indices relevés. Toutefois on peut noter que la charge mentale impliquée dépend beaucoup du conducteur puisque les indices passent du simple au double selon les sujets. L'indice le plus élevé est celui du conducteur de 20 ans, ayant très peu d'expérience de la conduite et n'ayant pratiquement jamais conduit dans Paris.

Si l'on se réfère aux indices donnés par MICHON pour diverses tâches, la conduite dans Paris provoquerait une charge comparable à celle produite par l'exécution de calculs simples. Ici aussi il faut se souvenir de l'importance des périodes passées à l'arrêt et de la compensation éventuelle des moments de « sur-charge » par tous les moments où la circulation est aisée.

On peut donc seulement dire, **qu'en moyenne**, conduire dans Paris mobilise une faible partie de la capacité mentale disponible pour des conducteurs entraînés.

c) *Les différences inter-individuelles*: On a déjà souligné leur importance numérique. Ces différences sont corroborées d'une part, par les appréciations portées par les expérimentateurs relativement à l'habileté des sujets utilisés et d'autre part, fait plus important, par des relevés de consommation d'essence. Les sujets sont classés dans le même ordre selon les trois critères : le plus faible indice correspondait à la plus faible consommation d'essence.

Ces faits laissent croire que l'épreuve de charge mentale traduit fidèlement une « réalité » psychologique et pourrait être utilisable comme critère d'habileté.

7° Conclusion.

1° La tâche de production d'intervalles est tout à fait compatible avec l'exécution simultanée de la conduite d'une automobile.

2° L'indice de charge mentale calculé à partir de l'irrégularité des intervalles produits paraît être sensible et précis.

3° La conduite urbaine semble ne faire appel **en moyenne** qu'à une faible partie de la capacité mentale disponible d'un conducteur entraîné. Ceci est moins vrai pour un débutant.

4° Les différences inter-individuelles relevées suggèrent la possibilité d'utiliser cette épreuve pour apprécier le niveau d'entraînement des conducteurs.

EXPÉRIMENTATION B.

1° **But de l'expérience** : Etudier les possibilités d'utilisation de l'indice de charge mentale précédemment décrit comme critère de niveau d'entraînement.

2° **Epreuve utilisée** : Sur un parcours de conduite contrôlé les conducteurs doivent produire des « Top » à intervalles aussi réguliers que possible.

3° **Les parcours** : pour être utilisable un critère doit pouvoir être obtenu en un temps court dans des conditions permettant une standardisation parfaite de l'épreuve. Les sujets conduisent sur une piste jalonnée de quilles en bois colorées et disposées selon LA FIGURE 2. L'épreuve consiste, en partant du point [A] à aller jusqu'au point [X] et à revenir en [A] sans s'arrêter en passant à chaque rangée entre une quille bleue et une quille verte.

4° Les mesures enregistrées :

a) L'indice de charge mentale, enregistré et calculé selon la méthode déjà exposée.

b) Le temps mis pour faire le parcours.

c) Le nombre de mouvements du volant (pour le 2^e groupe de sujets seulement).

d) Renseignements concernant les sujets :

Age, sexe, kilométrage parcouru, notation donnée par des moniteurs spécialisés.

5° **Les sujets** : Deux groupes de 45 sujets ont été utilisés. Il s'agit d'élèves-moniteurs d'auto-école, utilisés dès leur arrivée au stage (1).

6° **Protocole expérimental** : Les sujets appartiennent à deux groupes distincts (2 stages successifs). La procédure a légèrement changé d'un groupe à l'autre.

a) *Groupe I* : Chaque sujet a accompli deux parcours successifs identiques avec la même consigne de conduire normalement sans renverser de quilles en respectant le programme donné : passer à chaque rangée entre une quille bleue et une quille verte.

La notation demandée aux instructeurs consistait simplement en un classement par rang selon le simple critère « classez les élèves du meilleur au plus mauvais conducteur ».

Du fait de la structure de l'enseignement chaque instructeur ne pouvait noter que les 9 élèves dont il avait la charge ce qui n'a pas permis d'avoir, pour chaque élève, plusieurs jugements. Le classement demandé ne permet pas d'ordonner les 45 élèves mais on suppose que dans chaque groupe de 9 le jugement est cohérent.

b) *Groupe II* : Les parcours sont effectués avec le même matériel que précédemment mais il est demandé d'aller plus vite au deuxième parcours qu'au premier. Cette exigence de vitesse est destinée à éviter que des sujets utilisent l'apprentissage du 1^{er} parcours pour tenter d'améliorer le résultat de l'épreuve secondaire.

La notation fournie par les instructeurs repose sur un double critère : conduite et circulation. Il est apparu en effet, après la notation du 1^{er} groupe, que les instructeurs utilisaient tous, plus ou moins implicitement, ces notions pour juger leurs élèves. Afin de mieux standardiser les appréciations on a donc demandé de noter chaque élève sur une échelle en 3 points pour chacun des deux critères.

On appelle conduite l'habileté relative à la manipulation et au contrôle du véhicule, et circulation le degré d'adéquation de la conduite aux conditions du trafic.

Chaque sujet est donc affecté d'une note de 2 à 6 et l'on peut ainsi traiter l'ensemble du groupe.

7° Déroulement de l'expérience.

Chaque sujet apprend d'abord à émettre des « Top » au rythme qui lui convient le mieux. Après 5 à 10 minutes d'entraînement on procède à un enregistrement de 3 minutes sans conduire. Les deux parcours sont ensuite effectués, l'intervalle entre eux étant de 3 minutes. Un nouvel enregistrement des « Top » sans conduire est effectué après le deuxième parcours. Des précautions étaient prises pour que les sujets ne connaissent pas à l'avance le parcours.

(1) Nous remercions M. TAVERNIER, Directeur du Centre de Formation des Moniteurs d'Auto-Ecole de La Prévention Routière et les Instructeurs qui ont permis cette étude et y ont contribué efficacement.

8° Les résultats.

I. GROUPE I.

a) résultats globaux :

	1 ^{er} parcours	2 ^e parcours	
Temps de parcours	304 secondes	288 secondes	Non significatif
Indice de charge mentale	1,21	0,92	Significatif à $P < .03$ (test des signes)

La corrélation entre le temps de parcours et l'indice de charge mentale est non significative (ρ de Spearman = - .09).

b) répartition de l'indice de charge mentale en fonction du classement des instructeurs :

	1 ^{er} parcours	2 ^e parcours
Très bons	1,12	0,99
Moyens	1,15	0,83
Mauvais	1,43	1,01

Pour le 1^{er} parcours les moyennes diffèrent significativement $H = 9,07$ (Test de Kruskal-Wallis), $P < .02$.

La corrélation entre l'indice et la notation est de .26 pour le 1^{er} parcours ; il est nul pour le second.

c) Indice de charge mentale en fonction de l'expérience de la conduite :

	1 ^{er} parcours	2 ^e parcours	Effectif	
— de 50.000 km	1,30	0,86	17	$P < .02$ test de Wilcoxon
50 à 100.000 km	1,30	1,06	12	Non significatif
100 à 250.000 km	1,31	1,08	8	Non significatif
+ de 250.000 km	0,88	0,92	8	Non significatif

d) Indice de charge mentale en fonction de l'âge :

	1 ^{er} parcours	2 ^e parcours	Effectif	
20 à 22 ans	1,31	0,71	13	$P < .01$
23 à 25 ans	1,24	1,14	12	Non significatif
26 à 30 ans	0,97	0,73	8	Non significatif
31 à 35 ans	1,27	1,01	7	Non significatif
35 et +	1,37	1,15	5	Non significatif

Pour le 1^{er} parcours les moyennes de charge mentale sont différentes à $.10 < P < .05$ (Test de Kruskal-Wallis).

II. GROUPE II.

a) résultats globaux :

	1 ^{er} parcours	2 ^e parcours	
Temps de parcours	247 secondes	189 secondes	Très significatif
Indice de charge mentale	1,95	1,71	Non significatif

La corrélation entre l'indice de charge mentale et le temps de parcours n'est pas significative.

b) répartition de l'indice de charge mentale en fonction de la note donnée par les instructeurs :

	1 ^{er} parcours	2 ^e parcours
Bons (note 6)	1,56	1,49
Moyens (5 - 4)	1,94	1,48
Mauvais (3 - 2)	2,68	2,36
	Différence très significative	Différence significative

Le rapport de corrélation entre l'indice et la notation est de .26, significatif à $P = < .10$ (coefficient énéachorique de Couméto).

c) *indice de charge mentale en fonction de l'expérience de la conduite :*

	1 ^{er} parcours	2 ^e parcours
- de 50.000 km	2,29	2,19
50 à 100.000 km	1,92	1,57
100 à 250.000 km	1,83	1,33
+ de 250.000 km	1,95	1,53

La différence entre les moyennes est très significative pour le 1^{er} parcours, et est significative au seuil de . 10 pour le 2^e (Test de Kruskal-Wallis).

Le rapport de corrélation entre l'indice et l'expérience de la conduite n'est pas significatif.

d) *indice de charge mentale en fonction de l'âge :*

	1 ^{er} parcours	2 ^e parcours
20 à 22 ans	2,37	2,09
23 à 25 ans	2,31	2,16
26 à 30 ans	1,20	1,20
31 à 35 ans	1,46	1,40
35 ans et +	2,21	1,43
	Différences très significatives	Différences non significatives

La droite de régression de la charge mentale en fonction de l'âge n'est pas linéaire et la corrélation est de $r = . 27$ pour le 1^{er} parcours.

e) *indice de charge mentale en fonction du nombre des mouvements du volant :*

La corrélation entre charge mentale et volant au 1^{er} parcours est de . 31 $P = . 05$ (ρ de Spearman); et au 2^e parcours de . 06 (non significatif).

Nombre des mouvements du volant	1 ^{er} parcours	2 ^e parcours	Nombre des mouvements du volant
9 à 1.200	1,57	1,51	700 à 1.000
1.201 à 1.500	1,83	1,84	1.001 à 1.300
1.501 à 1.800	2,43	1,47	1.301 à 1.600
1.801 à 2.200	2,16	2,25	1.601 à 1.900
	Différences non significatives	Différences significatives	

f) *intercorrélations entre les diverses mesures au premier parcours (coefficient ρ de Spearman) :*

	Temps	Volant	Volant /mn
Charge mentale	. 24	. 31*	— . 11
Temps		. 68**	— . 32*
Volant			. 12

* S à P < . 05

** S à P < . 001

III. INDICE DE PERFORMANCE AMÉLIORÉ.

Pour le groupe II on peut affecter à chaque sujet un indice tenant compte à la fois de la capacité mentale utilisée et du temps de parcours, en supposant qu'à charge mentale égale un conducteur est d'autant plus habile qu'il va plus vite. Pratiquement l'indice est donné par la formule :

$$I = \frac{\text{rang CM} + \text{rang Temps}}{2}$$

La corrélation entre ce nouvel indice et la notation des instructeurs est significative et égale à . 33.

9^o Discussion.

1^o *Valeur de l'indice de charge mentale comme indice d'apprentissage.*

De tous les facteurs de variation de l'indice de charge mentale relevés dans cette étude le plus net tient à l'apprentissage. On voit en effet que lorsque deux

parcours identiques sont effectués successivement, le temps de parcours ne varie pas significativement alors que l'indice de charge diminue significativement : les sujets ont donc obtenu un résultat identique avec un moindre effort. L'indice de charge mentale peut donc caractériser un apprentissage qui n'apparaîtrait pas en notant seulement la performance de façon globale.

Par contre lorsqu'on oblige les sujets à fournir une meilleure performance au deuxième parcours la charge mentale ne varie plus de façon significative. Il ne fait donc pas de doute que cette mesure puisse avoir une utilité pratique pour contrôler la progression d'un élève. **On pourra dire que l'indice possède une bonne valeur de discrimination intra-individuelle.**

2° Valeur de l'indice de charge mentale comme critère des différenciations inter-individuelles.

Le fait que l'on observe des différences de moyennes de charge mentale assez nettes lorsque l'on groupe les sujets en fonction de leur notation, alors que la corrélation entre les mesures est faible, indiquerait que l'indice de charge mentale, probablement utilisable pour différencier des groupes, n'a pas de valeur de pronostic intéressante au niveau des individus.

Toutefois, compte tenu des résultats de la première expérimentation relatée, il faut préciser que cette conclusion doit rester liée aux conditions d'expériences : une durée de conduite de l'ordre de 5 minutes est peut être insuffisante pour que l'indice reflète de façon précise une caractéristique individuelle stable. On conclura donc que la différenciation inter-individuelle est peut être possible lorsque la charge mentale est évaluée sur des durées de conduite de plusieurs heures, mais ne l'est sans doute pas pour des durées de cinq minutes.

3° Valeur de l'indice de charge mentale pour différencier les groupes.

Les deux variables âge et expérience de la conduite sont en assez forte corrélation, le fait est connu, mais lorsqu'on compare les tableaux relatifs à ces données il apparaît que l'âge est plus discriminatif que l'expérience de la conduite par rapport au critère charge mentale.

La tendance qui apparaît d'une corrélation non linéaire entre âge et indice de charge mentale impliquerait que les plus jeunes et les plus âgés ont des indices plus élevés que les « moyens » (26 à 35 ans). Deux interprétations sont possibles en ce qui concerne les plus âgés : ou bien l'indice reflète une adaptation difficile à une tâche nouvelle (les sujets âgés s'adaptent moins vite) ou il reflète une capacité mentale moindre.

En ce qui concerne les jeunes l'interprétation la plus plausible est que l'indice reflète le niveau d'expérience, assez faible naturellement dans ce groupe.

La comparaison des résultats aux deux parcours renforce l'hypothèse d'une adaptation à la tâche moins rapide chez les plus âgés que chez les plus jeunes puisque généralement les résultats de ces derniers diffèrent significativement d'un parcours à l'autre.

On peut conclure que l'indice de charge mentale est capable de différencier des groupes de sujets se distinguant sous le rapport de l'âge et de l'expérience de la conduite. Il pourrait donc être intéressant pour tester la pertinence de variables tels que le statut socio-économique, le niveau d'éducation, etc. d'utiliser une mesure de charge mentale.

4° Les inter-corrélations entre mesures de performance.

L'absence de corrélations entre charge mentale, temps de parcours et fréquence des mouvements du volant, due en partie peut-être à la taille de l'échantillon des sujets, confirme l'opinion selon laquelle la conduite d'une automobile est une activité composée de différentes tâches partiellement indépendantes. Ce fait rend une notation objective de la performance très délicate puisqu'une mesure isolée a peu de chance d'être représentative et que la combinaison de plusieurs mesures en une note unique suppose la mise au point d'un système de pondérations des diverses notes.

Le tableau d'inter-corrélations fait cependant apparaître que plus la vitesse est faible, plus la fréquence des mouvements du volant est grande. Ce fait traduit simplement les règles mécaniques qui font qu'un mouvement angulaire donné du volant produit un changement de trajectoire plus ou moins important en fonction de la vitesse du véhicule.

5° Indice de performance amélioré.

Le problème de la notation objective, soulevé précédemment, paraîtrait faire appel à des combinaisons de mesures. Notre formule tenant compte à égalité du temps de parcours et de la charge mentale va dans ce sens et l'amélioration de la corrélation avec la notation des Instructeurs qui en résulte montre que cette hypothèse n'est pas à éliminer.

6° Remarque générale sur le problème de la validation d'une mesure de performance en conduite automobile.

Le problème le plus délicat à résoudre est celui de la validation du ou des critères retenus. Lorsque, pour remédier aux inconvénients d'une notation empirique à l'aide d'une notation objective, on confronte les résultats de ces deux notations il est évident que l'on se trouve dans un cercle vicieux. C'est pourquoi le travail rapporté ici fait appel à d'autres variables supposées pertinentes à notre objet : âge, etc. Si l'on pense que le calcul de la charge mentale peut fournir un critère pratiquement utilisable, cela suppose que d'autres critères, simples à relever (d'ordre biographique en particulier), soient insuffisants. Au cas où on trouverait un critère équivalent mais plus facile à noter, ce serait évidemment ce dernier qu'il faudrait

choisir. Les taux d'accidents ou de contraventions souvent utilisés ne paraissent en tout cas absolument pas devoir être retenus et il faut sans doute s'orienter plutôt vers l'usage de check-lists (QUESNAULT 1966) ou de mesures de conduite qui restent à mettre au point.

7° Importance des effets d'apprentissage au cours de l'épreuve.

De façon assez constante il apparaît que les résultats du deuxième parcours présentent des relations plus faibles avec les variables biographiques et la notation des instructeurs, que les résultats du premier. On peut supposer que ceci indique une meilleure capacité de discrimination des sujets par l'épreuve lorsqu'elle est inconnue, ces différences tendant à s'atténuer avec l'entraînement. La faculté d'adaptation a déjà été mise en cause à propos de l'influence de l'âge sur l'indice de charge mentale. Si cet indice tel qu'il a été relevé, reflète largement une faculté d'adaptation il faut se demander s'il existe un rapport entre le niveau d'habileté à une tâche et la facilité avec laquelle on s'adapte à une autre tâche fondamentalement semblable mais exécutée dans des conditions différentes. La réponse est plutôt affirmative car on peut postuler l'existence d'un transfert d'apprentissage qui serait fonction du niveau de départ.

Par ailleurs il est intéressant de rapprocher ces résultats de ceux obtenus par BROWN (1966) à l'aide d'une tâche de charge mentale différente. Cet auteur montre en effet que cette épreuve discrimine correctement des élèves conducteurs au début de leur stage mais non à la fin.

On peut donc dire qu'une épreuve de charge mentale est d'autant plus prédictive du niveau d'habileté des conducteurs qu'elle est subie dans des conditions nouvelles pour les sujets.

EXPÉRIMENTATION C.

1° But de l'expérience : Noter les variations comportementales induites chez un conducteur lorsque sa capacité mentale disponible pour la conduite est restreinte. Par l'analyse des erreurs commises essayer de mettre en évidence quelques fonctions importantes qui composent la tâche de conduite.

2° Matériel :

a) 100 quilles en bois, vingt de chacune des cinq couleurs suivantes : bleu, vert, rouge, jaune, noir. Elles sont disposées sur une piste selon le plan représenté sur la figure 2.

b) Un véhicule équipé de :

- 1 générateur de choix binaires ;
- 7 chronomètres ;
- 1 cardi tachymètre ;
- 1 enregistreur graphique ;
- 2 compteurs d'impulsions enregistrant 1 unité par 32° de tour du volant.

Le générateur de choix binaires est un appareil fournissant des signaux en ordre aléatoire à partir d'un programme. La cadence, libre ou imposée, est réglable de 0 à 120 signaux par minute.

Le sujet reçoit par l'intermédiaire d'écouteurs des sons pouvant être graves ou aigus et il y répond verbalement en disant « gauche » ou « droite ». L'exactitude des réponses est contrôlée par l'expérimentateur qui reçoit les mêmes signaux mais sous forme lumineuse.

A partir de trois électrodes le cardi tachymètre produit une courbe de fréquence cardiaque enregistrée graphiquement.

3° Les sujets.

Ce sont des étudiants âgés de 20 à 25 ans, ayant accompli au volant plus de 30 000 kilomètres.

4° Le protocole expérimental.

a) *La tâche de choix binaires.*

Dès leur arrivée les sujets sont entraînés à exécuter la tâche de choix binaires donnée d'abord à cadence libre puis à cadence imposée. L'expérimentateur insiste sur la nécessité de ne pas faire d'erreurs et l'entraînement se poursuit jusqu'à ce que les sujets adoptent cette attitude de précision. Après cinq à dix minutes d'entraînement on détermine la fréquence maximale de choix pour chaque sujet qui est alors entraîné à exécuter simultanément deux tâches : répondre aux choix binaires et visser des écrous. Cet apprentissage donne lieu à une épreuve de 3 minutes pendant laquelle il est toléré au maximum 3 erreurs par minute.

La fréquence de choix binaires utilisée pendant la conduite est celle déterminée lors de la période d'entraînement. Elle se situe en moyenne à 68 choix/minute.

b) *La tâche de conduite.*

Les sujets doivent accomplir un parcours en slalom d'un bout à l'autre de la piste balisée par les quilles. Ils partent du point [A] font demi-tour derrière [X] et ne s'arrêtent qu'en revenant à leur point de départ.

Après deux parcours d'entraînement effectués avec et sans charge de distraction, sans autre consigne que celle de ne pas aller en ligne droite, les sujets accomplissent les parcours programmés, au nombre de 3 (dénommés, A, B et C), avec ou sans charge de distraction (+ et —) selon l'ordre : A —, A +, B —, B +, C —, C +.

Entre chaque parcours un intervalle de repos de trois minutes est laissé au sujet qui reste assis dans le véhicule.

Cette expérimentation a été répétée deux fois à un mois d'intervalle avec les mêmes sujets, 10 la première fois, 9 la deuxième (un sujet n'ayant pu revenir).

Une seconde expérimentation utilisant les mêmes programmes de parcours a été réalisée avec 6 groupes indépendants de 6 sujets, chaque sujet n'effectuant qu'un des six parcours possibles. Les parcours d'entraînement dans cette expérience ont été effectués pour la moitié des sujets dans l'ordre sans charge, avec charge, et pour l'autre moitié des sujets dans l'ordre inverse.

c) *Les programmes.*

Les sujets doivent choisir à chaque rangée la « porte » par laquelle il faut passer en se basant sur les couleurs des quilles. Il s'agit toujours, dans les trois cas de repérer, la porte délimitée par une quille verte et une quille bleue.

Programme A : il faut passer à chaque rangée par la porte délimitée par une quille verte et une quille bleue.

Programme B : il faut passer par la porte située en face de celle de la rangée suivante délimitée par une quille verte et une quille bleue.

Programme C : il faut passer par la porte située en face de celle de la deuxième rangée après, délimitée par une quille verte et une quille bleue.

Les quilles ont été disposées de façon à ce que, quel que soit le parcours exécuté, le trajet soit identique en ce qui concerne la distance à parcourir et la grandeur des décalages de porte d'une rangée à l'autre. En fait les trajets sont simplement

décalés mais semblables. De plus, et dans le même but, il est toujours demandé aux sujets de franchir à chaque extrémité du tracé de quilles les deux dernières rangées en ligne droite car le programme ne permet pas au sujet, en fin de parcours, de se baser sur les couleurs pour déterminer les portes à prendre.

5° Les mesures relevées.

1° Pendant la première expérimentation.

- temps de parcours ;
- nombre d'erreurs de portes ;
- nombre de quilles touchées ou renversées ;
- irrégularité de la fréquence cardiaque.

2° Pendant la deuxième expérimentation.

- le temps écoulé entre :
 1. signal de départ et départ ;
 2. départ et entrée dans le parcours de quilles ;
 3. entrée et sortie du parcours de quilles (aller) ;
 4. sortie de l'aller et entrée du retour (demi-tour) ;
 5. entrée et sortie du parcours (retour) ;
 6. sortie du parcours et trajet à l'aplomb du demi-tour final ;
 7. signal de départ et arrêt — (temps total) ;
- nombre d'erreurs de portes ;
- nombre de quilles touchées ou renversées ;
- nombre de rotations du volant (relevées pendant le parcours dans les quilles seulement).

6° Consignes.

Parcours d'entraînement sans charge de distraction : Vous avez devant vous 20 rangées de 5 quilles de différentes couleurs. Ces 5 quilles de chaque rangée délimitent 4 portes. Vous allez traverser les 20 rangées, comme vous voudrez, à la seule condition de ne pas aller en ligne droite, c'est-à-dire de ne pas passer par 2 portes successives situées l'une en face de l'autre. Lorsque vous êtes arrivée au bout du parcours vous revenez de la même façon et vous vous arrêtez à votre point de départ. Vous ne devez pas faire tomber de quilles. Vous traversez les deux dernières rangées en ligne droite, à l'aller et au retour.

Parcours d'entraînement avec charge de distraction : Vous allez de nouveau traverser dans les deux sens le parcours précédent, toujours sans renverser de quilles, et en respectant la consigne de ne pas aller en ligne droite sauf pour les deux dernières rangées. En même temps vous aurez à répondre aux sons sans faire d'erreur et sans oublier. Il ne faut absolument pas vous tromper en répondant aux sons. **Si vous faites des erreurs on s'arrête et vous recommencez le parcours.** (Le nombre d'erreurs admis est de 3 par minute, au-delà le parcours est arrêté.)

Parcours A.

a) Vous allez traverser le parcours de quilles en passant par toutes les portes délimitées par une quille bleue et une quille verte. Il y en a une seule à chaque rangée. Peu importe que la bleue soit à gauche ou à droite et de même pour la verte. Ce qu'il faut c'est que la porte par laquelle vous passez soit délimitée par une quille bleue et une verte. Comme précédemment vous passez les deux dernières rangées en ligne droite sans vous occuper de la couleur des quilles.

b) Idem + consigne tâche de choix comme précédemment.

Parcours B.

a) Vous allez traverser le parcours de quilles en passant par toutes les portes situées en face de la porte de la rangée suivante délimitée par une quille verte et une quille bleue. Autrement dit pour savoir par quelle porte passer vous devez regarder à la rangée suivante et trouver la porte bleue et verte. Comme précédemment ne faites pas tomber de quilles et franchissez en ligne droite les deux dernières rangées.

b) Idem + consigne de tâche de choix binaires.

Parcours C :

a) Vous allez encore traverser le parcours. Cette fois-ci pour savoir quelle porte choisir vous regardez non pas la rangée

d'après mais celle qui est encore après. Autrement dit pour savoir par où entrer vous regardez à la 3^e rangée, puis à la 4^e, etc. Comme précédemment vous choisirez la porte située en face d'une porte verte et bleue mais pas celle juste après, mais celle qui est deux rangées après. Vous ne devez pas faire tomber de quille.

b) Idem + tâche de choix.

7° Les résultats.

1° La FIGURE 3 présente les résultats obtenus au cours des 3 expérimentations :

a) *les temps de parcours :* dans tous les cas ils croissent d'un programme à l'autre de façon significative. Les accroissements dus à la présence de la charge de distraction sont moins importants que ceux dus au changement de programme et ne sont pas statistiquement significatifs dans la 2^e expérience.

b) *les erreurs de portes :* voient leur nombre diminuer dans la condition sans charge d'un programme à l'autre de la 1^{re} passation. Elles sont négligeables à la 2^e passation et n'apparaissent de façon significative à la 2^e expérience que pour les programmes les plus difficiles en présence de la charge de distraction.

c) *le nombre de quilles touchées* varie davantage d'une situation à l'autre. Les seules différences significatives sont dues à la présence de la charge de distraction pour les programmes A et B de la 1^{re} passation. On observe également un nombre significativement plus faible de quilles touchées à la 2^e expérience au programme B + qu'au programme A +.

2° La FIGURE 4 présente les résultats des parcours d'entraînement de la 2^e expérience dont l'ordre de passation a été balancé. La consigne laissait le libre choix du parcours à condition de ne pas aller en ligne droite.

On voit qu'en ce qui concerne les temps de parcours et les erreurs de portes il existe un transfert d'apprentissage de la condition sans charge à la condition avec charge. Par contre la condition sans charge donne des résultats équivalents dans l'un et l'autre cas.

Ce phénomène n'apparaît pas quant au nombre de quilles touchées les différences n'étant pas significatives.

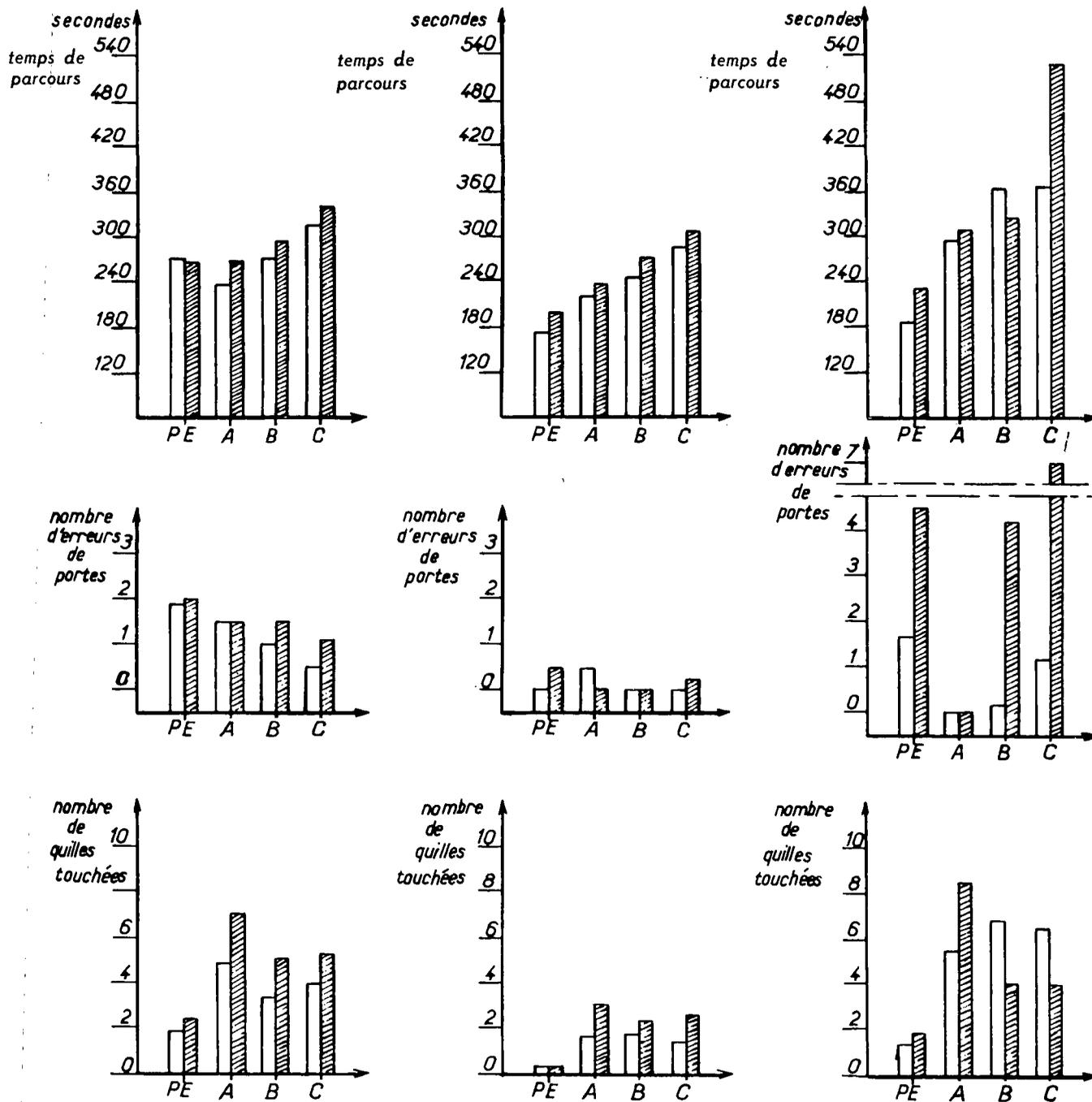
FIGURE 4. — Résultats du parcours d'entraînement :

Ordre de passation	TEMPS DE PARCOURS		ERREURS DE PORTES		QUILLES TOUCHÉES	
	sans charge	avec charge	sans charge	avec charge	sans charge	avec charge
1	180	249	5	20	17	34
2	190	191	5	8	33	33

Différence significative: →

FIGURE 3. — Résultats obtenus sur l'ensemble des sujets. Les deux premières colonnes représentent les résultats obtenus aux deux passations successives par les mêmes sujets. La troisième colonne montre les résultats obtenus avec 6 groupes indépendants de 6 sujets

FIGURE 3
 PE: parcours d'entraînement.
 A,B,C.: programmes A, B ou C.
 sans charge □
 avec charge ▨



8° Discussion.

L'ensemble de ces résultats appelle quelques remarques :

1° *On note* que les diverses mesures ne sont pas influencées de façon identique par les situations.

On peut distinguer d'abord les mesures de vitesse (temps de parcours) et celles de précision (erreurs de portes, quilles touchées). Les premières se dégradent à mesure que la difficulté augmente alors que les secondes tendent plutôt à s'améliorer.

Ensuite il semble que les erreurs de portes et les quilles touchées soient également affectées de façon différente. Ceci impliquerait comme on peut s'en douter, qu'il s'agit de deux fonctions distinctes.

L'erreur de porte, liée à une insuffisance au niveau de la prise d'information visuelle, est une erreur de décision : le sujet exécute correctement une manœuvre inappropriée.

Le heurt d'une quille au contraire est la mauvaise exécution d'une décision juste. Il se situe à un niveau d'ordre sensori-moteur, et il résulte d'une insuffisance des informations nécessaires à l'ajustement d'une trajectoire : indices visuels et kinesthésiques.

Cet aspect du comportement serait moins sensible à une surcharge mentale que la prise de décision.

La distinction entre vitesse et précision est intéressante en ce qu'elle permet une description, non exhaustive bien sûr, de la conduite en termes connus. On peut supposer que la vitesse adoptée est en partie déterminée par le respect d'une certaine précision. Ceci permet de considérer que la conduite est d'abord une tâche d'ajustement, la vitesse étant une valeur secondaire ce qui paraît être le cas dans la réalité (LUCET 1965). Ces faits peuvent avoir des implications au niveau des méthodes d'apprentissage de la conduite.

2° *Il apparaît* donc que lorsque sa capacité mentale disponible diminue, le conducteur tend à réduire la

vitesse et à conserver une précision sensiblement constante surtout au niveau des ajustements sensori-moteurs.

Comme, en situation réelle, un conducteur ne peut pas toujours réduire sa vitesse librement car elle est sous la dépendance de celle des autres, il doit arriver que la précision se dégrade ce qui peut conduire à l'accident.

Le fait que tous les conducteurs n'aient pas le même niveau d'habileté et que les véhicules ne présentent pas la même facilité de contrôle tend à produire ces situations. Il y aurait donc intérêt sans doute à ce que le parc automobile soit homogène et la formation des conducteurs la plus complète possible afin d'atténuer ces différences.

3° *L'interprétation* de l'absence de transfert d'apprentissage lorsqu'une situation est effectuée d'abord avec charge de distraction peut se faire en supposant que dans ce cas le conducteur prend une quantité d'information réduite, le minimum strictement nécessaire à l'accomplissement de la tâche. Ces informations, uniquement opérationnelles, sont trop parcellaires pour donner une image utilisable du parcours.

Il y a donc sans doute, de la part des sujets, une tactique de choix et de traitement de l'information différente selon que leur capacité mentale est plus ou moins importante.

Le fait que nos résultats montrent une influence plus grande des changements de programme que de la charge de distraction ne voudrait donc pas dire que celle-ci influence peu le comportement, mais que son action s'exerce au niveau de la tactique adoptée et non à celui des résultats.

Ceci pourrait expliquer la difficulté qu'on rencontre à évaluer la conduite. Outre des critères objectifs concernant le véhicule il semble que des mesures de charge mentale, directes ou indirectes, doivent être utilisées pour apprécier des niveaux de difficulté ou d'apprentissage.

III. — CONCLUSIONS GÉNÉRALES ET RECOMMANDATIONS PRATIQUES

L'idée principale qui a suscité les recherches exposées, avait trait à la capacité du conducteur à traiter les informations nécessaires à la conduite.

Il a été montré que :

1° Il est possible d'évaluer la charge mentale moyenne d'un conducteur.

2° Il est possible de différencier à l'aide de cette mesure des groupes de sujets, des situations de conduite ou des niveaux d'apprentissage, mais que la différenciation inter-individuelle précise est plus délicate en particulier parce qu'elle exige des durées d'expérimentation importantes.

3° Lorsque le conducteur est soumis à une quantité d'informations telle que sa capacité mentale disponible pour recueillir et traiter les informations nécessaires à la conduite est restreinte, il réduit la vitesse du véhicule pour diminuer la fréquence des signaux et des décisions et en même temps adopte une stratégie simplifiée.

Ces études permettent de formuler deux sortes de recommandations pratiques. Les unes concernent des recherches ultérieures, les autres la pédagogie de la conduite.

1. — CONCLUSIONS POUR DES RECHERCHES.

Le fait de disposer d'une mesure de la charge mentale liée à une situation de conduite est susceptible de rendre des services :

a) Pour évaluer l'importance d'un trafic autrement qu'en unités véhicule/heure. Il est possible par exemple que la progression de l'indice de charge mentale suive une pente différente, et pas forcément linéaire, en fonction de l'importance du trafic.

b) Pour comparer des aménagements de carrefours ou autres points singuliers, en faisant l'hypothèse que le meilleur aménagement est tel que le conducteur peut, dans un minimum de temps, recueillir l'information qu'il cherche et prendre la décision correcte.

c) Pour s'assurer, au cours de recherches en laboratoire destinées à simuler certains aspects de la conduite que l'on fournit une charge mentale équivalant globalement à celle ressentie effectivement dans la situation réelle. Il faut cependant souligner qu'il existe une difficulté méthodologique due au fait que lorsque la conduite est irrégulière (ralentissements, arrêts) il faudra distinguer les périodes d'activité de celles d'inactivité. Si l'on peut dire, qu'en moyenne, la conduite dans Paris ne paraît pas être une activité très difficile sur le plan de la charge mentale cela ne veut pas dire qu'il ne se produise pas des périodes de surcharge. Dans la mesure où l'on s'intéresserait surtout à minimiser celles-ci il serait nécessaire de faire des notations non plus globales mais en relevant les périodes situées au-dessus d'un seuil qui serait à déterminer.

2. — CONCLUSIONS POUR LA PÉDAGOGIE DE LA CONDUITE.

a) Pour l'apprentissage de la conduite il existe une progression type, mais elle est probablement trop rapide pour certains élèves, trop lente pour d'autres. Sans mettre en doute la capacité d'un enseignant à adapter sa progression à l'élève il pourrait être intéressant d'envisager la mise au point d'un contrôle objectif d'apprentissage basé sur un indice de charge mentale.

Cette mesure peut rendre des services importants en particulier lorsque l'élève **sait faire** une manœuvre car à ce moment on ne peut dire s'il la fait avec aisance ou non. Or le passage à la manœuvre suivante est d'autant plus profitable que la précédente est non seulement sue, mais encore surapprise. Une mesure de charge mentale devrait permettre une appréciation correcte du fait que l'élève domine ou ne domine pas son action.

Un autre moment privilégié de l'apprentissage de la conduite où la mesure de la charge mentale peut rendre de grands services, est le passage de l'apprentissage de la manipulation du véhicule à celui de la circulation. Bien que, pour des raisons pratiques, les cours aient lieu au milieu de la circulation, l'élève ne peut apprendre à circuler, c'est-à-dire à tenir compte correctement des autres, que dans la mesure où les actions de base sont assimilées. Il paraît probable que l'évaluation du degré d'aisance avec lequel un élève conduit dans le trafic pourrait servir à décider du moment où l'obtention du permis de conduire est souhaitable.

S'il paraît difficile, pour des raisons pratiques et compte tenu de la situation actuelle, de songer à l'utilisation généralisée dans les auto-écoles d'épreuves de charge mentale du type de celles décrites précédemment, on peut cependant préconiser l'emploi d'une méthode plus empirique qui consisterait par exemple à demander à l'élève de réciter une fable ou une table de multiplication, tout en conduisant. A la limite, le moniteur peut juger du niveau de son élève en observant dans quelle mesure celui-ci est capable de poursuivre une conversation tout en accomplissant certaines manœuvres, ou, à l'inverse, dans quelle mesure il fait des erreurs de conduite s'il soutient une conversation.

b) Il apparaît de plus en plus clairement que l'acquisition de la vitesse est subordonnée, mais de façon inconsciente, au sentiment qu'a le conducteur du degré de contrôle qu'il possède sur le maintien de sa trajectoire. On peut donc suggérer que la vitesse soit utilisée également comme un critère d'apprentissage. Bien que des raisons pratiques rendent cela difficile, il serait souhaitable que le moniteur incite de temps en temps son élève à aller plus vite. Le fait que ce dernier le puisse ou non, et dans quelle mesure, a une signification quant à son niveau d'apprentissage.

c) Une deuxième utilité de cette exigence de vitesse, mais appliquée de façon plus impérative, est la suivante: la charge mentale croît en fonction de la vitesse (ceci étant surtout vrai pour les débutants) ; il se produira donc, comme dans nos expériences, des « erreurs ». Par exemple l'élève reviendra à des fautes du début de l'apprentissage : oubli de débrayage au moment de l'arrêt, oubli de frein à main au moment du départ, etc. L'observation de ces erreurs montrera au moniteur les points faibles de son élève et une reprise de l'apprentissage sera d'autant plus bénéfique qu'elle aura lieu dans des conditions de conduite plus proches de la normale. **Ce surcroît d'apprentissage peut représenter un gain très important pour la sécurité.**

d) Enfin les effets de la surcharge mentale sur l'apprentissage devraient être pris en considération : un élève est **toujours** surchargé, et encore plus s'il est émotif. Il est non seulement inutile, mais encore néfaste, de lui donner des conseils, des avis, des informations tandis qu'il accomplit une manœuvre. L'élève ne retiendra pas ce qui lui est dit, ou l'enregistrera trop incomplètement pour pouvoir s'en souvenir utilement, et de plus il retirera moins de profit de la manœuvre qu'il effectue car il n'aura pu y consacrer toute son attention. Même en conduite « normale » l'élève éprouve des difficultés qui peuvent ne pas apparaître à un conducteur confirmé et il est donc souhaitable de restreindre au strict minimum, par principe, lorsque le véhicule se déplace, les interventions verbales.

BIBLIOGRAPHIE

BROWN I. D. (1966) :

Subjective and Objective Comparisons of Successful and Unsuccessful Trainee Drivers.

Ergonomics 1966, 9, 1, 49-56.

BROWN I. D. et POULTON E. C. (1961) :

Measuring the "spare mental capacity" of car drivers by a subsidiary task.

Ergonomics 1961, 4, 1 35-40.

KALSBECK (1965) :

Mesure objective de la surcharge mentale, nouvelles applications de la méthode des doubles tâches.

Le Travail Humain 1965, 1, 2, 121-131.

LUCET M. 1965

Quelques aspects psycho-sociologiques de la vitesse.

Cahiers d'Etudes de l'ONSER, mai 1965 - Bulletin n° 12.

MICHAUT G. (1964) :

Etude du comportement des conducteurs d'automobile; conduite en situation monotone.

Cahiers d'Etudes de l'ONSER, mai 1964 - Bulletin n° 8.

MICHON A. (1964) :

A note on the measurement of perceptual motor load.

Ergonomics 1964, 7, 4, 461-463.

OMBREDANE A. et FAVERGE J. M. (1955) :

L'analyse du Travail.

P.U.F. 1955, 236 pages.

QUESNAULT S. W. (1966) :

Some methods of obtaining information on driver behaviour.

Road Research Laboratory Report n° 25 - 1966.

WELFORD A. T. (1960) :

The measurement of sensory-motor performance: survey and reappraisal of twelve years progress.

Ergonomics 1960, 3, 3, 189-229.

