

ORGANISME  
NATIONAL DE  
SÉCURITÉ  
ROUTIÈRE

LA VIGILANCE :  
DONNÉES  
OBJECTIVES  
ET SUBJECTIVES

*Bulletin n° 6*  
*Juin 1963*

CDAT  
15062

# CONFRONTATION DE DONNÉES OBJECTIVES ET SUBJECTIVES RELATIVES A DES ÉPREUVES DE VIGILANCE

Dr C. TARRIERE,  
Chef du Laboratoire  
de Physiologie et de Biomécanique  
de la Régie Nationale des Usines Renault.

*L'étude dont on va lire un compte rendu résumé a été exécutée au Laboratoire de Physiologie et de Biomécanique de la Régie Nationale des Usines Renault, pour le compte de l'O.N.S.E.R. Le rapport complet des recherches peut être consulté dans les bureaux de cet organisme.*

## RÉSUMÉ

L'étude a pour objet de comparer les résultats objectifs d'épreuves de vigilance, conduites en laboratoire, aux réponses fournies par les sujets à un questionnaire qui permet de caractériser le jugement porté par ces sujets sur leur performance et leur comportement pendant l'épreuve.

Les expériences ont été conduites dans quatre ambiances sonores différentes (silence, bruit, parole, musique). Quatre critères objectifs sont utilisés pour évaluer la qualité des performances :

- le nombre de signaux vus, qui a été utilisé dans les premières analyses des résultats, publiées antérieurement par le Dr Tarrière.
- le nombre global d'omissions
- le nombre de réponses inutiles
- un indice de dégradation

Parmi les données subjectives figurent les estimations des trois premières variables précédentes et les estimations de durée globale et des intervalles entre signaux. Y ont été ajoutées des indications sur l'activité mentale des sujets au cours des épreuves, sur la fréquence des baisses d'attention et des assoupissements ressentis, sur l'appréciation du niveau sonore de l'ambiance, et sur la motilité spontanée.

Les corrélations entre les différentes variables montrent que les données subjectives sont d'autant plus sûres qu'elles sont plus proches des sensations et perceptions non élaborées.

L'influence de l'ambiance sonore sur la vigilance est confirmée, la musique et la parole contribuent à maintenir les sujets en éveil, et rendent généralement moins conscients les mécanismes de détection des signaux.

## GÉNÉRALITÉS

### BAISSE DE VIGILANCE ET ACCIDENTS DE LA ROUTE

L'importance du « facteur » humain dans les accidents n'est plus un sujet de controverse. Dans 40 à 70 % des cas, selon les auteurs, il n'y a qu'une erreur humaine à l'origine de l'accident. Les spécialistes de la sécurité s'attachent maintenant à préciser les conditions externes ou internes qui mettent l'homme dans une situation neurophysiologique telle qu'il commet l'acte dangereux. Depuis qu'il a été compris que les fonctions de vigilance règlent l'efficacité de toute activité psychomotrice, les travaux expérimentaux se sont multipliés qui prennent l'évolution de l'état

vigile comme critère de modification du comportement. L'étude des variations du niveau de vigilance se révèle particulièrement efficace pour tenter de donner des réponses plus satisfaisantes aux problèmes posés par les accidents de la route dits « **inexpliqués** ».

Ces accidents, particulièrement typiques quand ils surviennent sur ligne droite, sans collision, suggèrent très fortement la défaillance humaine; et la plus probable de ces défaillances, la plus banale, n'est-elle pas la baisse de vigilance ou l'endormissement. Pour souligner l'importance du problème, rappelons que l'analyse des statistiques françaises fait appa-

raître chaque année une moyenne de 15 % d'accidents sans collision, dont plus de 50 % se produisent en ligne droite.

L'étude des facteurs susceptibles d'agir sur l'état vigile du conducteur est donc une nécessité absolue : conditions thermiques, environnement sonore — vibrations non auditives — surcharges de l'atmosphère en oxyde de carbone et en gaz carbonique. De même les aménagements qui peuvent assurer le maintien du niveau de vigilance doivent être recherchés. Mais rappelons que l'effort de recherche est déjà entrepris et que les premiers résultats obtenus peuvent, dès maintenant, orienter les applications pratiques pour une meilleure sécurité de la route.

#### ACQUISITIONS EXPÉRIMENTALES SUR LE COMPORTEMENT DE L'HOMME EN SITUATION DE VIGILANCE

Les situations expérimentales de vigilance utilisées par les différents auteurs peuvent être caractérisées par la présentation de signaux d'intensité modérée, de durée brève, assez rares et irrégulièrement espacés dans le temps. La situation est par ailleurs monotone et d'une durée assez longue (deux heures en moyenne).

Dans de telles conditions, l'évolution du niveau de vigilance obéit à une loi de dégradation dans le temps (1- 2- 3- 12- 16- 22- 26)\*. Les modifications de la situation du point de vue de l'ambiance, de la nature des signaux, des activités connexes, n'opèrent que des variations autour de la loi fondamentale en accusant ou en atténuant la dégradation de la vigilance dans le temps.

Les facteurs qui influencent le niveau de vigilance au cours de l'activité dépendent de la nature de l'activité, de l'homme et de l'environnement.

##### Influence de la nature des signaux

— la dégradation de la vigilance se produit de façon équivalente que les signaux soient visuels ou auditifs (16).

— par contre partout où il est possible de doubler les signaux visuels par des signaux auditifs on est assuré d'avoir une action positive sur la vigilance (16).

— l'intensité accrue du signal constitue également un excellent moyen pour s'assurer d'une bonne utilisation de l'information (10- 16).

— les signaux sont d'autant mieux perçus qu'ils sont plus proches du champ de vision centrale, la dégradation de la vigilance est aussi moins importante au centre qu'à la périphérie du champ visuel (7- 18- 22).

— le nombre des signaux et leur répartition dans le temps sont également des facteurs déterminants de l'évolution de l'état vigile. La dégradation est d'autant plus accusée que les signaux sont plus rares et plus irrégulièrement espacés. Mais on connaît mal l'optimum de la fréquence des signaux, car il est d'autre part probable qu'un très grand nombre de

signaux ne constituent pas non plus une situation favorable (3- 11- 13- 14).

##### Influence des modalités d'accomplissement de l'activité

— la présence de pauses, même de courte durée, et l'introduction de sources de variations dans le déroulement de la tâche à accomplir (ruptures de la situation monotone) permettent d'améliorer la performance et d'assurer un haut niveau de vigilance pendant toute la durée de l'activité (8- 16- 27).

— l'existence d'une activité motrice dans une tâche de surveillance visuelle ou auditive peut influencer le niveau de vigilance. Cette influence dépend de la difficulté de la tâche motrice et de son degré d'automatisation (7- 18- 20).

##### Influence de facteurs liés à l'état psychophysiologique du sujet

— le maintien de l'état vigile est rendu très difficile après privation, même modérée, de sommeil (une nuit sans sommeil) (18- 27- 28).

— le niveau de vigilance est entretenu plus facilement le matin que l'après-midi (11- 26).

— la compagnie d'une personne, même silencieuse et inactive, permet de diminuer ou d'éviter la dégradation de vigilance (10).

— cet effet favorable à la vigilance est aussi apporté par tout système qui avertit le sujet des erreurs qu'il commet (16).

##### Influence de l'environnement

— Les conditions thermiques constituent l'élément de l'environnement le mieux étudié. Leur influence est très nette. Toute élévation de la température accuse la dégradation de la vigilance (16- 17).

— Le bruit représente un autre facteur important. Ses effets sont complexes, car variables en fonction des caractéristiques physiques et psychologiques du bruit. Dans les tâches de vigilance on observe le plus souvent un effet de stimulation initial suivi d'un effet d'inhibition durable. Quand le bruit est intense, continu et sans signification, il exerce globalement un effet défavorable sur toute activité de vigilance qui se prolonge plus d'une heure (4- 5- 12- 24- 26- 30).

Les conditionnements complexes associant plusieurs facteurs d'environnement, comme cela se rencontre le plus souvent dans la réalité, sont susceptibles de produire des effets de sommation. Il a été constaté que le cumul des effets défavorables de la chaleur, du bruit et des vibrations peut entraîner une action nette sur la vigilance, alors que chaque facteur pris isolément peut rester sans effet nettement significatif (15).

Cette brève revue de la littérature montre que, grâce à la convergence des efforts de recherche, le « facteur humain » tend à acquérir un support expérimental de plus en plus solide.

L'étude que nous allons présenter a pour objet la confrontation de données objectives et subjectives obtenues dans des situations de vigilance. Nous verrons que l'approche simultanée des réalités objectives et subjectives est une démarche fructueuse et

\* Références bibliographiques.

que d'intéressantes conclusions peuvent être dégagées sur la valeur du témoignage humain, sur l'état psycho-

physiologique du sujet, sur le sentiment de gêne ressenti dans différentes conditions expérimentales.

## PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE

### I. CONTEXTE EXPÉRIMENTAL

Les matériaux qui sont analysés et interprétés dans cette étude sont relatifs à un travail expérimental concernant l'état de vigilance de sujets humains impliqués dans l'accomplissement d'une tâche longue et monotone. Cette tâche expérimentale correspond à certains aspects de la conduite automobile (conduite de nuit, conduite sur routes droites peu fréquentées par exemple). Elle peut être considérée comme étant de même nature que certaines situations industrielles et militaires. Cent quarante expériences furent réalisées avec trente-cinq sujets qui travaillèrent successivement dans quatre ambiances sonores différentes. Pour chaque expérience il fut recueilli, d'une part des données expérimentales proprement dites enregistrées pendant le déroulement des épreuves et, d'autre part, des données de psychologie clinique obtenues après chaque épreuve par interview systématique des sujets.

#### A. RECUEIL DES DONNÉES OBJECTIVES

##### 1) Description du dispositif expérimental

Le sujet est assis devant un écran sur lequel est projeté un film représentant une route de forêt monotone où il ne passe rien. Le film est réalisé en cinémascope et projeté sur écran large de telle sorte que le champ visuel du sujet est occupé par le film. Des taches lumineuses de faible diamètre apparaissent sur l'écran. Elles sont rares, irrégulièrement espacées et de courte durée. Le lieu d'apparition est imprévisible pour le sujet comme le moment de présentation. Par contre, le lieu et le moment d'apparition sont fixés à l'avance sur un programmeur. Quand le sujet voit le signal, il appuie sur un bouton-poussoir qu'il tient en main. Sur un cylindre enregistreur se trouvent notées la présentation des signaux et la réponse du sujet si elle a lieu

*La salle d'expérimentation utilisée est une chambre sourde à parois peu réverbérantes au-dessus de 100 Hz (panneaux type VIBROSON) donnant un niveau acoustique ambiant d'environ 35 à 40 db.*

*La sonorisation de la salle est obtenue au moyen de trois baffles fixés et orientés selon une disposition assurant le meilleur « mixage » acoustique.*

*Chaque programme sonore utilisé fut enregistré sur bande magnétique en une seule bobine pour pouvoir être restitué pendant 1 h 30 sans interruption. En effet, toute interruption apporte une modification de la situation expérimentale.*

*Tous les appareils de projection et d'enregistrement ainsi que le programmeur de signaux, le magnétophone*

*et son amplificateur se trouvent en dehors de la salle d'expérimentation proprement dite. La projection du film se fait au travers d'une fenêtre à double paroi. Le bruit important de ces divers appareils aurait en effet constitué une stimulation sonore non contrôlée.*

##### 2) Description des ambiances sonores utilisées

L'hypothèse de recherche adoptée nous a conduits à choisir des programmes sonores différents mais ayant un niveau global moyen équivalent de l'ordre de 90 db.

###### a) Bruit non significatif

Nous avons choisi un bruit d'habitable de voiture en marche comme type de bruit régulier, continu et sans signification particulière.

L'enregistrement fut réalisé à bord d'une voiture conduite intérieure de petite cylindrée, roulant de façon régulière sur grande route à 90 km/h. La prise de son était effectuée au niveau de l'oreille du conducteur.

Le bruit enregistré comprenait trois composantes essentielles : celle du moteur, celle de la caisse (bruit dit de « roulement ») et celle des essuie-glaces.

###### b) Bruit significatif

Nos critères de choix furent les suivants :

— utiliser la parole et la musique qui sont les types mêmes des « bruits » ayant une signification.

— tendre à établir des programmes tels que leur signification existât pour tous — ou tout au moins le plus grand nombre possible de sujets — et cela pendant toute la durée de l'épreuve.

— rechercher, par la signification, mais aussi par les autres éléments de définition de nos programmes, un effet dominant de stimulation.

###### *Programme parlé*

Après quelques tâtonnements, guidés par les réactions des sujets de notre échantillon, nous avons réalisé un programme constitué exclusivement d'histoires humoristiques, mais d'inspiration et d'interprétation suffisamment variées pour permettre de soutenir l'intérêt jusqu'au bout de l'épreuve.

###### *Programme musical*

Le programme est constitué de fragments extraits des œuvres de grands compositeurs du XVII<sup>e</sup> siècle à nos jours : 18 fragments dont la durée varie de 1 minute 30 secondes à 10 minutes, la moyenne étant de 5 minutes 40 secondes.

Ces fragments se succèdent en une progression qui tient compte à la fois de la chronologie historique et de la nécessité de faire alterner les différentes rythmiques et orchestrations.

## B. DONNÉES DE PSYCHOLOGIE CLINIQUE OU SUBJECTIVES

L'interview systématique des sujets fut effectuée immédiatement après chaque épreuve de vigilance, certaines questions sont communes aux différentes situations, d'autres sont propres à l'ambiance sonore.

### Questions communes aux quatre ambiances sonores

1. *Quelle a été la durée totale de l'épreuve ?*
2. *Quelle a été la durée moyenne des intervalles entre signaux ?*
3. *Quelle a été la durée du plus petit intervalle entre signaux ?*
4. *Quelle a été la durée du plus grand intervalle entre signaux ?*
5. *Combien avez-vous vu de signaux ?*
6. *Y a-t-il des périodes de l'épreuve au cours desquelles vous avez le sentiment d'avoir fait des erreurs par omission ? Combien d'erreurs de ce type estimez-vous avoir faites ? Où les situez-vous ?*
7. *Croyez-vous avoir donné des réponses en absence de signaux et combien ?*
8. *Avez-vous fait la détection des signaux en balayant l'écran du regard ou en fixant la route à la ligne d'horizon sans mouvoir la tête et les yeux ?*
9. *Quelle a été votre disposition d'esprit pendant l'épreuve ? Étiez-vous uniquement centré sur le travail de détection, ou assailli par des idées ou préoccupations personnelles, ou encore « absorbé » par le programme musical ou parlé au point d'effectuer la détection sans y penser ?*
10. *Avez-vous beaucoup bougé sur votre siège ? Si oui, est-ce pour des raisons de confort ou pour vous réveiller ?*
11. *Vous êtes-vous ennuyé ? A quel moment plus particulièrement ?*
12. *A certains moments avez-vous ressenti un besoin impérieux de dormir ? Combien de fois ? A quel moment ?*
13. *Vous souvenez-vous avoir bâillé ? Quand ?*
14. *Avez-vous eu conscience de vous être partiellement assoupi quelques instants ? Combien de fois ? Quand ?*
15. *En dehors d'assoupissements avez-vous eu conscience de baisses de vigilance, d'états de moindre attention ? Quand ?*

### Questions particulières à l'ambiance « Bruit d'habitable de voiture »

1. *En ce qui concerne son intensité sonore, à quelle ambiance de bruit de la vie courante comparez-vous celle dans laquelle vous étiez aujourd'hui ?*
2. *Par rapport à l'épreuve accomplie la dernière fois, l'intensité sonore était-elle différente aujourd'hui ?*
3. *Avez-vous trouvé des variations dans l'intensité*

*du bruit entre le début, le milieu ou la fin de l'épreuve ?*

4. *Par rapport à la dernière fois, l'épreuve était-elle plus pénible aujourd'hui ?*
5. *L'épreuve était-elle plus facile aujourd'hui ?*

### Questions particulières à l'ambiance « Programme Musical »

1. *Avez-vous aimé le programme dans son ensemble ?*
2. *Avez-vous reconnu des morceaux dans le programme présenté ? Pouvez-vous les nommer ?*
3. *Quel appareil utilisez-vous pour écouter de la musique chez vous : radio, électrophone, chaîne haute fidélité ?*
4. *Quel genre de musique écoutez-vous de préférence : jazz, musique classique, chansons de variétés, folklore ?*
5. *Avez-vous un auteur préféré ? Lequel ?*
6. *Allez-vous quelquefois au concert ?*
7. *En ce qui concerne son intensité sonore, à quelle ambiance de bruit de la vie courante comparez-vous celle dans laquelle vous étiez aujourd'hui ?*
8. *Par rapport à l'épreuve accomplie la dernière fois, l'intensité sonore était-elle différente aujourd'hui ?*
9. *Si vous aviez disposé d'un moyen de réglage du volume sonore et d'un moyen d'interruption qu'auriez-vous fait ?*
10. *L'épreuve était-elle plus agréable aujourd'hui ?*
11. *L'épreuve était-elle plus facile à bien réussir aujourd'hui ?*
12. *Pensez-vous que la musique ait été pour vous un facteur de stimulation et d'éveil ?*
13. *La musique a-t-elle été pour vous un facteur de distraction ?*
14. *Quelle a été l'action sur votre performance de la résultante des effets de stimulation et de distraction ? En définitive, sous l'angle de l'efficacité dans le travail, le bilan vous semble-t-il positif ou négatif ?*

### Questions particulières à l'ambiance « Programme Parlé »

1. *Avez-vous aimé le programme dans son ensemble ?*
2. *Écoutez-vous avec plaisir ce genre d'histoires à la radio ?*
3. *Êtes-vous déjà allé entendre un programme comparable en salle de spectacle ?*
4. *En ce qui concerne son intensité sonore, à quelle ambiance de bruit de la vie courante comparez-vous celle dans laquelle vous étiez aujourd'hui ?*
5. *Par rapport à l'épreuve accomplie la dernière fois l'intensité sonore était-elle différente aujourd'hui ?*
6. *Si vous aviez disposé d'un moyen de réglage du volume sonore et d'un moyen d'interruption qu'auriez-vous fait ?*
7. *L'épreuve était-elle plus agréable aujourd'hui ?*

8. L'épreuve était-elle plus facile à bien réussir aujourd'hui ?
9. Avez-vous eu conscience d'avoir parfois perdu le fil de quelques histoires ?
10. Pensez-vous que la parole ait été pour vous un facteur de stimulation et d'éveil ?
11. La parole a-t-elle été pour vous un facteur de distraction ?
12. Quelle a été l'action sur votre performance de la résultante des effets de stimulation et de distraction ? En définitive, sous l'angle de l'efficacité dans le travail, le bilan vous semble-t-il positif ou négatif ?

### C. SUJETS PARTICIPANTS

#### 1) Nombre

Trente-cinq sujets ont passé l'épreuve dans les quatre ambiances sonores. Ils se partagent de façon égale en deux échantillons secondaires : 17 le matin, 18 l'après-midi.

#### 2) Origine

Tous les sujets travaillent au Centre Technique RENAULT et, du fait de l'activité de recherche et d'essai, possèdent en commun une bonne qualification et un intérêt marqué pour le travail. Précisons cependant les catégories professionnelles : 10 cadres, 18 agents techniques, 7 ouvriers professionnels.

## II. PROGRAMME DES RECHERCHES ENTREPRISES

Les matériaux disponibles se présentent essentiellement sous deux aspects :

#### - des données « de mesure »

nombre d'erreurs, indice de dégradation de la vigilance, estimation des durées...

#### - des données « de numération »

du type réponses par « oui » ou par « non » qui permettent de grouper des sujets en classes, en catégories, et de calculer des pourcentages de sujets « ayant » ou « n'ayant pas le caractère ».

Le plan d'analyse statistique se divise en deux parties qui correspondent à ces deux types de données ; il permet l'étude systématique de toutes les combinaisons possibles de variables.

### A. EXPLOITATION DES DONNÉES « DE MESURE »

#### 1) Caractérisation des distributions

Treize variables différentes sont étudiées. Pour chacune d'elles, on calcule moyenne et écart-type, d'une part pour les quatre distributions correspondant aux quatre ambiances sonores, d'autre part pour la distribution globale qui cumule les données recueillies dans les quatre ambiances.

#### 2) Recherche de corrélation

Les coefficients de corrélation ont été calculés pour les treize variables prises deux à deux, d'une part au niveau des distributions élémentaires considérées pour une même ambiance sonore, d'autre part au niveau des distributions cumulées pour les quatre ambiances.

(Calcul du coefficient de corrélation de BRAVAIS-PEARSON.)

#### 3) Comparaison, entre ambiances sonores, des moyennes calculées pour chacune des treize variables considérées successivement

Pour les quatre situations prises deux à deux, nous avons calculé les différences entre moyennes d'une même variable et la signification de ces différences (méthode utilisant le « t » de STUDENT).

#### 4) Comparaison, pour des échantillons pris deux à deux, des moyennes relatives à une même variable : ces échantillons correspondent aux catégories définies par les interviews (Calcul de la différence entre deux moyennes par la méthode du « t » de STUDENT.)

*Exemple* : comparaison des moyennes des erreurs pour deux échantillons de sujets : ceux qui détectent en vision centrale et ceux qui détectent en vision périphérique.

### B. EXPLOITATION DES DONNÉES « DE NUMÉRATION »

#### 1) Comparaison, entre ambiances sonores, des pourcentages de sujets groupés selon les catégories définies par interview

(Différence entre pourcentage par le calcul du  $\chi^2$ .)

*Exemple* : calcul des différences entre pourcentages de sujets qui détectent en vision périphérique et centrale, d'une part dans l'ambiance « bruit d'habitable de voiture », d'autre part dans l'ambiance « programme musical ».

Ces comparaisons sont encore effectuées pour les vingt-neuf types de catégories correspondant aux vingt-neuf rubriques de l'interview.

#### 2) Comparaison des pourcentages de sujets pour deux ou plusieurs échantillons correspondant aux catégories définies par interview (calcul du $\chi^2$ )

*Exemple* : calcul des différences entre pourcentage de sujets qui détectent en vision périphérique et centrale, d'une part pour la catégorie « sujets qui s'assoupissent », d'autre part pour la catégorie « sujets qui ne s'assoupissent pas ».

Ces comparaisons sont effectuées pour les vingt-neuf rubriques de l'interview prises deux à deux. Chaque rubrique se décomposant en 2, 3, 4 ou 5 catégories, les comparaisons seront établies, d'une part pour les catégories prises par couple à l'intérieur de chaque rubrique, d'autre part pour l'ensemble des catégories de chaque rubrique considérées simultanément.

## RÉSULTATS

### I. ÉVALUATIONS OBJECTIVES DU COMPORTEMENT

#### A - RAPPEL DE RÉSULTATS ANTÉRIEURS (26-30)

- 1) La loi d'évolution de la vigilance en situation monotone se trouve confirmée dans ces expérimentations. Une dégradation plus ou moins rapide se produit dans les diverses ambiances sonores étudiées, que le bruit qui les constitue soit significatif ou non.
- 2) La dégradation de l'état vigile est significativement plus rapide l'après-midi que le matin.
- 3) Les ambiances de bruit significatif exercent un effet favorable sur le maintien de l'état vigile, tout au moins quand la tâche à accomplir est suffisamment connue des sujets.
- 4) Ces mêmes bruits (la parole surtout) exercent aussi un effet de perturbation défavorable à la performance quand la tâche est peu familière.
- 5) Le bruit non significatif (bruit de moteur) semble, au contraire, participer à la monotonie de la tâche. Après une première phase où il semble se montrer stimulant, il tend à dégrader rapidement l'état vigile.

#### B - ACQUISITIONS NOUVELLES

Pour évaluer la qualité de la performance de chaque sujet, nous distinguons trois critères :

- le nombre global d'omissions,
- l'indice de dégradation,
- le nombre de réponses inutiles.

Tableau I. — Caractéristiques des distributions des erreurs par omissions pour différentes ambiances sonores.

Distribution en x : données expérimentales.  
Distribution en y : données transformées selon la fonction.  
 $y = \log(x + 1)$ .

CARACTÉRISTIQUES STATISTIQUES	AMBIANCES SONORES				
	Silence	Moteur	Musique	Parole	Données cumulées
Médiane de la distribution en x .....	3,85	3,48	1,50	2,85	2,90
Médiane de la distribution en x après transformation .....	3,27	2,63	1,29	2,47	2,10
Médiane de la distribution en y .....	0,63	0,56	0,36	0,54	0,49
Moyenne de la distribution en y .....	0,70	0,64	0,44	0,63	0,60
Ecart type de la distribution en y .....	0,22	0,22	0,25	0,28	0,26

#### 1. Nombre global d'omissions

Ce nombre détermine la qualité de la détection. Il varie de 1 à 12 pour l'ensemble des données recueillies. Les caractéristiques de ces données sont présentées sur le tableau I.

L'ambiance sonore exerce des effets significatifs sur la qualité de la détection :

— la moyenne en silence est plus mauvaise que dans les trois ambiances, mais la différence n'est significative qu'entre « silence » et « musique » (.005).

— la « musique » constitue très nettement l'ambiance la plus favorable : elle se différencie significativement du « silence » mais aussi du « moteur » (.005) et de la « parole » (.005).

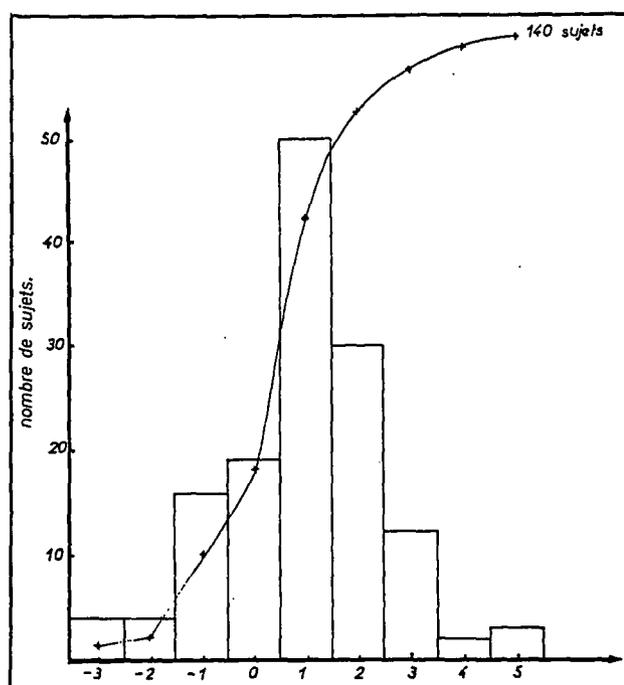


Fig. 1 - Histogramme des indices de dégradation de vigilance.

— pour la « parole » le résultat est moins net car il est masqué par un effet d'apprentissage quasi spécifique de cette ambiance.

— les moyennes observées dans les ambiances « moteur » et « parole » apparaissent comparables, mais après apprentissage l'effet de la « parole » diffère de celui du « moteur ».

Globalement il apparaît donc que les ambiances de bruit significatif (musique et parole) permettent les meilleures performances en qualité de détection.

#### 2. Indice de dégradation

a) Intérêt de l'indice; sa définition.

L'évolution de la vigilance est saisie de façon satis-

faisante en considérant les pourcentages d'omissions des demi-heures successives de l'épreuve de vigilance. Mais quand il s'agit d'établir des corrélations entre la dégradation de vigilance et une autre variable, il est nécessaire de représenter la dégradation par une valeur chiffrée et une seule.

Prendre comme indice de dégradation une valeur unique, qui serait une différence moyenne entre les performances des différentes demi-heures, reviendrait à atténuer l'amplitude des fluctuations normales de la vigilance. Pour obtenir un indice qui soit plus proche de la réalité, nous choisissons de considérer la valeur algébrique de la différence entre les deux pourcentages extrêmes d'omissions (calculés par demi-heure) observés au cours d'une même épreuve. P1, P2 et P3 étant les pourcentages d'omissions des trois demi-heures successives, cette différence se calculera toujours dans le sens inverse de l'évolution chronologique des demi-heures.

Cet indice de dégradation de la vigilance nous semble le critère le plus satisfaisant pour caractériser l'évolution de la vigilance chez un sujet, car nous voulons faire apparaître la dégradation maximale qui puisse être observée dans les performances individuelles et rechercher les corrélations susceptibles d'exister entre cette dégradation et les données cliniques recueillies par interview.

D'un point de vue théorique — en ce qui concerne la sécurité — les moments de moindre vigilance sont bien les plus importants à considérer puisque les états psychophysiologiques qui leur correspondent sont responsables de nombreuses défaillances humaines.

#### b) Distribution des indices de dégradation de vigilance.

La distribution expérimentale des données relatives aux 140 indices de dégradation peut être considérée comme normale (figure 1). L'allure fortement gaussienne de cette distribution justifie, a posteriori, la valeur de l'indice choisi.

L'indice varie de - 3 à + 5. Un indice positif correspond à une dégradation de l'état vigile en fonction du temps, un indice négatif correspond à une amélioration de l'état vigile.

L'indice moyen est de 0,95 avec un écart-type de 1,53. Les différences de dégradation de vigilance entre ambiances sonores sont faibles et n'atteignent pas une signification statistique satisfaisante.

La dégradation de vigilance est maximum en présence du bruit de moteur. Elle est minimum dans l'ambiance silencieuse. Aux programmes musical et parlé correspondent des indices équivalents qui se situent entre ceux du bruit de moteur et du silence.

### 3. Les erreurs par réponses inutiles

Nous appelons réponses inutiles les réponses émises par le sujet en dehors du signal significatif. Le sujet qui fait une réponse inutile ne sait pas discriminer le vrai signal des « artefacts ».

Cette discrimination insuffisante semble liée à un

résidu d'apprentissage; elle peut aussi témoigner d'un niveau de vigilance abaissé.

La distribution globale des réponses inutiles se fait selon une courbe en « L » dont la branche verticale est centrée sur zéro (figure 2).

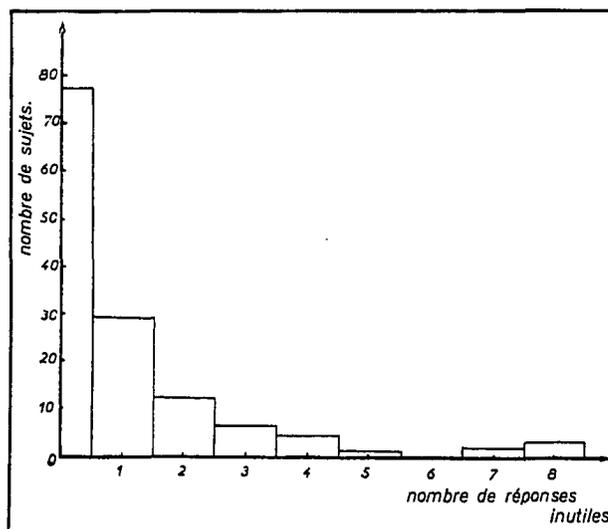


Fig. 2 - Histogramme des erreurs par réponses inutiles.

Les caractéristiques de la distribution sont les suivantes :

- médiane ..... : 0,15
- indice semi-interquartile : 0,5

L'allure de cette distribution illustre clairement la faible probabilité d'apparition de ces réponses.

#### a) Effet de l'ambiance sonore sur le nombre des réponses inutiles.

Des différences existent dans le nombre de réponses inutiles totalisées par ambiance sonore (tableau II).

Le nombre des réponses inutiles relevées en « musique » est discutable du fait de l'absence de sujets en première passation.

Tableau II. — Effet de l'heure de la journée sur les erreurs par réponses inutiles dans différentes ambiances sonores.

Demi-journée	AMBIANCES SONORES				Données cumulées
	Silence	Moteur	Musique	Parole	
Matin .....	38	18	12	6	74
Après-midi ..	56	101	66	50	273
Total .....	94	119	78	56	347

Par ailleurs nous savons qu'en « silence » la grande majorité des sujets sont groupés en première passation. Ces réserves étant faites, nous devons souligner le nombre de réponses inutiles sensiblement plus élevé en « silence » et « moteur » et légèrement plus bas en « musique » et « parole ».

b) *Effet de l'horaire sur le nombre de réponses inutiles.*  
Les réponses inutiles sont beaucoup plus nombreuses l'après-midi que le matin.

Le fait s'observe de façon équivalente dans les quatre ambiances sonores (tableau II).

#### 4. Corrélations des données objectives entre elles

##### a) *Nombre d'omissions et indice de dégradation*

La liaison entre ces deux variables est perceptible (.28); elle s'affirme mieux pour deux ambiances : silence (.42) et musique (.34).

La corrélation est positive, c'est-à-dire que les sujets qui assurent la meilleure détection sont aussi ceux qui luttent le mieux contre la baisse de vigilance au cours de l'épreuve.

##### b) *Nombre d'omissions et nombre de réponses inutiles.*

Il n'apparaît pas de corrélation nette entre ces deux variables. Lorsqu'elle est significative, c'est le cas pour l'ambiance « moteur », c'est une corrélation négative et faible (-.26).

##### c) *Indice de dégradation et nombre de réponses inutiles.*

Il n'existe pas de corrélation significative entre ces deux variables.

#### 5. Synthèse par ambiance des renseignements apportés par les différents paramètres de comportement

Une vue synthétique de la performance des sujets pour les différentes ambiances sonores peut être obtenue en examinant, pour chaque ambiance, le rang des divers paramètres classés par ordre d'efficacité décroissante.

Cette synthèse se trouve présentée sur le tableau III.

Tableau III. — Synthèse des paramètres de comportement pour différentes ambiances sonores.

\*La mention portée entre parenthèses précise le type de dégradation.

AMBIANCES SONORES	PARAMÈTRES DE COMPORTEMENT		
	Qualité de détection	Indice de dégradation	Nombre de réponses inutiles
Silence.....	4 <sup>e</sup>	1 <sup>re</sup> (rapide)	3 <sup>e</sup>
Moteur.....	3 <sup>e</sup>	4 <sup>e</sup> (différé)	4 <sup>e</sup>
Musique.....	1 <sup>re</sup>	2 <sup>e</sup> (rapide)	1 <sup>re</sup>
Parole.....	2 <sup>e</sup>	3 <sup>e</sup> (différé)	2 <sup>e</sup>

Du point de vue de la sécurité routière, deux impératifs essentiels s'imposent :

- éviter les violations du code de la route, auxquels correspondent en laboratoire les erreurs par omission.
- éviter les assoupissements et l'endormissement, auxquels se relie l'indice de dégradation.

Les ambiances sonores peuvent alors se classer comme suit de la plus favorable à la moins favorable :

- ambiance musicale,
- ambiance parlée et silence,
- bruit d'habitable de voiture.

Ce classement ne souffre guère de contestations pour la première et la dernière ambiance qui apparaissent nettement comme la plus favorable et la plus défavorable.

La rapidité de la dégradation se fait selon deux types : rapide et différé. La dégradation rapide, qui s'effectue au cours de la première heure d'activité et s'atténue par la suite, est observée dans les ambiances « silence » et « musique » et l'après-midi. La dégradation différée, qui ne se produit qu'au-delà de la première heure d'activité, s'observe dans les ambiances « moteur » et « parole » et le matin.

## C - CONCLUSIONS

### 1) Niveau de vigilance et efficacité dans l'activité psychomotrice du conducteur

Pour juger de l'efficacité de l'activité de l'homme en situation de vigilance, trois paramètres sont à considérer :

- le nombre global d'erreurs pour toute la durée de l'activité, ce qui caractérise la qualité de la détection et définit le rendement moyen de l'activité exercée;
- l'indice de dégradation de vigilance, qui caractérise l'amplitude des fluctuations du niveau de vigilance au cours du temps;
- le nombre de « réponses inutiles » qui traduit l'apprentissage résiduel pendant l'activité et peut aussi fournir un reflet du niveau d'éveil.

La courbe d'évolution de la vigilance en fonction du temps donne une vue synthétique des deux premiers paramètres; elle possède une très grande valeur descriptive.

Selon le type de tâche effectuée, on accordera une importance plus ou moins grande à l'un ou l'autre de ces paramètres. Ainsi, dans un travail de contrôle industriel dépourvu d'aspect de sécurité marqué, ou encore dans un travail de dactylographie ou de mécanographie, on considérera surtout le nombre global d'erreurs, le rendement moyen. Il en va autrement quand un facteur de sécurité se place au premier plan.

Ainsi dans la conduite automobile les baisses d'attention, les assoupissements et a fortiori l'endormissement vrai, constituent le péril le plus évident : une probabilité d'accident très forte est attachée à ces défaillances. Un sujet fatigué peut en être victime sans que se soit produit auparavant de fautes très caractérisées. C'est dire que les grandes fluctuations de vigilance sont autant à redouter, sinon plus, que les violations occasionnelles de signaux.

## 2) L'effet de l'ambiance sonore sur l'efficiences psychomotrice

Il semble possible de montrer que les bruits exercent des effets opposés de stimulation et d'inhibition sur la vigilance. Les effets se présentent de façons diverses selon les caractéristiques des bruits. Un bruit prolongé a d'abord, pendant une demi-heure ou une heure, une action stimulante sur la vigilance mais cette période d'action favorable est suivie d'une baisse très importante de la vigilance. Cette baisse est d'autant plus marquée que le bruit est dépourvu de signification. C'est le cas, en particulier, pour un bruit d'habitacle de voiture de 90 db. La présence d'un bruit significatif « musique », et a fortiori « parole », favorise l'existence d'un niveau élevé de vigilance. Ce résultat est incontestablement en faveur de l'utilisation d'un récepteur radio à bord de voiture quand le conducteur est expérimenté et que les conditions de conduite ne présentent pas de sérieuses difficultés. Le bruit significatif — et la parole tout particulièrement — exerce un fort effet de perturbation chez le sujet peu expérimenté ou placé dans des conditions plus difficiles. Nous en faisons l'expérience quand on suspend tout à coup une conversation au volant de sa voiture, lors d'un passage difficile, pour la reprendre aussitôt que les conditions sont redevenues normales.

## II. ESTIMATIONS SUBJECTIVES EN SITUATION DE VIGILANCE

### A - ESTIMATION DE LA PERFORMANCE

Il est classique de décrire le travail en termes de réponses à des signaux; la performance objective a été étudiée dans le chapitre qui précède en considérant la relation signal-réponse. Nous avons vu qu'il y a en fait deux types de réponses : les réponses aux signaux vrais et les réponses inutiles. Pour le sujet, la réponse inutile est donnée à un signal « fictif » qu'il ne différencie pas du signal réel. Aussi pour étudier la relation entre la performance objective et l'estimation que le sujet en fait, il importe de préciser le contenu des formules employées.

Plusieurs estimations vont être étudiées :

- l'estimation du nombre de signaux vus,
- l'estimation des erreurs par omissions et par réponses inutiles.

L'estimation du nombre de signaux vus représente la donnée la plus importante pour répondre au problème général de l'élévation subjective de la performance.

En effet, la relation est simple et sans ambiguïté pour le sujet entre le nombre de réponses faites et le nombre qu'il croit avoir fait.

Le nombre de réponses faites comprend les réponses aux signaux vrais et les réponses inutiles aux signaux « fictifs ».

L'estimation du nombre d'omissions constitue une donnée plus ambiguë. Théoriquement le sujet est dans l'impossibilité d'estimer le nombre de ses omissions. La seule base d'évaluation possible lui est donnée par l'impression de rareté plus ou moins grande des signaux pour une période déterminée.

Lors de la première passation de l'épreuve de vigilance, la difficulté d'évaluation est donc considérable; pour les passations ultérieures la possibilité de comparaison rend l'estimation plus aisée.

L'estimation des erreurs par réponses inutiles représente encore une donnée de second ordre par rapport à l'estimation du nombre de signaux vus. Pourtant, elle serait moins ambiguë que l'estimation du nombre d'omissions car un doute est souvent attaché à la réponse inutile qui la particularise : la sujet répond mais il n'est pas sûr de l'authenticité du signal. Cette incertitude permet la distinction subjective de ces réponses.

### Définition de l'erreur d'estimation :

Pour faciliter l'utilisation des données dans les calculs statistiques, nous avons caractérisé la qualité de l'estimation des sujets par la valeur de l'erreur d'estimation. L'erreur est calculée pour chaque sujet en faisant la différence entre « E » l'estimation et « R » la valeur réelle du paramètre considéré :

$$\text{erreur} = E - R$$

Il s'ensuit qu'une erreur négative correspond à une sous-estimation de la réalité et qu'une erreur positive correspond à une surestimation.

### 1) Estimation du nombre de signaux vus

#### a) Caractéristiques de la distribution :

Pour les 93 estimations recueillies, l'erreur varie de - 13 à + 8 pour un nombre réel de réponses enregistrées, qui est en moyenne de 22. L'histogramme de ces erreurs (figure 3) souligne une nette tendance à la sous-estimation du nombre de signaux vus.

#### b) Effet de l'ambiance sonore sur l'estimation du nombre de signaux vus :

La comparaison des médianes des distributions par ambiances (tableau IV), de même que la comparaison des pourcentages de sujets classés selon le type de leurs estimations (tableau V), font apparaître de nettes différences entre les ambiances sonores.

Tableau IV. — Médianes des distributions d'erreurs d'estimation du nombre de signaux vus dans différentes ambiances sonores.

	Silence	Moteur	Musique	Parole	Ambiances cumulées
Médianes	0	- 0,7	- 3,5	- 3,7	- 1,7

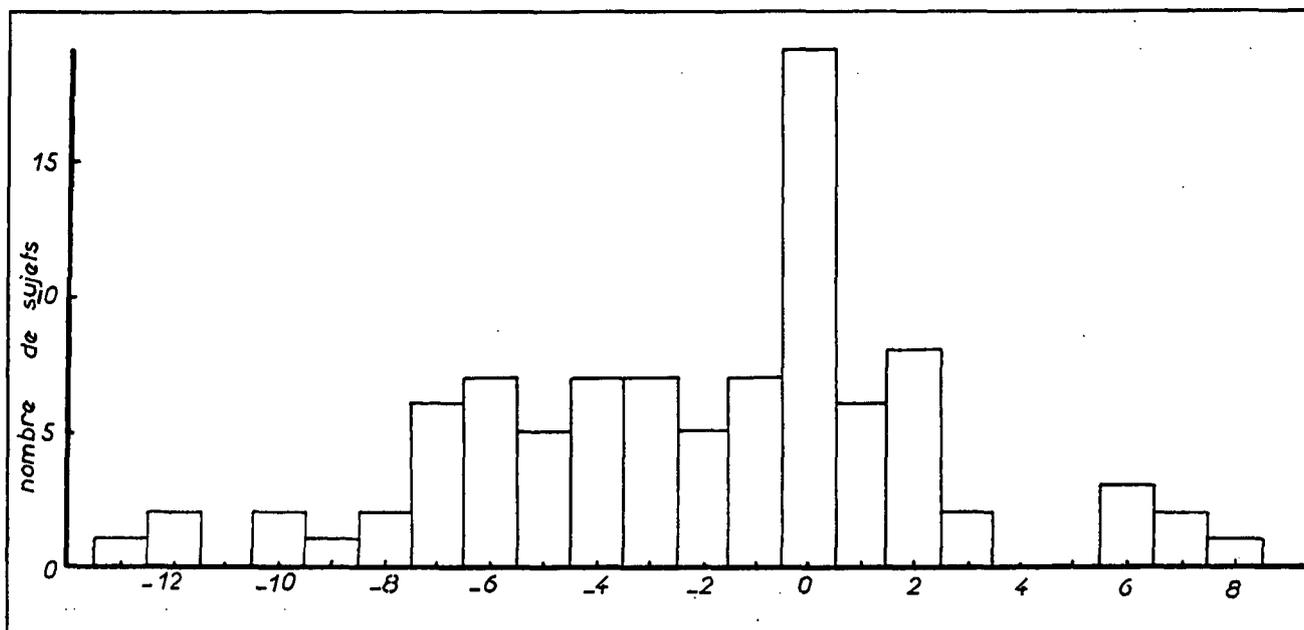


Fig. 3. - Histogramme des erreurs d'estimation du nombre de signaux vus (93 données).

Tableau V. — Classification des sujets en pourcentage selon le type de l'estimation de leur performance pour différentes ambiances sonores.

Estimation du nombre de signaux vus	Silence	Moteur	Musique	Parole	Ambiances cumulées
Sous-estimation	36	32	72	65	56
Estimation juste	18	36	11	18	21
Surestimation	46	32	17	17	23

Alors que les distributions pour les ambiances « silence » et « moteur » sont assez bien centrées sur zéro (erreur nulle), les distributions pour les deux autres ambiances sont nettement décalées vers les valeurs négatives.

Ainsi les ambiances « musique » et « parole » favoriseraient une sous-estimation du nombre de signaux vus. Les distributions expérimentales ont été normalisées et la comparaison des moyennes fait apparaître une différence significative entre « moteur » et « musique » (.05) et entre « moteur » et « parole » (.10).

Cette sous-estimation du nombre de signaux vus dans les ambiances de bruit significatif sera rapprochée plus loin de la notion de détection automatique des signaux, mode de détection observé électivement dans ces mêmes ambiances sonores et qui correspond à un état de conscience « non élaboré ».

c) *Corrélation entre l'estimation du nombre de signaux vus et le nombre de réponses émises par le sujet :*

Une corrélation positive très significative lie entre elles l'estimation et la grandeur réelle (.41).

Ainsi l'estimation est du même ordre de grandeur que le nombre réel de signaux vus; bien que l'erreur d'estimation puisse être importante en elle-même, elle est toujours proportionnelle à la variable estimée. Il est intéressant de constater une variation de l'étroitesse de la corrélation en fonction de l'ambiance sonore. C'est en « musique » que la corrélation est la moins bonne et en « silence » qu'elle est la meilleure. On a constaté de même que la sous-estimation est maximale en « musique ». Cette ambiance ne favorise pas la qualité de l'estimation.

d) *Corrélation entre l'estimation du nombre de signaux vus et la qualité de la détection :*

Il existe une corrélation positive très significative mais faible entre l'estimation du nombre de signaux vus et le nombre d'omissions :

$$r = .29 \text{ pour les données cumulées.}$$

Le nombre de signaux vus est en général sous-estimé. Cette sous-estimation est d'autant plus grande que la détection est meilleure.

La corrélation est plus étroite pour le « moteur » (.44). La distribution des erreurs d'estimation du nombre de signaux vus étant centrée sur zéro dans cette dernière ambiance, cette corrélation établit que les sujets assurant les meilleures détections sous-estiment le nombre de signaux vus et inversement.

Cette tendance à une sous-estimation, d'autant plus grande que la qualité de la détection est meilleure, laisse entendre que la détection n'est pas toujours effectuée avec une conscience très claire des événements vécus. Il faut rapprocher ce fait de la sous-estimation des signaux vus dans certaines ambiances (« musique » et « parole ») qui permettent pourtant

les meilleures performances. Nous touchons encore à la notion de détection automatique ou inconsciente. L'ensemble des faits expérimentaux serait à examiner sous l'éclairage particulier de ce mode de détection.

e) *Autres corrélations :*

Les corrélations de l'erreur d'estimation du nombre de signaux vus avec l'indice du nombre de dégradation et le nombre de réponses inutiles n'ont pas de significations statistiques satisfaisantes.

f) *Conclusions :*

L'estimation du nombre de signaux vus est imprécise : l'erreur est variable d'un sujet à l'autre; elle peut être importante, atteignant 50 % de la valeur de la variable. En général, l'estimation est proportionnelle à la variable estimée.

L'estimation du nombre de signaux vus pendant l'épreuve est de qualité variable avec l'ambiance sonore :

— On constate une très nette sous-estimation du nombre de signaux vus dans les ambiances sonores significatives (« musique » et « parole »)

— De même, la corrélation entre la performance réelle et son estimation est la plus faible en « musique ». Le nombre de signaux vus semble échapper à la conscience claire des sujets, même chez ceux qui assurent une bonne détection : la sous-estimation est d'autant plus grande que la détection est meilleure.

La qualité de l'estimation nous semble devoir être interprétée en fonction du type d'activité mentale pendant le travail. La notion de détection automatique est fortement suggérée par les résultats précédents. On verra que cette détection s'observe électivement dans les ambiances « musique » et « parole ».

2) *Estimation du nombre d'omissions et du nombre de réponses inutiles*

L'estimation du nombre d'erreurs est encore plus imprécise que celle du nombre de signaux vus. La grandeur de l'erreur peut dépasser celle de la variable. Une corrélation négative est de nouveau observée entre la qualité de la performance et la qualité de son estimation subjective. Tout se passe comme si les sujets les plus méfiants sur la qualité de leur performance étaient aussi les plus vigilants.

**B - ESTIMATION DE LA DURÉE**

L'estimation du temps est une opération intuitive difficile et la précision attachée à cette estimation est étroitement liée au type d'activité effectué et à l'état psychologique du sujet pendant l'activité.

Dans les situations de vigilance, l'estimation du temps peut donc présenter deux intérêts :

— permettre d'évaluer la précision possible dans l'appréciation des durées en situation monotone : durée globale du travail ou durée qui sépare deux événements.

— permettre d'obtenir — indirectement — des renseignements sur l'état psychophysologique du sujet.

1) *Contexte expérimental dans lequel l'estimation du temps est obtenue*

a) *Le sujet est isolé :*

Le sujet est seul, privé de toute information extérieure à sa tâche et à l'environnement expérimental :

— il dépose sa montre à l'entrée de la salle d'expériences,

— la salle insonorisée ne lui permet pas de percevoir les bruits en provenance de l'extérieur,

— aucune intervention de l'opérateur ne viendra interrompre sa tâche.

b) *Données relatives au temps, fournies par la consigne :*

La durée totale était suggérée par les seuls mots « l'épreuve dure assez longtemps mais vous aurez terminé avant la fin de la demi-journée ». Cela donnait une idée très vague de la durée de l'épreuve tout en assurant au sujet qu'il serait libre avant l'heure du déjeuner ou de la sortie de l'usine. Par ailleurs, le nombre de signaux était annoncé « de l'ordre de vingt par heure ».

c) *L'interview porte sur l'estimation de la durée totale de l'épreuve et sur l'estimation des durées des intervalles entre signaux :*

— estimation de la durée moyenne des intervalles,

— estimation de la durée du plus petit et du plus grand intervalle.

2) *Résultats*

Nous avons calculé l'erreur d'estimation en faisant la différence entre durée estimée et durée réelle. Il s'ensuit qu'une erreur d'estimation négative est une sous-estimation et inversement.

a) *Estimation de la durée globale du travail :*

L'erreur d'estimation varie de — 56 mn à + 49 mn, avec un écart-type de 21 mn pour une durée réelle de 90 mn.

L'erreur moyenne est de — 6 mn et les pourcentages de sujets qui sous-estiment et surestiment la durée sont respectivement de 60 et 34 %. Il apparaît donc une plus grande tendance à la sous-estimation de la durée globale du travail sans que cette tendance se dégage très nettement. C'est que la distribution englobe des données appartenant à quatre distributions distinctes qui correspondent aux quatre ambiances sonores. Les caractéristiques de ces dernières distributions sont portées sur la tableau VI.

Tableau VI. — Caractéristiques des distributions des erreurs d'estimation de la durée totale du travail dans différentes ambiances sonores.

	Silence mn	Moteur mn	Mu- sique mn	Parole mn	Données cumulées mn
Moyenne.....	— 12	2,30	— 0,30	— 16	— 6
Ecart-type ...	21	23	19	16	21

La sous-estimation la plus marquée apparaît en « silence » et « parole ».

— *Effet de l'ambiance sonore sur l'estimation de la durée globale :*

L'ambiance sonore exerce une influence sur l'estimation de la durée, et la comparaison des erreurs moyennes d'estimation fait apparaître des différences très significatives.

— C'est en « musique » que l'estimation de la durée globale est la plus juste avec une très légère tendance à la sous-estimation.

— La sous-estimation de la durée est très nette dans les ambiances « silence » et « parole ».

— Dans l'ambiance « moteur », la tendance est plutôt à la surestimation de la durée : tout se passe comme si le temps semblait plus long que dans les autres ambiances.

Ces résultats seront confrontés avec les sentiments d'ennui et de monotonie, et avec les appréciations subjectives portées sur les bruits.

— *Corrélation de l'erreur d'estimation sur la durée totale avec l'erreur d'estimation sur le nombre d'omissions :*

Une corrélation positive est retrouvée :

$$r = .31 \text{ au seuil de } P = .005$$

pour les données cumulées.

La corrélation est significative pour les différentes ambiances sonores. L'erreur d'estimation sur le nombre d'omissions caractérise l'attitude du sujet vis-à-vis de sa performance.

La corrélation est telle que les sujets qui sous-estiment le nombre d'erreurs et se montrent ainsi optimistes sur leur performance ont tendance à sous-estimer la durée totale : le temps leur semble court.

— *Corrélation de l'erreur d'estimation sur la durée totale avec la qualité de la performance :*

l'estimation de la durée totale n'apparaît pas liée à la qualité de la performance. Les corrélations avec le nombre d'omissions et l'indice de dégradation ne sont pas significatives.

b) *Estimation de la durée du plus grand intervalle entre signaux :*

L'erreur d'estimation sur la durée du plus grand intervalle varie de — 13 mn à + 33 mn alors que la durée réelle de cet intervalle varie de 9 à 23 mn. La moyenne de l'erreur d'estimation est de + 4 mn 30 et l'écart-type de la distribution est de 7 mn.

79 % des sujets ont surestimé la durée du plus grand intervalle.

Seule la différence entre moyennes pour les ambiances « moteur » et « parole » atteint un seuil significatif ( $P = .05$ ).

*Corrélation entre performance et estimation de la durée :*

Il existe dans certaines conditions une corrélation entre l'erreur d'estimation de la durée du grand intervalle et la performance objective caractérisée par le nombre d'omissions et l'indice de dégradation.

*Corrélation avec le nombre d'omissions :*

On peut observer une tendance à la corrélation négative entre l'estimation de la durée du grand intervalle et le nombre d'omissions. Cette corrélation est significative dans le « silence » ;  $r = .56$ , valeur significative au seuil de .01 (on sait que le nombre d'omissions est plus élevé dans cette ambiance).

Autrement dit, l'erreur d'estimation sur la durée de l'intervalle est d'autant plus grande que la qualité de la détection est meilleure.

Ce fait n'est pas pour surprendre. La détection est d'autant meilleure que le sujet est plus en éveil et plus en attente du signal qui peut surgir. La conscience de la durée prenant naissance de l'attitude d'attente, plus le sujet est en attente plus la durée qui s'écoule avant l'apparition d'un nouveau signal lui paraît longue.

*Corrélation avec l'indice de dégradation :*

Pour les quatre ambiances, il existe une corrélation négative mais faible entre l'estimation de la durée du grand intervalle et l'indice de dégradation :

$$r = - .18; P = .10.$$

Pour la « parole » :

$$r = - .38; P = .02.$$

Si cette corrélation est faible, elle s'établit dans le même sens que la corrélation précédente avec le nombre d'omissions et l'interprétation qui était donnée pour cette dernière garde sa valeur : plus le niveau de vigilance reste élevé, plus la durée de l'intervalle paraît longue.

*Corrélation entre estimation de la durée et estimation de la performance : une corrélation négative est observée avec l'erreur d'estimation du nombre de signaux vus :*

$$r = - .38 \text{ avec } P = .10 \text{ (parole)}$$

$$r = - .34 \text{ avec } P = .05 \text{ (moteur)}$$

La durée du grand intervalle est d'autant plus surestimée que les sujets sous-estiment davantage le nombre de leurs réponses.

On sait, par ailleurs, qu'une forte corrélation lie la qualité de la performance et son estimation : elle est telle que les sujets les meilleurs sous-estiment la qualité de leur travail. On peut en déduire que la durée du grand intervalle est d'autant plus surestimée que les sujets font une meilleure performance.

Cette démarche déductive nous fait retrouver les résultats établis précédemment : corrélation entre performance et estimation de la durée.

c) *Estimation de la durée des moyens et petits intervalles entre signaux :*

Des résultats comparables à ceux obtenus pour le plus grand intervalle ont été mis en évidence. Il existe d'ailleurs de très bonnes corrélations positives entre les erreurs d'estimation de ces trois intervalles pris deux à deux.

d) *Précision comparée des estimations temporelles portant sur la durée totale de l'épreuve et sur la durée des intervalles entre signaux :*

Nous avons calculé les valeurs relatives des erreurs d'estimation, des durées en pourcentage, des durées réelles qui leur correspondent. Ces valeurs relatives peuvent alors être comparées entre elles; ce rapprochement souligne clairement le fait que l'erreur relative dans l'estimation de la durée est d'autant plus grande que la durée réelle à estimer est plus courte.

Tableau VII. — Classification du pourcentage des sujets selon le type de l'estimation temporelle de durées plus ou moins longues.

	Petit intervalle	Moyen intervalle	Grand intervalle	Durée globale
Sous-estimation.....	0 %	7 %	21 %	60 %
Estimation juste .....	40 %	23 %	6 %	6 %
Surestimation.....	60 %	70 %	73 %	34 %

Le tableau VII présente la classification des sujets en pourcentages, selon le type de leurs estimations de la durée : pour la durée globale et pour la durée des différents intervalles; les pourcentages sont calculés pour les données cumulées pour les quatre ambiances sonores.

La tendance à la surestimation de la durée est très nette pour les intervalles entre signaux; la tendance inverse s'observe pour la durée globale.

La durée globale du travail et la durée de l'intervalle entre signaux semblent correspondre à des réalités subjectives de contenu psychologique très différent.

### C - CONCLUSIONS SUR LES ESTIMATIONS SUBJECTIVES

L'estimation de la qualité de sa propre performance est très imprécise, l'erreur peut atteindre 50 % de la valeur de la variable. On en retirera l'idée que la vision des signaux peut échapper à la claire conscience des sujets, même de ceux qui assurent pourtant une bonne détection, c'est-à-dire chez ceux qu'on ne peut suspecter d'avoir perdu leur vigilance. Cette notion est importante car il s'avère donc impossible de se fier au seul témoignage humain pour savoir si tel ou tel signal de sécurité a été vu ou respecté. Il est d'ailleurs fort probable que cette conclusion relative à la vision

puisse être étendue aux autres sphères sensorielles; tout événement des divers champs perceptifs serait susceptible d'échapper à la claire conscience et à la mémoire, bien que sa signification puisse être entrevue et qu'il puisse donner naissance à une réaction motrice adaptée.

L'estimation de la durée est également fort imprécise. L'erreur sur la durée globale du travail peut atteindre 60 % de la durée à estimer; l'estimation de la durée globale dépend de facteurs psychologiques généraux.

L'estimation de la durée de l'intervalle entre signaux détectés semble dépendre étroitement de l'attitude d'attente propre aux tâches de vigilance; cette estimation est très difficile et la valeur relative de l'erreur est d'autant plus grande que la durée à estimer est plus petite.

L'erreur d'estimation de la durée globale est sans corrélation avec la qualité de la performance. L'erreur d'estimation de la durée de l'intervalle entre signaux est, en général, une erreur de surestimation et l'erreur est d'autant plus importante que la performance est meilleure. Il est donc illusoire d'espérer obtenir des informations précises sur les évaluations temporelles lors des enquêtes d'accidents.

Cette dernière conclusion rejoint celle relative à la vision des signaux et en étend encore la portée. C'est, non seulement les perceptions externes (sphère « extéroceptive » des physiologistes qui comprend la vision, l'audition, le tact, le goût, l'olfaction), mais aussi les perceptions internes qui peuvent échapper à la conscience ou tout au moins aux traces que la mémoire en garde de façon précise. Ainsi quand le champ de la conscience « élaborée » — selon la terminologie de neuro-physiologistes qui désignent ainsi le niveau supérieur de la conscience — est livré à une source d'information privilégiée, et de fort contenu psychologique, telle que peut l'être la parole, des informations d'autres sources peuvent être reçues et permettre une conduite adaptée, mais leur perception est entourée d'un halo d'imprécision et se fait alors en conscience « non élaborée ».

### III. ÉTAT PSYCHOPHYSIOLOGIQUE DES SUJETS EN SITUATION DE VIGILANCE

#### A) MODE DE DÉTECTION PRATIQUÉ PAR LES SUJETS DANS L'ÉPREUVE DE VIGILANCE

Deux modes de détection sont utilisés par les sujets pendant leur travail.

Certains sujets fixent le centre de l'écran, ou plus précisément la ligne d'horizon, à l'extrémité de la route et les signaux apparaissent dans leur champ visuel périphérique; d'autres inspectent l'écran avec rotation des globes oculaires de façon à saisir le signal « au vol » en vision centrale, le faisceau de la vision centrale balaye l'écran au hasard ou méthodiquement.

Les sujets se répartissent en deux catégories, ceux qui « balayent » l'écran du regard et ceux qui ne « balayent » pas.

La détection en vision périphérique (sans balayage) est la technique de travail utilisée par 75 % des sujets. La préférence manifestée pour cette technique laisse penser qu'elle est considérée comme plus efficace; il est intéressant de chercher s'il y a des changements de mode opératoire au cours des différentes passations de l'épreuve.

Douze sujets ont changé de mode opératoire d'une épreuve à l'autre. Trois seulement d'entre eux ont adopté la technique de détection en vision centrale après avoir pratiqué l'autre technique. Par contre sept sujets font la démarche opposée et choisissent secondairement la technique de détection en vision périphérique.

La détection en vision périphérique est la technique la plus utilisée, les changements de mode opératoire se font de préférence en faveur de cette technique; ces deux faits plaident pour attacher un sentiment de plus grande efficacité à la détection en vision périphérique. Que peut-on observer objectivement? La qualité de détection a tendance à être meilleure dans l'échantillon de sujets qui pratique la détection en vision périphérique; la signification statistique n'est atteinte qu'en ambiance « silence » (10).

Si l'on considère l'indice de dégradation de vigilance et le nombre de réponses inutiles, les deux modes de détection n'ont même pas tendance à se différencier.

## B) ACTIVITÉ MENTALE DES SUJETS EN SITUATION DE VIGILANCE

Trois types de dispositions d'esprit ont pu être distingués chez les sujets pendant l'épreuve de vigilance :

— *Vagabondage de la pensée* : le sujet aborde divers objets de réflexion sans rapport direct avec le travail en cours (préoccupation familiale par exemple).

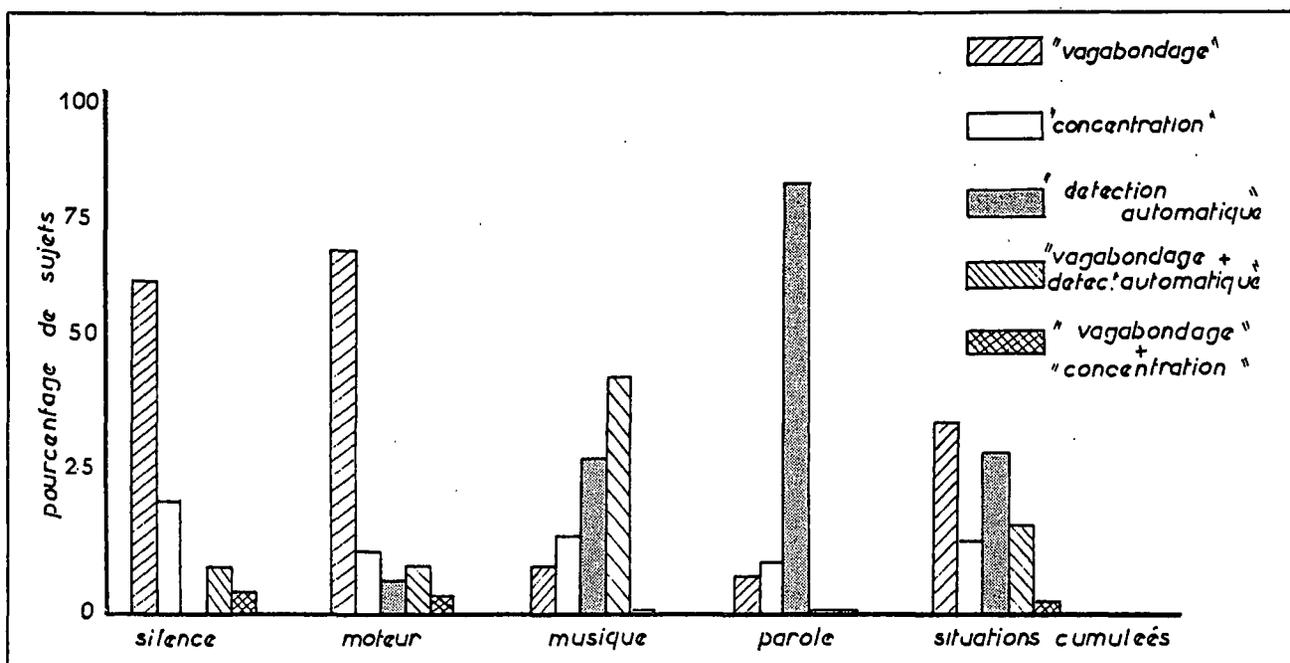
On dira volontiers que le sujet est « distrait » de la tâche de vigilance qu'il accomplit.

— *Concentration de l'esprit sur la tâche de détection* : le sujet essaye de ne penser à rien pour être tout entier à son travail de détection.

— *Pensée induite et détection automatique* : les sujets dont le champ de conscience est occupé par l'ambiance de bruit significatif ont accompli la détection des signaux de façon quasi inconsciente; à la fin de l'épreuve ils disent volontiers n'avoir vu que quelques signaux alors que leur performance est normale.

Cette disposition d'esprit, observée surtout en présence de bruits significatifs (musique et parole), se distingue du vagabondage de la pensée par sa passivité (l'activité mentale est induite) mais elle n'est pas incompatible avec le vagabondage. L'audition du programme sonore se fait en conscience « élaborée », la détection des signaux en conscience « non élaborée », ce qui permet de parler de détection inconsciente ou automatique.

Fig. 3 . - Type d'activité mentale dans différentes ambiances sonores.



### 1) Effet de l'ambiance sonore sur l'activité mentale en situation de vigilance :

L'ambiance sonore favorise nettement certaines dispositions d'esprit. La répartition des sujets selon les différents types d'activité mentale diffère très significativement d'une ambiance sonore à l'autre. (La valeur du  $\chi^2$  atteint le seuil de signification de .01.)

Les diagrammes de la figure 4 illustrent ces différences de répartition. Les diagrammes des ambiances « silence » et « moteur » sont presque superposables; celui de la « musique » souligne la forte prédominance de la « détection automatique », qu'elle soit ou non associée au « vagabondage »; le diagramme de la « parole » enfin impose la notion de détection automatique qui s'observe chez 80 % des sujets dans cette ambiance sonore.

D'une façon générale, on peut opposer deux types prédominants d'activité mentale :

— le vagabondage de la pensée dans les ambiances sonores sans contenu significatif (« silence » et « moteur »),

— la détection automatique dans les ambiances sonores douées de contenu significatif.

On peut noter d'autre part :

— que l'attitude en « concentration », peu fréquente, s'observe surtout dans le silence,

— que le programme parlé s'impose à l'esprit du sujet et ne permet guère d'autres attitudes de pensée plus « autonome » : il faut rappeler que ce programme était constitué d'histoires humoristiques très « accrochantes »,

— que la musique, si elle s'impose de façon exclusive à l'esprit de certains sujets (25 %) — à la manière du programme parlé — permet au plus grand nombre (40 %) un « vagabondage » concomitant de la pensée.

### 2) Type d'activité mentale et qualité de la performance :

*Nos résultats ne permettent pas de conclure à un lien de dépendance entre la qualité de la performance et l'activité mentale du sujet. Les différences observées dans la comparaison des nombres moyens d'omissions pour les différents états d'esprit ne sont pas significatives; il en est de même pour les indices de dégradation et le nombre de réponses inutiles.*

### 3) Type d'activité mentale et estimation de la performance :

*On constate une tendance à sous-estimer d'autant plus le nombre de signaux vus que la détection est plus automatisée. L'erreur de sous-estimation est plus grande en « détection automatique » qu'en « vagabondage » ou en « concentration ». La même tendance s'observe entre « vagabondage » et « concentration ».*

*Cette tendance atteint tout juste le seuil de signification (.10) dans les meilleurs cas.*

### 4) Conclusion :

A l'état de conscience « non élaborée » correspond l'attitude mentale que nous avons décrite sous le nom de « détection automatique ». Cette attitude se rencontre exclusivement en présence de bruits significatifs comme la musique et la parole. Pour les ambiances de silence et de moteur, l'attitude mentale équivalente est celle de « vagabondage ». A l'opposé, on distingue l'attitude dite de « concentration » adoptée par les sujets qui veulent centrer toute leur capacité d'attention sur la tâche de détection.

Les sujets en attitude mentale de « détection automatique » ont une performance de qualité équivalente à celle des sujets en attitude de « vagabondage » et de « concentration ». Ainsi, pendant que l'attention (mode supérieur de vigilance, conscience « élaborée ») est focalisée sur le contenu psychologique de messages auditifs, une certaine automatisation de la détection visuelle est compatible avec une bonne performance. Autrement dit, l'attention auditive qui, dans nos expériences, prend la forme d'une distraction vis-à-vis de la tâche principale, n'empêche pas le sujet d'exercer en même temps son attention sur le mode visuel. L'important c'est que le niveau d'éveil généralisé du système nerveux ne soit pas en diminution. La seconde tâche constituée par l'audition de musique ou de parole est une source de stimulation, d'activation générale. Ces conclusions s'appliquent directement au fait objectif que la performance est de meilleure qualité pour une tâche familière accomplie en présence d'un bruit significatif. L'ensemble de ces résultats tend à confirmer l'hypothèse émise avant d'accomplir ce travail (26). Nous disions « que les messages significatifs », même plurisensoriels, sont source de stimulation, d'activation générale, et que l'état vigile ainsi créé et entretenu assure une meilleure efficacité dans des activités qui peuvent être multiples (auditives et visuelles par exemple) tout au moins quand ces activités sont simples et familières.

### C) MONOTONIE, TENDANCE A L'ENDORMISSEMENT

Les situations de vigilance évoquent toujours les idées de monotonie, d'ennui, de tendance à l'endormissement. Il paraît utile de préciser l'importance exacte de ces facteurs dans une population donnée, de chiffrer la fréquence de leur intervention, d'analyser la manière dont ces facteurs psychologiques généraux sont conditionnés par l'environnement, par la durée du travail, l'isolement social, etc.

#### 1) L'ennui :

Les situations de vigilance sont considérées à juste titre comme très monotones. Dans une tâche de détection visuelle pure, le sujet est inactif, il attend le signal imprévu et rare qui peut pourtant surgir à tout moment. Une telle situation peut apparaître comme génératrice d'ennui par excellence.

En fait, quelle que soit l'ambiance sonore, le pourcentage des sujets qui s'ennuient ne dépasse jamais 50 %.

a) *Influence de l'ambiance sonore sur l'apparition de l'ennui :*

La moitié des sujets s'ennuient en « silence » et « moteur »; en « musique », il n'y en a plus que le quart; en « parole », il n'y en a plus un. Ainsi, les ambiances sonores sans contenu significatif favorisent nettement l'ennui ( $\chi^2$  significatif au seuil de .001).

Pour ces dernières ambiances, l'ennui s'étend à toute la durée du travail chez la moitié des sujets. En « musique », l'ennui se localise en fin d'épreuve (75 % des sujets s'ennuient en 3<sup>e</sup> demi-heure).

b) *Sentiment d'ennui et qualité de la performance :*

Il n'existe pas de différence significative dans la qualité de la performance entre les échantillons de sujets qui subissent ou ne subissent pas le sentiment d'ennui.

2) *L'envie de dormir :*

L'envie de dormir est plus fréquente que l'ennui. Elle atteint la moitié des sujets. Alors que l'ennui disparaît dans certaines ambiances sonores, l'envie de dormir demeure chez un nombre important de sujets.

a) *Influence de l'ambiance sonore sur l'envie de dormir :*

L'envie de dormir diminue légèrement quand on classe les ambiances dans l'ordre : silence, moteur, musique, parole. L'influence de l'ambiance sonore testée sur les quatre situations à la fois n'est pas significative. Toutefois, la comparaison des ambiances opposées « silence » et « parole » donne une probabilité de différence significative à .10.

b) *Localisation temporelle de l'envie de dormir :*

L'envie de dormir prédomine très nettement à la deuxième demi-heure (60 % des sujets) quelle que soit l'ambiance sonore.

c) *Effet de l'heure de la journée sur l'envie de dormir :*

L'heure de la journée intervient de façon significative (.01). Les sujets ont davantage envie de dormir l'après-midi que le matin. Cet effet de l'horaire joue au maximum dans l'ambiance bruit de moteur (.005).

d) *Envie de dormir et qualité de la performance :*

L'envie de dormir n'exerce pas d'influence significative sur la qualité de la performance.

3) *Les baisses d'attention :*

Il a été demandé aux sujets s'ils ont eu conscience de moments de moindre attention, sans que ce relâchement puisse être considéré comme un assoupissement véritable qui se manifeste à la conscience comme une perte de contact complète avec le réel. Aux baisses d'attention ainsi définies correspond le sentiment d'une efficacité temporairement diminuée; le sujet attache une forte probabilité d'omissions à ces périodes de baisses d'attention.

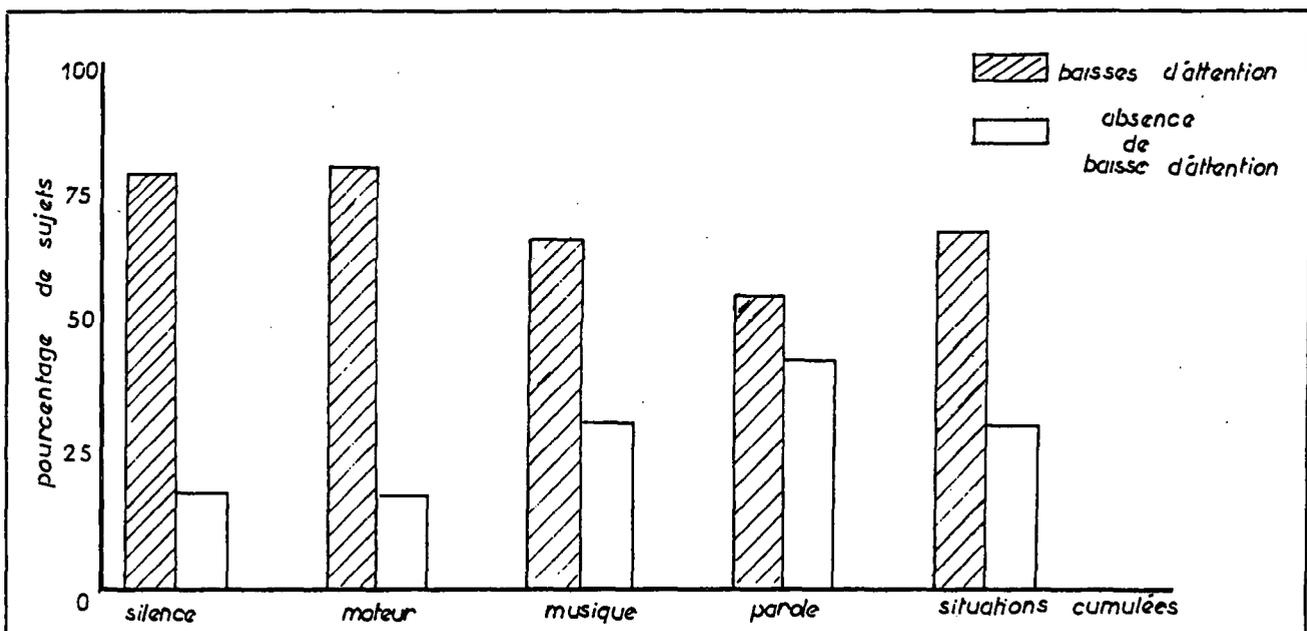
a) *Fréquence des baisses d'attention :*

Les baisses d'attention sont fréquentes : on les rencontre chez 70 % des sujets et leur moyenne est de trois pour 90 minutes de travail.

Il existe des différences en fonction de l'ambiance sonore (figure 5); toutefois, la signification n'est atteinte qu'entre « silence » et « moteur ».

La majorité des baisses d'attention est localisée par les sujets en 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> demi-heure, c'est-à-dire aux deux derniers tiers de la période de travail.

Fig. 5. - Prise de conscience de baisses d'attention dans différentes ambiances sonores.



b) *Baisses d'attention et envie de dormir :*

Tous les sujets qui ont envie de dormir présentent des baisses de vigilance. En absence d'envie de dormir, la fréquence n'est guère que de 50 %. La différence entre fréquences est très significative (. 001).

La même concordance s'observe avec la présence des bâillements (. 001) et du sentiment d'ennui (. 01).

c) *Baisses d'attention et qualité de la performance :*

Nos résultats font apparaître des différences significatives (. 10) dans l'ambiance « silence ». Elles portent sur le nombre d'omissions et sur l'indice de dégradation et établissent que l'efficacité est meilleure pour l'échantillon qui ne présente pas de baisses d'attention.

4) *Les assoupsissements :*

Il existe des défaillances dans le maintien de l'état vigile qui sont plus caractérisées que les baisses d'attention. Elles sont perçues subjectivement comme des « absences » de courte durée, comme des « déconnexions » de l'esprit avec le réel. Le sujet prend conscience de cette défaillance lors de la reprise du contact avec la réalité de sa situation; c'est dire qu'il lui est impossible de se faire une idée de la véritable durée d'une absence dont une seule de ses limites temporelles est perceptible : la fin. Ces défaillances semblent pouvoir être assimilées à des assoupsissements.

a) *Fréquence des assoupsissements :*

Les assoupsissements ne sont pas des défaillances exceptionnelles : 30 % des sujets en font état. Pour une durée de travail de 90 minutes, leur nombre varie de une à cinq, la moyenne étant 2,5.

La fréquence comparée est beaucoup plus faible en présence des bruits significatifs (. 02). Elle tombe de 52 % à 12 % entre le « moteur » et la « parole » (figure 6).

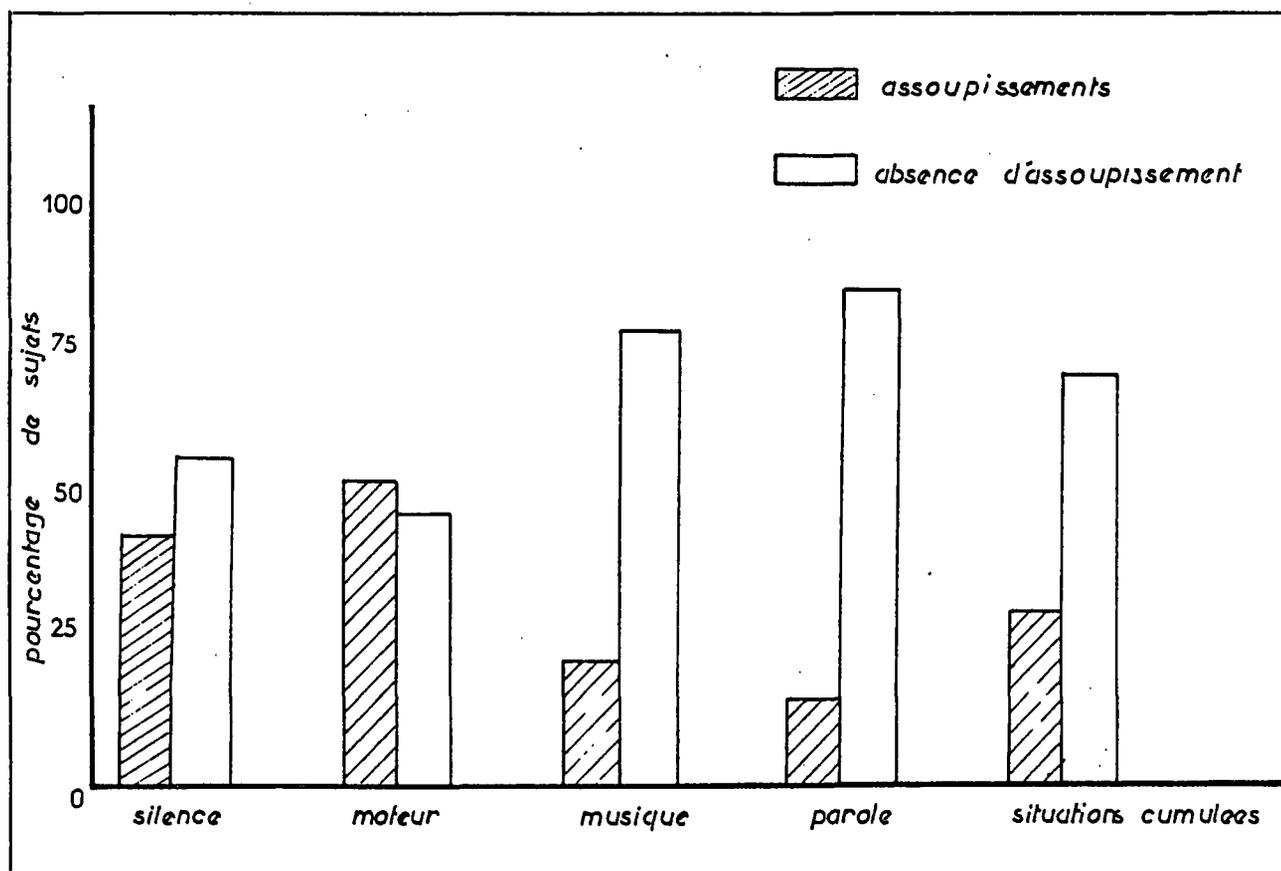
75 % des sujets localisent le plus grand nombre des assoupsissements dans le deuxième tiers de la durée du travail.

b) *Assoupsissements et autres signes de tendance au sommeil :*

On observe une très bonne concordance entre l'existence d'assoupsissements et celle des baisses d'attention. L'échantillon de sujets qui ne présente pas de baisses d'attention ne présente pas d'assoupsissements. L'inverse n'est pas vrai parce que les assoupsissements sont moins fréquents que les baisses d'attention; cependant, 30 % des sujets qui présentent des baisses d'attention font des assoupsissements; ce pourcentage atteint 55 % en « silence » et 65 % en « moteur ».

La différence de fréquence d'assoupsissements dans les deux échantillons est très significative (. 001).

Fig. 6. - Prise de conscience d'assoupsissements dans différentes ambiances sonores.



La concordance est aussi excellente entre fréquence des assouplissements et envie de dormir (.001). Parmi les sujets qui ont envie de dormir, la majorité (65 %) fait des assouplissements. Cette fréquence s'accuse encore pour les ambiances sonores non significatives : 75 % en « silence », 90 % en « moteur ».

La même concordance est constatée avec les bâillements (.005).

c) Assouplissements et qualité de la performance :

On constate pour toutes les ambiances sonores que la détection est plus mauvaise chez les sujets qui présentent des assouplissements. Toutefois, la valeur du *t* de Student n'atteint pas une signification suffisante (.20).

La même tendance est observée pour l'indice de dégradation; la différence entre moyennes est significative au seuil de .10 pour les données cumulées.

5) Synthèse des effets d'ambiance sonore :

L'ennui, l'envie de dormir, les signes de somnolence atteignent très différemment les sujets selon le type d'ambiance sonore qui constitue l'environnement auditif du travail.

Tableau VIII. — Effet comparé des différentes ambiances sonores sur l'ennui et sur la tendance au sommeil.

Pourcentage de sujets atteints.

	Silence	Moteur	Musique	Parole	Ambiances regroupées
Ennui .....	50	50	30	0	30
Envie de dormir .....	60	55	45	30	50
Bâillements ..	85	90	75	30	70
Baisse d'attention .....	80	80	70	55	70
Assouplissements .....	45	55	20	12	30

Le tableau VIII présente la synthèse des effets d'ambiance. Plusieurs faits se dégagent très clairement :

a) Comparé à l'effet du « silence », l'effet d'un bruit de moteur continu et régulier ne modifie pas essentiellement les conditions subjectives de la situation de travail, en ce qui concerne le sentiment d'ennui et les tendances au sommeil.

b) Comparés aux effets du « silence » et du bruit de moteur, les effets de la « musique » et de la « parole » sont remarquables. Ces deux dernières ambiances réduisent considérablement l'apparition de l'ennui et de l'endormissement. Le programme parlé, constitué d'histoires humoristiques, exerce un effet beaucoup plus déterminant que la musique.

6) Conclusions :

L'ennui, la tendance au sommeil, les signes de somnolence se rencontrent fréquemment en situation de

vigilance (70 % des sujets font état de baisses d'attention, 30 % sont victimes d'assouplissements).

La fréquence de ces défaillances doit être fortement soulignée, elle nous aide à comprendre pourquoi le nombre d'accidents inexplicables est si élevé.

Les données subjectives confirment les constatations objectives : l'action des ambiances sonores à contenu psychologique est très efficace puisqu'elle permet de soustraire la majorité des sujets à l'ennui et au sommeil. En favorisant la lutte contre la somnolence, ces ambiances sonores significatives augmentent l'efficacité opérationnelle des sujets.

D) EFFETS DE STIMULATION ET DE DISTRACTION DUS AUX BRUITS SIGNIFICATIFS

1 - L'ambiance sonore considérée comme facteur d'éveil

Les bruits significatifs ont été considérés comme facteur d'éveil par la grande majorité des sujets (90 %), et parole et musique ont sensiblement le même pouvoir de stimulation.

Pour la parole, le pouvoir de stimulation n'est lié ni à la familiarité des sujets avec le genre « histoires comiques » (fréquence des auditions chez soi ou en salle de spectacle) ni au niveau culturel (catégorie professionnelle). Pour la musique une légère tendance est observée qui lie le pouvoir d'éveil à la fréquentation musicale chez soi (.10) ou au concert.

La qualité de la performance a tendance à être meilleure chez les sujets qui considèrent la musique comme un facteur d'éveil (nombre moyen d'omission : .05; indice de dégradation : .20).

2 - L'ambiance sonore considérée comme facteur de distraction

De nombreuses observations psychologiques et neurophysiologiques soulignent la difficulté de distribuer son attention sur deux champs perceptifs de nature différente. On conçoit aisément que des bruits significatifs puissent exercer un effet de distraction (distraction étant prise au sens fort de transfert d'attention) aux dépens de la tâche visuelle.

Près de 65 % des sujets considèrent le bruit significatif comme un facteur de distraction : pour la musique et la parole le pourcentage est respectivement de 50 et 75 %.

Il existe une très bonne concordance (.02) entre l'effet de distraction dû à l'ambiance sonore et le sentiment d'ennui pendant le travail. L'image en miroir de la figure 7 est particulièrement suggestive.

3 - Bilan des effets de stimulation et de distraction des bruits significatifs sur la performance

a) Résultat du bilan

Il est intéressant de noter la manière dont les sujets peuvent évaluer l'effet favorable ou défavorable exercé sur leur rendement par un facteur d'ambiance

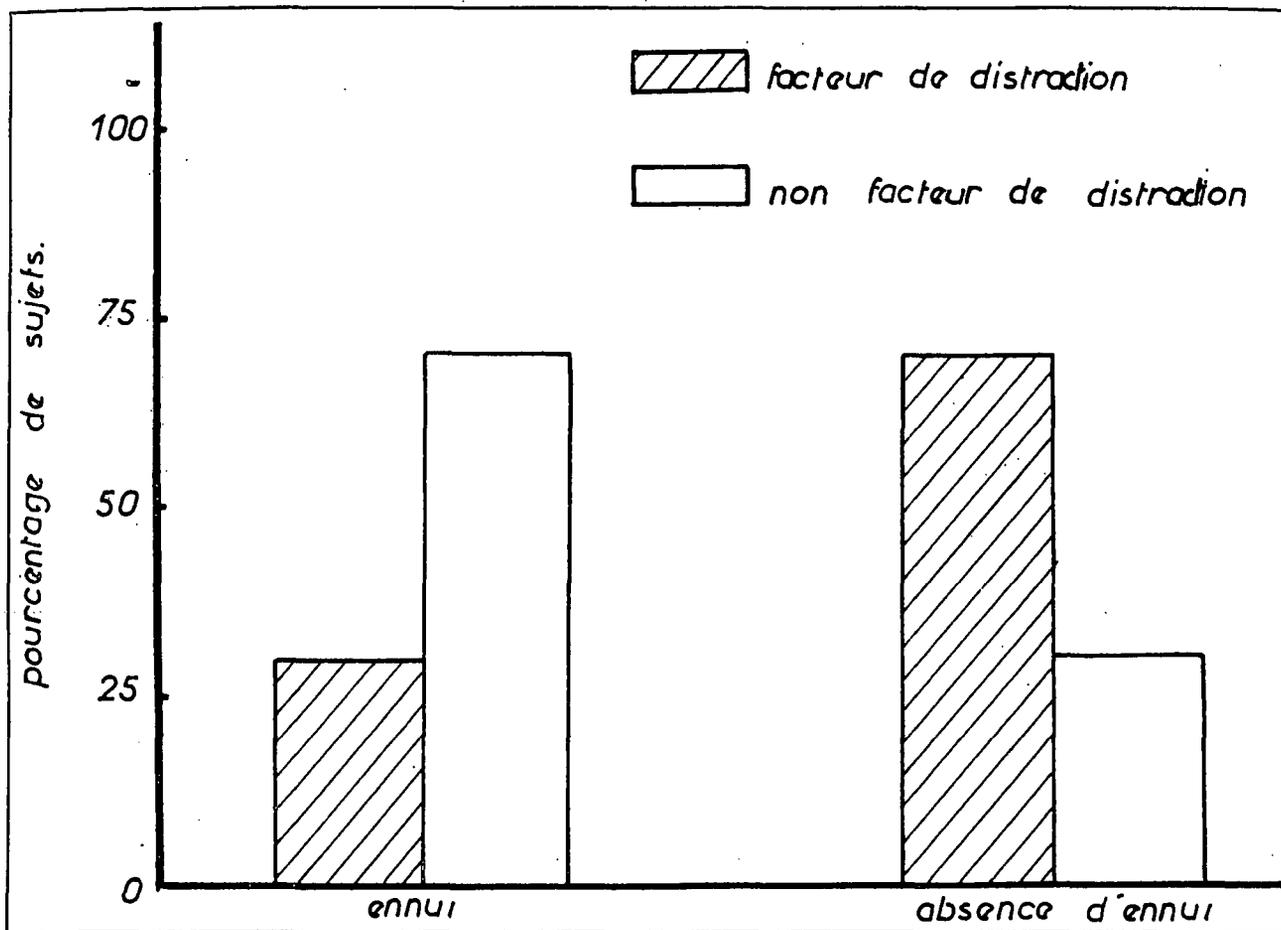


Fig. 7. - Ambiance sonore considérée comme facteur de distraction et sentiment d'ennui.

extérieur au travail proprement dit. Les sujets sont conscients des effets de stimulation et de distraction auxquels la présence de la musique et de la parole les ont exposés. Ils savent dégager l'action résultante : pour la majorité des sujets (70 %) elle est positive, l'action de la musique étant jugée plus souvent favorable que celle de la parole.

Un contrôle de la valeur du bilan estimé peut être trouvé dans la bonne concordance qui existe entre le résultat du bilan et l'effet d'éveil (.01) ou l'effet de distraction (.10).

#### b) Evaluation du bilan et tendance au sommeil

L'action de la musique est jugée favorable par tous ceux qui ont eu envie de dormir, alors que ceux qui étaient moins portés au sommeil sont moins unanimes à en souligner l'effet positif (.05). Ce résultat laisserait penser que l'action de la musique est jugée favorable par ceux surtout qui croient avoir bénéficié de son aide dans la lutte contre le sommeil.

En « parole » le résultat est plus douteux, mais le nombre des sujets qui eurent envie de dormir est plus faible, et l'aide apportée par la parole pour lutter contre le sommeil put, de ce fait, être moins évidente.

#### c) Estimation subjective du bilan des effets des bruits significatifs et qualité objective de la performance.

L'échantillon des sujets, estimant positif le bilan des effets des bruits, présente un nombre moyen d'erreurs par omissions significativement moins élevé que l'échantillon à bilan négatif. Ainsi l'estimation de l'effet des bruits sur la performance concorderait avec leur effet objectif.

#### 4 - Conclusions

Les bruits significatifs ont été considérés comme facteur d'éveil par 90 % des sujets (parole et musique sont sensiblement comparables), et comme facteur de distraction par 65 % des sujets (le pouvoir de distraction de la parole est nettement plus accusé que celui de la musique).

Le bilan de ce double effet de stimulation et de distraction est évalué comme favorable à la performance par 70 % des sujets (la musique est plus souvent jugée favorable que la parole).

On constate que les sujets évaluent de façon satisfaisante l'effet global de l'ambiance sonore sur leur travail. En effet, l'estimation de la résultante globale des effets des bruits significatifs sur le rendement pré-

sente une bonne concordance avec l'effet objectif exercé sur la qualité de la détection.

Par ailleurs, l'évaluation de l'action globale des bruits sur la performance apparaît en partie, liée à l'impression de gêne développée par le bruit (un bruit gênant est jugé défavorable), et liée tout particulièrement à son intensité subjective.

De façon générale l'intensité subjective est élevée et la grande majorité des sujets (85 %) auraient désiré réduire le volume sonore de l'ambiance. La moitié des sujets auraient volontiers interrompu le programme en cours de travail, surtout à cause du niveau de bruit trop élevé.

#### IV. AUTRES RÉSULTATS

##### A - LA MOTILITÉ SPONTANÉE, CRITÈRE DE VIGILANCE ET D'ADAPTATION PSYCHOLOGIQUE

La « quantité » de mouvements, de même que la cause attribuée aux mouvements, sont en bonne corrélation avec la tendance au sommeil et la gêne provoquée par le bruit.

Une motilité spontanée intense traduit la lutte contre les tendances au sommeil, mais, si le mouvement est en lui-même facteur d'éveil, il ne suffit pas à assurer une bonne performance puisque l'efficacité est en fin de compte inférieure à celle des sujets qui bougent peu, et seulement pour leur confort.

La motilité spontanée est donc un moyen d'auto-stimulation, même s'il n'atteint pas entièrement son but; elle est aussi l'expression de l'inconfort, non seulement postural mais psychologique. La « quantité » de mouvements est d'autant plus grande que la situation entraîne une plus grande gêne (corrélation positive avec l'ennui, l'intensité subjective du bruit, la pénibilité et la difficulté de la tâche).

L'enregistrement de la « quantité » de mouvements constituerait ainsi un paramètre psychophysique de grand intérêt dans les études de vigilance.

##### B - ÉVALUATION DE L'INTENSITÉ SUBJECTIVE DU BRUIT

Les bruits expérimentaux sont jugés par le plus grand nombre de sujets comme étant de forte intensité. Deux niveaux de référence choisis par les sujets permettent de situer cette intensité subjective sur les échelles de bruits habituellement admises. La majorité des sujets estime le niveau des ambiances sonores expérimentales supérieur à celui du bruit d'habitable des voitures de tourisme et inférieur à celui régnant à l'intérieur des voitures de métro. Dans les échelles d'évaluation subjective un tel niveau est classé comme équivalent à 80-90 db et est jugé « supportable mais bruyant ». Les niveaux de bruits que nous avons étudiés étant toujours ajustés sur 90 db, le jugement des sujets est donc, dans l'ensemble, satisfaisant.

Par ailleurs, 80 % des sujets qui ont constaté une

variation du volume sonore au cours du temps, estiment que le volume est diminué en fin de travail.

Cette variation d'intensité subjective est un résultat classique : elle rend compte de l'assourdissement temporaire observé lors de toute exposition au bruit.

La localisation temporelle de la variation d'intensité est imprécise, mais 70 % des sujets situent cette variation dans la deuxième moitié du travail (2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> demi-heure).

#### CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Sur le plan méthodologique, nous pensons avoir montré que les données subjectives sont d'autant plus sûres qu'elles sont plus proprement physiologiques, c'est-à-dire plus proches des sensations et perceptions non élaborées; qu'elles ont d'autant moins de valeur qu'elles supposent davantage une élaboration mentale (estimation de la qualité de la performance — estimation de la durée). D'autre part les résultats obtenus permettent de formuler des recommandations pratiques destinées aux usagers de la route et aux chercheurs qui devront poursuivre les investigations pour approfondir les lois qui régissent le comportement des usagers de la route.

##### RECOMMANDATIONS PRATIQUES DESTINÉES AUX USAGERS DE LA ROUTE

1 - La conduite automobile en conditions monotones (circulation solitaire, sur grandes lignes droites, surtout la nuit) présente de très sérieuses difficultés; à tout moment, une défaillance du système nerveux central peut survenir (perte de vigilance, baisses d'attention, assoupissements). Au-delà d'un certain degré de fatigue (surtout après privation même modérée de sommeil), la probabilité de défaillance croît très rapidement; la résistance à l'endormissement est encore diminuée l'après-midi par rapport au matin. Si cette plus grande vulnérabilité peut être imputée pour une part à la fatigue du début de journée, il semble que les influences digestives puissent jouer un rôle déterminant.

2 - Ces défaillances ne peuvent pas être évitées à l'ultime limite des possibilités nerveuses, car la défaillance survient fréquemment sans qu'aucun signe ne l'annonce : l'automatisme sensori-moteur peut se maintenir alors que la conscience de l'état psychophysique est déjà abolie. En conséquence, il ne faut surtout pas chercher à lutter contre le sommeil; quand l'envie de dormir se manifeste, il faut s'arrêter et dormir ne serait-ce qu'une demi-heure.

3 - Tout conducteur peut, en revanche, favoriser le maintien de son niveau d'éveil par des précautions simples :

- veiller au confort thermique en utilisant les possibilités d'aération de son habitacle : prises d'air, déflecteurs, ventilateurs permettent d'éviter les ambiances chaudes qui favorisent les dégradations de la vigilance.

• utiliser le récepteur radio de bord en ayant soin de ne jamais augmenter l'intensité sonore plus qu'il ne faut.

• adopter l'alternance comme règle générale de conduite : il semble que l'alternance dans les ambiances sonores, de même que l'alternance dans le rythme activité-repos, puisse favoriser considérablement le maintien de l'état vigile. En fait, nous anticipons là sur ce qui est encore une hypothèse de travail. Cette recommandation s'appuie sur un support théorique qu'il faut vérifier expérimentalement. La fréquence optimale d'alternance est en particulier à déterminer, que ce soit pour la succession de diverses ambiances sonores (silence, musique, parole) ou pour le rythme des pauses au cours des trajets de longue durée.

#### RECOMMANDATIONS POUR DES RECHERCHES ULTÉRIEURES

Nous avons mis en évidence, par l'expérimentation et par l'interrogatoire, un état du système nerveux du sujet qui se caractérise par une baisse de l'attention et la survenue d'absences, de « déconnexions » avec le réel et qui explique des négligences de conduite ayant des conséquences redoutables. Cette constatation majeure nous amène à formuler des propositions de recherches précises :

1 - Il semble très important de préciser la nature des

absences. Nous les avons assimilées à des assoupissements car le contexte des données recueillies nous y engageait. Seuls des enregistrements bioélectriques nous permettraient d'obtenir plus de certitude; nous pensons à l'électrocardiographie, et surtout à l'électro-encéphalographie.

2 - La nature, mais aussi la fréquence et la durée des absences, doivent être précisées. Or, la périodicité des signaux de l'Épreuve de Vigilance Routière est telle que certaines fluctuations de la vigilance peuvent passer inaperçues étant donné la nécessaire rareté des signaux. Nous proposons l'adoption d'une tâche centrale continue et facile à exercer pour compléter l'investigation effectuée à l'aide de la détection périphérique de l'Épreuve de Vigilance Routière.

Étant donné le mode de détection adopté par la grande majorité des sujets (détection en vision périphérique), l'addition d'une tâche centrale — à condition qu'elle soit très facile — ne changera pas fondamentalement la nature de l'épreuve utilisée jusqu'alors.

3 - La confrontation des données objectives et subjectives que nous avons poursuivie met clairement en évidence l'intérêt de la motilité spontanée pour traduire à la fois la lutte des sujets contre l'endormissement et le degré de gêne qu'ils ressentent. Cette constatation suggère l'utilisation des enregistrements actographiques pour contrôler la motilité des sujets en situation de vigilance.

#### SUMMARY

The purpose of the study is to compare :

1° objective results of laboratory vigilance tests,

2° answers given by test subjects to questions that were designed to determine how they rated their own performances and how they judged their behaviour during the test.

Experiments have been conducted in four different sound environments (silence, noise, speech, music). Four criterious have been used to measure the level of performances:

— the number of signals perceived, used in the first results preciously published by Dr. Tarrière.

— the total number of signals unperceived

— the number of mistaken perceptions

— an index of discrimination decrement.

Estimates of the first three criterious, given by the subjects, of the total test duration and of intervals between signals have been used as "subjective" variables.

Indications were made available on the mental activity of the subjects, on their sensitivity to the sound intensity and their mobility, and on the frequency of periods of lessening attention and drowsiness.

Relations between these variables show that subjective data are more reliable when they are directly linked to pure sensations and perceptions.

The influence of environmental sound stimuli on vigilance is verified : music and speech help maintain a good performance and facilitate automatic perceptions.

## BIBLIOGRAPHIE

1. BAKAN (P.)  
Discrimination decrement as a fonction of time in a prolonged vigil.  
*J. Exp. Psychol.* 1955, 50, 387-390.
2. BAKER (C.H.)  
Attention to visual displays during a vigilance task.  
I. - Biasing attention.  
*The Brit. J. of Psychol.* 1958, 49, 4.
3. BAKER (C.H.)  
Attention to visual displays during a vigilance task.  
II. - Maintening the level of vigilance.  
*The Brit. J. of Psychol.* 1959, 50, 1.
4. BROADBENT (D.E.)  
Noise, paced performance and vigilance tasks.  
*Brit. J. Psychol.* 1953, 44, 295-303.
5. BROADBENT (D.E.)  
Effect of noise of hight and low frequency on behaviour.  
*Ergonomics.* 1957, 1, 1.
6. BROADBENT (D.E.)  
Perception and Communication.  
Pergamon Press London . 1958.
7. BURSILL (A.E.)  
The restriction of peripheral vision during exposure to hot and humid conditions.  
*Quart. J. Psychol.* 1958, 10, 113-129.
8. COLQUHOUN (W.P.)  
The effect of a short rest-pause on inspection efficiency.  
*Ergonomics.* 1959, 2, 4.
9. FRAISSE (P)  
*Psychologie du temps.* 1957 - PUF - Paris.
10. FRASER (D.C.)  
The relation of an environ mental variable to performance in a prolonged visual task.  
*Quart. J. Exp. Psychol.* 1953, 5, 31-32.
11. JENKINS (H.M.)  
The effect of signal-rate on performance in visual-monitoring Amer.  
*J. Psychol.* 1958, 71, 647-661.
12. JERISON (H.J.)  
Effects of noise on Human performance  
*J. of Appl. Psychol.* 1959, 43, 2, 96-101.
13. LEPLAT (J.)  
Travaux de Surveillance et d'Inspection.  
*Bull. du CERP.* 1962, XI, 2, 155-175.
14. LEPLAT (J.)  
Dispersion des signaux et niveau de vigilance.  
*L'Année Psychologique,* 1962, 1, 17-28
15. LOEB (M.) and JEANTHEAU (G.)  
The influence of noxious environmental stimuli on vigilance.  
*J. of Appl. Psychol.* 1958, 42, 1.
16. MACKWORTH (N.H.)  
Researches on the measurement of Human-Performances  
Medical Research Council Special. Report Series n° 268.  
H.M. Stationery Office. 1950.
17. METZ (B.)  
Aspects psychologiques du travail à la chaleur. Le Travail à la chaleur.  
*La Revue de Métrologie.* Ed. Paris. 1960.
18. METZ (B.) et Coll.  
Fatigue et Sécurité. Centre d'Etudes de Physiologie appliquée au travail.  
Faculté de Médecine de Strasbourg. 1960.
19. PROKOP (O.) and PROKOP (L.)  
Ermüdung und Einschlafen am Stever (Fatigue et endormissement au volant). *Zentralblatt fur Verkehrs-medizine und Verkehrs.*  
*Psychologie.* 1955, 10, 1, 1, 19-29.
20. SIDALL (G.J.) and ANDERSON (D.M.)  
Fatigue during prolonged performance on a simple compensatory tracking task.  
*Quart. Journal Exp. Psychol.* 1955, 7, 159-165.
21. STEVENSON (W.G.)  
Comfort and fatigue in vehicule riding.  
*Mira.* 1951 - 5. Hillingdon Press, Uxbridge, Middlesex (Great-Britain).
22. TARRIERE (C.)  
Un moyen d'étude des accidents inexplicés : l'épreuve de vigilance.  
Thèse Méd. Paris 1960 - Editions RNUR, Billancourt (Seine), 115 pages.
23. TARRIERE (C.) et WISNER (A.)  
L'épreuve de vigilance.  
*Psychologie Française.* 1960, V, 4, 261-283.
24. TARRIERE (C.)  
Baisse de vigilance et accidents de la route - Etudes expérimentales - Communication aux Assises Nationales sur les accidents de la route.  
*Revue automobile médicale.* 1961, 96, III, 11-21.
25. TARRIERE (C.)  
Baisse de vigilance et accidents de la route.  
*Via Secura.* 1961, Bruxelles.
26. TARRIERE (C.) et WISNER (A.)  
Effets des bruits significatifs et non significatifs au cours d'une épreuve de vigilance.  
*Le Travail Humain.* 1962, 1 et 2, 1-28.
27. WILKINSON (R.T.)  
Rest pauses in a task affected by lack of sleep.  
*Ergonomics.* 1959, 2, 4, 373-380.
28. WILKINSON (R.T.)  
The effect of lack of sleep on visual watch-keeping.  
*Quaterly J. of Exp. Psychol.* 1960, XII, 1, 36-40.
29. WISNER (A.)  
Vigilance et accidents du travail, III<sup>e</sup> Congrès mondial de la Prévention, Colloque Métallurgie.  
U.I.M.M. Edit. Paris 1962.
30. WISNER (A.) et TARRIERE (C.)  
Les effets des bruits sur la vigilance en fonction de leurs caractéristiques physiques et psychophysiologiques.  
A paraître in *Acustica.*

