

ORGANISME
NATIONAL DE
SÉCURITÉ
ROUTIÈRE

EFFETS DE
L'OXYDE DE CARBONE
ET DE LA NICOTINE
EN CONDUITE
AUTOMOBILE

Bulletin n° 14
Août 1965

CDAT
15062

ÉTUDE DES EFFETS DE L'OXYDE DE CARBONE ET DE LA NICOTINE CONTENUS DANS LA FUMÉE DE TABAC SUR L'EXÉCUTION D'UNE TÂCHE SIMULANT LA CONDUITE AUTOMOBILE

F. HARTEMANN
et C. TARRIÈRE

L'étude dont on va lire un compte rendu de synthèse 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. Les différentes étapes de la recherche ont été l'occasion de rapports séparés qui peuvent être consultés dans les bureaux de cet organisme.

RÉSUMÉ

Le conducteur automobile est-il affecté dans son comportement par le taux assez élevé d'oxyde de carbone auquel il est exposé? La présente étude est destinée à apporter des éléments de réponse à cette question.

L'oxycarbonémie a été provoquée par l'intermédiaire de la fumée de tabac. 24 fumeurs ont été soumis à une tâche de vigilance proche de la conduite automobile, qu'ils ont effectuée dans deux conditions : avec et sans tabac. La tâche dure 150 minutes. La performance s'avère meilleure lorsque les sujets exécutent la tâche en fumant bien que l'intoxication oxycarbonée ait été sérieuse (taux moyen : 1,5 ml de CO pour 100 g de sang) que lorsqu'ils l'effectuent en s'abstenant de fumer depuis la veille. On note également, qu'avec tabac, les fumeurs réalisent une performance stable, alors que les 42 non-fumeurs constituant le groupe contrôle ont un comportement dont l'efficacité décroît au cours de l'épreuve.

La fréquence cardiaque des sujets est enregistrée en continu pendant la tâche. Elle est la plus élevée chez les fumeurs avec tabac et la plus basse chez les fumeurs sans tabac, tandis que celle des non-fumeurs se situe à un niveau intermédiaire. Cette hiérarchie correspond exactement à celle des performances. Il en ressort que les niveaux d'excitation générale sont différents chez les trois groupes de sujets comparés.

Par ailleurs la fréquence cardiaque diminue du début à la fin de l'épreuve. La diminution est moins accusée chez les fumeurs avec tabac que dans les deux autres groupes. Cependant, quand la performance s'améliore en fin d'épreuve, la fréquence cardiaque continue de ralentir. Celle-ci représente un critère utile mais encore insuffisant pour rendre compte de la diversité des phénomènes de comportement observés en situation d'activité monotone.

On vérifie ensuite que la supériorité manifestée par les fumeurs, au point de vue de la stabilité de leur performance en particulier, est due exclusivement au tabac et non à un trait de personnalité qui leur serait propre. A ce sujet on constate que fumeurs et non-fumeurs sont répartis de façon aléatoire sur la dimension extraversion-introversion et on montre que l'effet favorable du facteur introversion sur la performance est additif à l'effet favorable du tabac.

Un essai d'analyse est effectué en dernier lieu, destiné à identifier les effets respectifs de la nicotine et de l'oxyde de carbone. On constate que la combinaison nicotine - CO, telle qu'elle est réalisée dans la fumée de tabac, est plus favorable à la vigilance que la nicotine seule ingérée par voie orale. Comme il est difficile de mettre cet effet au compte de l'oxyde de carbone, il est suggéré que la nicotine est beaucoup moins stimulante lorsqu'elle est absorbée par voie orale (donc par voie digestive) que lorsqu'elle est absorbée en inhalation par les voies respiratoires.

En outre il n'est pas permis de déduire, à partir de tels résultats, que la consommation de cigarettes ne cause pas de préjudice au conducteur d'automobile.

Celui-ci est en effet exposé à des sources d'oxyde de carbone qui, s'ajoutant au CO de la fumée de tabac, provoquent chez lui une oxycarbonémie supérieure au seuil critique établi par les hygiénistes. De plus l'effet stimulant du tabac sur la vigilance pourrait s'atténuer ou disparaître si des exigences énergétiques se superposaient aux exigences de surveillance proprement dite.

Compte tenu des distorsions que paraissent subir les effets attendus de l'oxyde de carbone en raison de sa combinaison aux autres constituants de la fumée de tabac, et des limites imposées de ce fait à la recherche effectuée, il paraît souhaitable de s'orienter vers les dispositions suivantes :

1. — Détermination du taux d'oxycarbonémie présentée par un échantillon de sujets fumeurs et non-fumeurs conduisant dans des conditions contrôlées et standardisées (conducteurs effectuant des essais d'endurance sur circuit fermé).
2. — Réalisation en laboratoire d'ambiance présentant une surcharge de CO permettant de provoquer des taux d'oxycarbonémie équivalents ou légèrement supérieurs à ceux observés dans l'expérience de conduite réelle.
3. — Étude des réactions psychophysiologiques manifestées au cours d'une tâche effectuée dans l'ambiance réalisée et simulant la conduite automobile.

Deux groupes de sujets seront observés :

- un groupe de non-fumeurs exposés au seul oxyde de carbone ambiant;
- un groupe de fumeurs exposés, en outre, au CO qu'ils absorberont par la fumée de tabac.

I.— INTRODUCTION

On sait que le conducteur d'automobile est exposé à un taux non négligeable d'oxyde de carbone provenant de la pénétration, dans l'habitacle, d'une faible partie des gaz de combustion; mais la preuve n'a pas encore été établie que cet agent de pollution constituait un facteur d'accident.

Cette hypothèse apparaît pourtant bien fondée : elle se réfère aux effets dépressifs du CO sur le système nerveux central et à l'altération qu'il provoque sur le plan de la vision. (Mac Farland 1946).

Des travaux ont été entrepris (FORBES et Coll., 1937), consistant à soumettre des sujets à des concentrations d'oxyde de carbone égales aux taux moyens observés au niveau de l'habitacle des véhicules et à leur faire exécuter des tâches reproduisant certains types d'activités requis par la conduite : perception de mouvements, de vitesses, de relief, freinage rapide etc...

Le CO ne s'avère défavorable à l'exécution correcte de ces épreuves que pour un taux d'oxycarbonémie très supérieur à celui que peut présenter le conducteur automobile.

Est-ce à dire qu'il n'y a rien à attendre de ce genre de recherche?

Les connaissances acquises en matière d'accidents incitent au contraire à poursuivre ces travaux, dans une perspective nouvelle, et à se poser la question suivante : l'hypoxie cérébrale et l'élévation du seuil de la vision (1) que provoque le CO ne perturbent-elles pas la capacité du conducteur à intégrer sans délai les informations critiques que transmettent, dans une situation monotone — conduite de nuit sur une voie droite, par exemple — les incidents inattendus, parce que rares et aléatoires?

Nous nous sommes proposés d'aborder ce problème en pensant que, même à faible taux, l'oxyde de carbone était susceptible de dégrader le comportement de sujets placés dans de telles situations, dites de vigilance, précisément parce qu'un taux anormal de CO devrait affecter les fonctions qu'une tâche de vigilance mobilise.

La réalisation d'une ambiance contrôlée d'oxyde de carbone dans une salle d'expérimentation présentait des difficultés techniques que nous avons éludées en utilisant la fumée de tabac comme source de CO. Du même coup, notre étude prenait des dimensions qui dépassaient le cadre initialement projeté.

La fumée de tabac est, certes, propre à provoquer chez le fumeur une oxycarbonémie égale, voire supérieure, à celle que peut subir un conducteur de véhicule (2), mais elle contient d'autres éléments, la nicotine en particulier, dont les effets ne vont pas du tout dans le même sens que ceux du CO.

Le nouveau problème posé pouvait donc s'énoncer

(1) Elle-même due sans doute à l'hypoxie rétinienne.

en termes d'étude des effets de la fumée de tabac dans une tâche de vigilance.

Les spécialistes de l'oxyde de carbone auront raison de considérer que nous nous éloignons ainsi de leur domaine : nous en sommes persuadés également, mais cet écart nous met de plein pied dans un secteur de recherche dont la portée intéresse une proportion importante de la population des conducteurs.

L'opinion couramment répandue prête à la cigarette des vertus diverses, souvent opposées. On lui conteste rarement, cependant, son pouvoir stimulant sur le conducteur effectuant un trajet monotone de longue durée. Est-ce bien fondé? L'éthylique, en ce qui le concerne, se défend d'être perturbé par l'alcool et pourtant... En est-il de même pour la fumée de tabac?

II. — PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE

II - 1. Hypothèses de départ.

Il est curieux de constater que malgré son importante consommation par le public, le tabac n'a pas encore été étudié au point de vue de ses effets sur le comportement. A plus forte raison n'a-t-on jamais abordé le problème de son influence sur le comportement de sujets effectuant une tâche de vigilance proche de certaines situations de conduite automobile.

Si nous soulignons cette lacune, on voudra bien considérer que ce n'est pas pour faire valoir l'originalité de notre travail mais bien pour marquer qu'en l'absence d'observations antérieures sur ce sujet, la présente recherche a été entreprise sans aucun a-priori. Les seules hypothèses de départ s'appuient sur la connaissance acquise des effets physiologiques spécifiques des deux principaux constituants de la fumée de tabac : à savoir la nicotine et l'oxyde de carbone.

L'intérêt porté à de tels effets trouve sa justification dans la nature particulière de la tâche qui constitue la situation expérimentale étudiée. Cette tâche, dont nous indiquerons plus loin les caractéristiques, est, en effet, sensible aux fluctuations du niveau d'éveil

(2) On fixe généralement à 1 cm³ % de CO dans le sang le taux atteint par la moyenne des fumeurs (ce taux peut atteindre 2,5 cm³ % chez les personnes fumant 20 cigarettes et plus par jour).

MOUREU et collaborateurs (1962) montrent que 50 % des 300 conducteurs qu'ils ont examinés présentent un taux supérieur à 0,9 % de CO dans le sang.

Le taux de pollution en CO d'une atmosphère s'exprime en fonction du volume total et l'unité la plus utilisée est le nombre de parties par million (p.p. m).

Le taux d'oxycarbonémie de l'organisme s'exprime indifféremment en :

— pourcentage d'hémoglobine saturée en CO (% d'HbCO)

— pourcentage de CO contenu dans le sang (ml ou cm³ de CO pour 100 ml ou 100 g de sang).

La correspondance entre ces deux évaluations s'établit selon une relation simple :

à 100 % d'HbCO correspondent 25 ml ou cm³ de CO pour 100 g de sang.

donc le taux d'HbCO = 4 (ml de CO/100 g de sang).

L'équivalence entre la teneur d'une atmosphère en CO et le taux d'HbCO est donnée par la formule suivante :

HbCO % = 0,16 C, où C représente la concentration de l'air en CO, exprimée en p. p. m.

des sujets : si ce niveau est élevé, la probabilité d'une bonne performance est forte; par contre un abaissement de ce niveau d'éveil est susceptible d'entraîner une chute d'efficacité. Or la nicotine et l'oxyde de carbone, par leur action sur le système nerveux central, sont de nature à provoquer des variations du niveau d'éveil des sujets soumis à leur influence. Dans quel sens agissent-ils l'un et l'autre?

La nicotine joue le rôle d'un stimulant du système nerveux central. Ce fait a été mis en évidence par enregistrement de l'électrocorticogramme (LIBET et GERARD, 1938; LONGO et BOVET, 1952; KNAPP et DOMINO, 1961; cités par SILVETTE et Coll., 1962). Toutefois les doses utilisées par les auteurs dépassaient les doses effectivement absorbées par un fumeur : celui-ci, dans la mesure où il inhale la fumée, absorbe en moyenne 2 mg de nicotine par cigarette. A de tels taux, les modifications de l'EEG sont peu apparentes. Cependant d'autres réactions de l'organisme sont nettes : accroissement de la sécrétion d'adrénaline, élévation de la fréquence cardiaque et du seuil de fréquence critique de fusion. Elles témoignent toutes, sans conteste, d'un phénomène d'activation du système nerveux imputable à la nicotine au taux auquel le fumeur est exposé.

Sur la base de ces seules réactions, on serait en droit d'attendre du tabac qu'il facilite l'exécution d'une tâche de vigilance, si les effets de l'oxyde de carbone n'étaient pas opposés à ceux de la nicotine.

Rappelons que l'oxycarbonémie moyenne des fumeurs est d'environ 1 cm³ % de CO dans le sang; elle peut être beaucoup plus élevée chez les personnes qui fument 20 cigarettes et plus par jour, jusqu'à atteindre un taux de 2,5 cm³ % de CO, ce qui correspond à la saturation résultant d'une exposition de 8 heures à une concentration de CO de 0,1 % dans l'atmosphère : soit le seuil critique défini par les hygiénistes industriels.

Soumis à une telle intoxication, les fumeurs ne devraient pas échapper à un effet dépressur du CO, qui s'exerce à l'encontre du pouvoir stimulant de la nicotine. Quelle est l'importance exacte de cet effet dépressur par rapport à l'autre? Aucune donnée expérimentale n'en fait mention. Les seuls travaux connus, qui portent sur les effets comportementaux du CO en ambiance contrôlée, font état d'un certain déficit psycho-moteur des sujets, mais ceux-ci ont été soumis à une intoxication oxycarbonée très supérieure à celle du fumeur (FORBES, 1937). On sait également que l'hypoxie (en altitude et en caisson) entraîne des déficits pour de nombreuses fonctions, en particulier pour les fonctions visuelles, mais il s'agit d'hypoxies supérieures à celles du fumeur moyen.

Il reste à déterminer si les effets de l'oxyde de carbone sont réductibles à ceux de l'hypoxie qu'il provoque.

Il ressort donc, au terme de cette brève présentation, que les données en présence n'aident guère à établir un pronostic sur le comportement probable des

fumeurs en situation de vigilance. Car même à supposer que soit très précisément connue l'importance relative de chacun de ses deux constituants essentiels, l'incertitude subsisterait au sujet des conséquences de leur action conjuguée dans la fumée de tabac.

De plus on sait que d'autres composants sont susceptibles d'intervenir; en quantité faible, sans doute, et physiologiquement tenue pour négligeable, mais les tâches de vigilance sont sensibles aux petites modifications qui surviennent soit au niveau de l'environnement soit au niveau de l'organisme des sujets, au point qu'on soit toujours tenu d'accepter l'éventualité d'une intervention de facteurs de ce genre, même si leur effet physiologique est anodin.

Enfin, et comme pour décourager l'élaboration de toute hypothèse solide au seuil de cette recherche, EYSENCK (1960) rapporte qu'une nette corrélation apparaît entre le fait de fumer et le trait de caractère dit « extraversion ». Cette observation n'est pas qu'anecdotique : on sait depuis peu (BAKAN, 1959; COLQUHOUN, 1960, 1962) que ce trait de personnalité est lié à un type particulier de performance en situation de vigilance.

Compte tenu de cet ensemble de données et pour tenter de répondre au problème posé, la présente recherche a été conduite en trois étapes.

— Nous avons cherché à évaluer l'effet global de la fumée de tabac en termes de modification de l'efficacité dans une activité monotone de longue durée; modifications conjuguées aux variations physiologiques du niveau d'éveil généralisé de l'organisme, reflétées par des paramètres bioélectriques.

— Dans un deuxième temps — qui constituait comme une parenthèse explicative dans le cours de l'étude — il a été procédé à une enquête psychologique visant à identifier certains traits de personnalité des sujets; ceci pour déterminer si les comportements des fumeurs observés en première étape étaient imputables exclusivement à la fumée de tabac ou en partie à leur personnalité, qui eût pu être différente de celle du groupe contrôle.

— Un essai d'analyse plus fine a été effectué en dernier lieu, destiné à étudier séparément autant qu'il était possible, les effets de la nicotine et ceux du CO. Tentative difficile, comme on le verra, car ces deux facteurs n'étaient pas purs dans leur intervention.

II-2. Première étape : Étude de l'effet global de la fumée de tabac sur une tâche de surveillance

II-2-1. La conduite simulée comme activité soumise au facteur expérimental.

Les chercheurs qui ont étudié la conduite automobile en laboratoire ont utilisé différents dispositifs expérimentaux qui ont en commun d'être essentiellement une tâche de poursuite. Dans ce type d'activité, l'opérateur humain doit ajuster de façon continue un repère qu'il contrôle à une cible animée d'un mouvement aléatoire. Cet ajustement continu exige un niveau

d'attention très soutenu excluant toute distraction. Ce modèle pourrait rendre compte de la conduite sportive, mais il nous semble requérir des exigences excessives par rapport à celles de la conduite réelle qui ne mobilise pas en permanence la capacité globale d'attention disponible. BROWN et POULTON (19) ont montré, par l'utilisation de la technique de la tâche subsidiaire en conduite réelle, qu'il existe une capacité de réserve que le sujet met en œuvre en situation critique ou pour compenser un accroissement des difficultés lié à un état de fatigue ou d'agression.

Il nous semble que la conduite sur route peut être considérée comme une tâche de poursuite facile, lâche, tant dans ses dimensions spatiales (ajustements sur la cible) que dans ses dimensions temporelles. (Les corrections effectuées à un niveau conscient sont espacées et peuvent généralement être anticipées plus ou moins directement).

En fait, un modèle simple ne peut suffire à caractériser une situation aussi complexe que la conduite et nous serions tentés de faire intervenir deux types d'activité :

- une activité de « croisière » pourrait-on dire, facile à effectuer, semi-automatique et physiologiquement accomplie à un niveau sous cortical ;
- une activité de « pointe » faisant appel aux facultés supérieures, exigeant de la rapidité dans le jugement et la prise de décision. Effectuer un dépassement à vitesse rapide avec une circulation en sens opposé est toujours une manœuvre dangereuse, source de nombreux accidents, et constitue un exemple élémentaire de cette activité de « pointe ».

Le propre de la conduite serait de faire passer de façon quasi-instantanée et aléatoire d'un niveau d'activité à l'autre; c'est-à-dire que la conduite automobile à cette particularité de permettre la distraction, le rêve, de favoriser un certain relâchement de l'attention et de l'éveil et soudain d'exiger une réaction rapide et parfaitement adaptée à une situation critique où une seule décision peut être salvatrice.

Le modèle de la conduite consisterait donc essentiellement à représenter ces deux niveaux d'activité et son intérêt serait de permettre d'analyser la capacité de l'homme de passer d'un niveau à l'autre, de se mobiliser de façon instantanée en face de l'événement rare et imprévu.

Nous avons réalisé une simulation aussi proche que possible de ce modèle : une tâche de guidage très facile requiert un niveau d'activité semi-automatique; un deuxième niveau d'activité est représenté par une tâche de vigilance où un signal critique rare et imprévisible doit être détecté en situation monotone. La tâche de guidage, de par les caractéristiques temporelles de l'activité qu'elle implique, est assez proche de l'activité de conduite sur route :

- la cible est large et le mobile se déplace lentement, ce qui permet au sujet de rester 20 secondes sans intervenir ;

- le sujet peut anticiper sur le déplacement ;
- l'inversion du sens de déplacement — événement fortuit — peut à tout moment interdire toute anticipation.

La tâche de vigilance consiste à détecter l'apparition de signaux lumineux rares (8 par demi-heure), surveillant des deux côtés de la route, en une séquence aléatoire reproduite toutes les 30 minutes pendant les 150 minutes de la tâche.

On enregistre en continu, en plus des paramètres opératoires (réponses du sujet, émission des signaux, parcours du mobile lumineux et dépassements éventuels au cours de son guidage) l'électroencéphalogramme, la fréquence cardiaque et les mouvements du sujet sur le siège du poste de conduite.

II-2-2. Organisation générale des expériences.

Lorsqu'il s'agit d'expérimenter sur les effets de l'alcool ou de toute autre drogue, la manipulation du facteur que l'on fait intervenir ne présente pas de difficulté. La drogue est introduite dans l'organisme à une valeur connue qui dépend, s'il y a lieu, du poids des sujets. Le plus souvent un placebo est appliqué à un groupe, pour que soit contrôlé l'effet de suggestion possible. On dispose également d'une grande liberté d'échantillonnage.

Les conditions sont tout autres lorsqu'il s'agit d'une expérimentation sur le tabac.

Les effets de la fumée de tabac ne sont mis en évidence qu'à condition qu'elle soit inhalée; ceci exclut qu'on puisse soumettre des non-fumeurs à un tel traitement. Les perturbations organiques qu'il déclencherait les obligeraient à abandonner la tâche sans retard. Le choix des sujets est donc nécessairement porté vers des fumeurs habituels inhalant la fumée.

A partir d'une telle nécessité, la procédure la plus satisfaisante consisterait à les soumettre à deux situations expérimentales :

- l'une au cours de laquelle ils fumeraient normalement;
- l'autre avec une consommation très supérieure à leur consommation courante.

Cette procédure n'est pas praticable. L'expérimentateur s'exposerait en effet à voir chaque sujet limiter sa consommation de cigarettes en deuxième condition de passation pour se maintenir en état de fournir un résultat correct à l'épreuve proposée. Les différences de consommation entre les deux conditions seraient très sûrement minimales. Seuls atteindraient un niveau de consommation élevé les sujets peu préoccupés par le niveau de leur performance ou les moins perturbés sur le plan organique : l'information ainsi acquise serait peu exploitable.

Nous nous sommes donc orientés vers la solution

suivante : les fumeurs ont été testés dans deux situations :

- avec tabac;
- sans tabac.

Ils ont été répartis en deux sous-groupes :

Les 12 sujets du sous-groupe I subissent une première passation avec tabac, c'est-à-dire qu'ils fument depuis le début de la journée après avoir fumé normalement la veille. Ils passent une deuxième fois — quinze jours plus tard, en moyenne — en étant à jeun de tabac toute la journée, c'est-à-dire depuis la veille, ce qui représente 16 heures d'abstention quand commence l'expérimentation proprement dite.

Les 12 sujets du sous-groupe II passent les épreuves dans les conditions inversées : c'est-à-dire une première fois sans tabac, une deuxième fois avec tabac. L'ensemble de ces fumeurs inhale la fumée en totalité.

Deux groupes de non-fumeurs sont utilisés comme groupes-contrôle.

Un premier groupe contrôle est constitué par un échantillon de 42 sujets passant l'épreuve dans des conditions normales pour eux, donc sans tabac.

Un deuxième groupe est formé de 9 sujets auxquels il est demandé d'allumer quelques cigarettes en cours d'épreuve, sans toutefois les consommer.

II-2-3. Résultats.

Le taux d'intoxication présenté par les fumeurs et la quantité de tabac fumé seront indiqués tout d'abord. Les résultats liés aux performances des sujets seront ensuite analysés et commentés. On verra que leur confrontation avec les informations fournies par les enregistrements de la fréquence cardiaque apporte des enseignements utiles et permet de mieux analyser le comportement psycho-physiologique des sujets en situation de vigilance.

Les enregistrements électroencéphalographiques constituent une somme d'informations disponibles dont l'exploitation n'a pas été intégrée à la présente étude.

II-2-3-1. Taux d'intoxication tabagique réalisée.

Les quantités moyennes de tabac fumé par les sujets au cours de leur passation « avec tabac » ont été respectivement de :

- 7,75 g avant l'épreuve ;
- 5,91 g pendant l'épreuve.

Ces valeurs s'entendent déduction faite du poids des bouts de cigarette non consommés.

Les *taux d'oxycarbonémie* présentés par les fumeurs ont été déterminés par analyse du sang prélevé en fin d'expérience; ils résultent donc d'une exposition de l'organisme à une consommation discontinue de cigarettes pendant neuf heures (dans le cas des fumeurs avec tabac) et à une privation de tabac pendant 19 heures en moyenne (dans le cas des passations sans tabac).

L'effet du tabac sur l'oxycarbonémie est nettement mis en évidence.

Taux moyen d'oxycarbonémie de 21 fumeurs (1)

AVEC TABAC	1,55 ml/100 g de sang	$\sigma = 0,55$
SANS TABAC	0,45 ml/100 g de sang	$\sigma = 0,39$

La dispersion des valeurs est plus grande en condition « avec tabac »; ceci ne surprend pas étant donné que le facteur tabac est intervenu avec un poids assez variable selon les sujets, tandis que la durée prolongée de l'abstention a contribué à uniformiser les taux d'oxycarbonémie relevés en condition « sans tabac » (fig. 1).

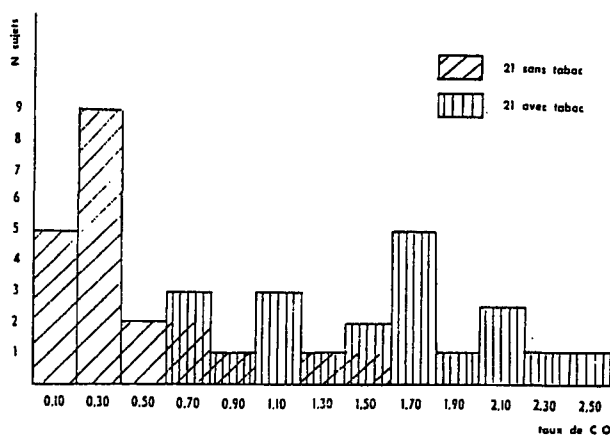


Fig. 1. — Taux d'oxyde de carbone présenté par 21 fumeurs avec et sans tabac.

La corrélation attendue entre les taux de CO individuels obtenus sous l'effet du tabac et le poids de tabac fumé s'est avérée non significative. Ceci nous a amenés à rechercher une correspondance plus grossière en différenciant les « grands » et les « petits » fumeurs. Établie sur la base de la consommation habituelle estimée par les sujets eux-mêmes, cette dichotomie fixe à 20 cigarettes par jour la consommation individuelle de partage permettant de grouper 11 grands fumeurs (20 cigarettes et plus) et 10 petits fumeurs (de 12 à 20 cigarettes). Cette distinction correspond exactement à celle qui a pu être établie à partir des poids de tabac fumés par chaque sujet le jour de l'épreuve. Le taux de CO présenté par les grands fumeurs s'avère plus élevé que celui des petits fumeurs à l'issue d'une journée passée en fumant (fig. 2).

Par contre, et ceci peut surprendre, le taux résiduel moyen des grands fumeurs n'est pas plus élevé, après vingt heures de privation de tabac, que le taux résiduel présenté par les petits fumeurs; il est au contraire légèrement inférieur (la différence n'est pas cependant significative).

Cette différence rendrait compte d'une fixation plus

(1) 2 des 24 sujets n'ont pas subi de prise de sang et l'un des dosages effectués a révélé un taux de CO aberrant.

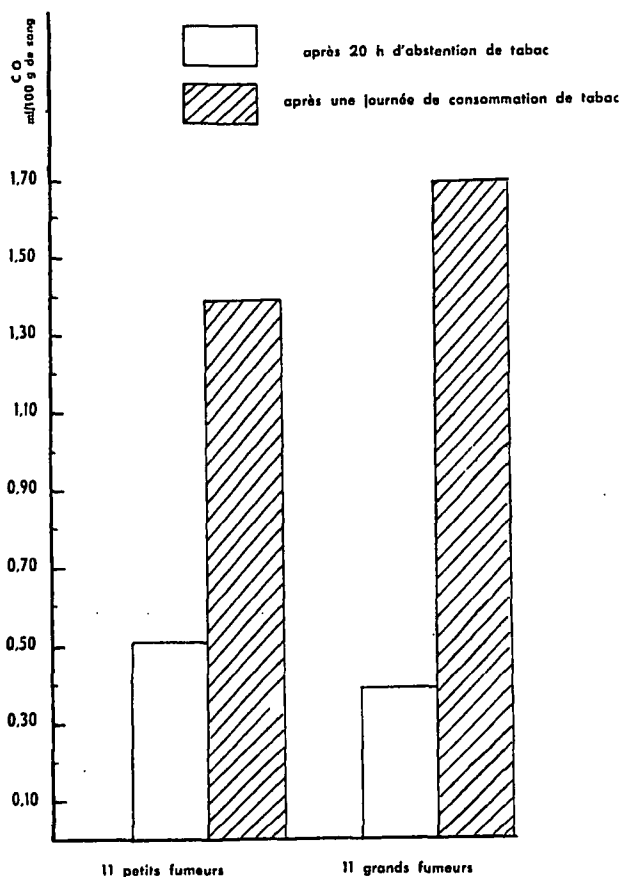


Fig. 2. — Taux moyens d'oxyde de carbone comparés entre petits et grands fumeurs.

durable chez les petits fumeurs que chez les grands fumeurs. Certains auteurs ont pensé que le processus de fixation du CO peut être différent selon que les individus sont des fumeurs habituels ou non. Ce type d'hypothèse pourrait peut-être s'appliquer à la présente observation.

Autant qu'on puisse en juger, l'intervention de facteurs d'oxycarbonémie indépendants du tabagisme a joué de manière égale sur l'un et l'autre groupe : mode de chauffage individuel, exposition au CO sur les lieux de travail, résidence en ville, banlieue ou campagne en particulier.

Nous sortirions du cadre de cette étude en nous attardant davantage sur cette question.

Dans notre cas, on peut s'attendre à ce que le taux moyen de 1,55 % d'oxyde de carbone dans le sang, taux relevé à l'issue de l'épreuve passée en condition « tabac », quoique inférieur au seuil au delà duquel des perturbations du comportement ont pu être constatées, ait été de nature à exercer des effets s'opposant, au moins partiellement, à la stimulation provoquée par la nicotine.

II-2-3-2. Performances réalisées.

Les résultats présentés ici concernent 99 passations qui se décomposent comme suit -

- 24 passations de fumeurs avec tabac ;
- 24 — de fumeurs sans tabac ;
- 24 — de non-fumeurs ;
- 9 — de non-fumeurs avec allumage de cigarettes.

Ces 81 passations ont été réalisées sur 150 minutes d'épreuve en vigilance.

Il s'y ajoute 18 passations de non-fumeurs, qui ont représenté chacune 120 minutes d'épreuve.

L'estimation des effets de la fumée de tabac sur les performances à la tâche proposée aux sujets peut se faire selon trois modalités :

- soit en comparant les résultats que les fumeurs obtiennent en passation avec tabac, à ceux qu'ils fournissent lorsqu'ils s'abstiennent de fumer ;
- soit en confrontant ces mêmes résultats obtenus « en fumant » avec les performances des non-fumeurs.

Il va de soi que ces deux procédures ne sont pas équivalentes : chacune est de nature à fournir des informations spécifiques. L'une mettra l'accent sur les effets d'une privation de tabac, l'autre portera sur la différence de comportement des fumeurs et des non-fumeurs dans une épreuve de vigilance.

Nous examinerons successivement ces deux aspects en distinguant pour chacun les niveaux et les fluctuations de la performance.

— On pourra également établir des rapprochements entre performances de non-fumeurs et performances de fumeurs privés de tabac pour montrer comment l'abstention de tabac exerce son influence sur la performance selon que cette abstention est habituelle (telle qu'elle l'est pour les non-fumeurs) ou occasionnelle (pour les fumeurs).

II-2-3-2-1. Effets de la fumée de tabac sur le niveau de performance :

La situation dans laquelle les sujets étaient placés comportait deux tâches différentes : une tâche de guidage d'un mobile lumineux et une tâche de détection de signaux lumineux.

La première tâche était très simple et nécessitait un très bas niveau d'attention. Il n'était pas attendu qu'elle différencie les sujets. Les résultats sur ce point sont conformes aux prévisions : aucune information ne nous est fournie par les enregistrements du guidage effectué. Les dépassements des limites à l'intérieur desquelles le mobile devait être maintenu sont très rares.

Vis-à-vis de cette tâche donc, les comportements des fumeurs, avec et sans tabac, ne sont pas différenciés.

Des deux tâches, seule la tâche de surveillance s'est avérée sensible à l'influence du facteur étudié.

Les scores réalisés par les sujets sont exprimés en pourcentage d'omissions par rapport au nombre de signaux présentés. La séquence des huit signaux se

reproduisait toutes les 30 minutes : ceci permet de définir un score pour chaque période de 30 minutes et un score global portant sur les 150 minutes de l'épreuve.

Les résultats obtenus par les fumeurs s'établissent comme suit (tableau I) :

L'interprétation de données obtenues selon le plan expérimental adopté peut se faire en deux temps. Il convient de rechercher — en priorité — si l'influence du facteur étudié — le facteur tabac — s'est exercée indépendamment de l'ordre de passation. Une réponse positive à cette question permet ensuite de grouper les données obtenues avec tabac, d'une part, et sans tabac, d'autre part, et de les traiter en échantillons appariés. Ceci permet de tirer le maximum de l'in-

formation que le plan d'expérience permet d'obtenir. La première étape a été abordée par analyse de variance. Les valeurs, transformées selon la forme $\log(x + 1)$, correspondent au nombre total d'omissions par sujets (tableau II).

Cette analyse de variance nous apporte les informations suivantes :

- 1° — une part importante de la variance totale est imputable à la variance entre sujets,
- 2° — l'effet tabac n'apparaît pas significatif mais ce résultat doit être tenu pour provisoire attendu que les échantillons ont été traités comme des échantillons indépendants, ce qui diminue beaucoup la sensibilité du test statistique.

Tableau I. — Pourcentage moyens d'omissions par sous-groupes dans les deux conditions avec et sans tabac.

Le groupe 1 (12 sujets) est passé avec tabac en première passation;
sans tabac en deuxième passation.

Le groupe 2 (12 sujets) est passé sans tabac en première passation;
avec tabac en deuxième passation.

	AVEC TABAC						SANS TABAC					
	Première passation (SG 1)						Première passation (SG 2)					
1/2 heure	1 ^{re}	2 ^e	3 ^e	4 ^e	5 ^e	moy.	1 ^{re}	2 ^e	3 ^e	4 ^e	5 ^e	moy.
% omissions	15,6	13,5	13,5	9,4	11,5	12,7	13,5	15,6	25,0	18,5	13,5	17,5
	Deuxième passation (SG 2)						Deuxième passation (SG 1)					
	1 ^{re}	2 ^e	3 ^e	4 ^e	5 ^e	moy.	1 ^{re}	2 ^e	3 ^e	4 ^e	5 ^e	moy.
1/2 heure												
% omissions	9,4	12,5	11,5	14,6	19,8	13,5	9,4	24,0	18,7	15,6	19,8	17,3

Tableau II

SOURCES DE VARIATIONS	Degré de liberté	Somme des carrés	Carrés moyens	F	Degré de signification (1)
1. — Sujets	23	3,61	0,15	2,50	S
2. — Tabac	1	0,15	0,15	2,50	NS
3. — Passations	1	0,001	0,001	< 1	NS
4. — Tabac x passations	1	0,008	0,008	< 1	NS
Résidu	21	1,23	0,06		
Total	47	4,999			

(1) On conviendra d'utiliser les abréviations suivantes : NS = non significatif,
S = $0,01 < P < 0,05$
TS = $0,001 < P < 0,01$
HS = $P < 0,001$

3^o et 4^o — L'absence d'effet de passation et l'absence d'interaction passation x tabac indiquent qu'il n'existe pas d'effet d'apprentissage :

— c'est-à-dire que l'exécution de la tâche n'est pas plus facile en deuxième passation qu'en première, — et qu'il n'y a pas d'effet de conditionnement : c'est-à-dire que la qualité de la performance réalisée en deuxième passation n'est pas influencée par les conditions — favorables ou défavorables — dans lesquelles la première passation a été effectuée.

Les courbes de performances (fig. 3) réalisées avec tabac ne sont pas significativement différentes, de même que les courbes représentant les performances obtenues sans tabac.

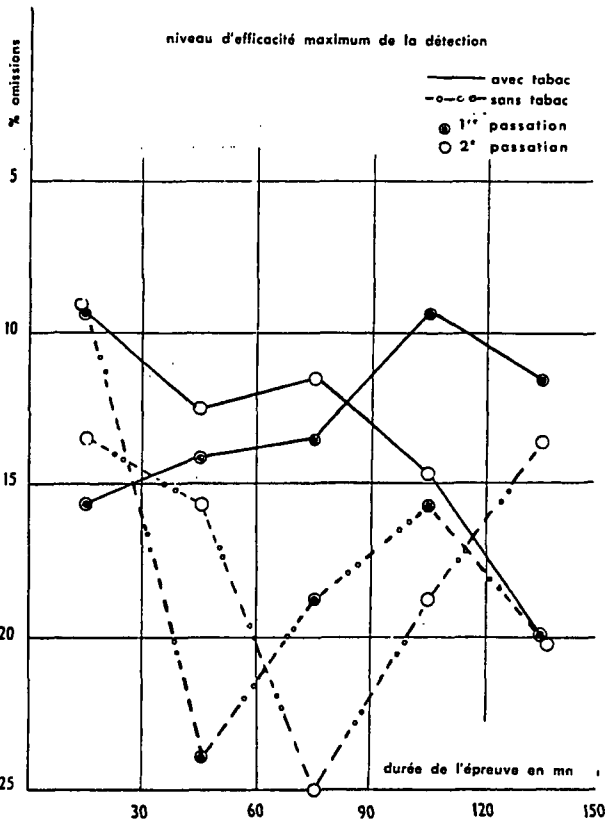


Fig. 3. — Évolution de la vigilance des fumeurs avec et sans tabac.

En présence de tels résultats, on peut faire le groupement des données « avec tabac » et celui des données « sans tabac » et tester l'hypothèse que ces deux distributions sont différentes.

Le test *t* de Student calculé à cette fin nous permet effectivement de conclure à une influence significative du tabac sur le niveau de la performance (*t* significatif à .01).

Les diverses demi-heures ne sont pas également sensibles à l'influence du tabac. Ceci apparaît au vu des courbes de performance (fig. 4). Alors qu'en première et dernière demi-heure, les résultats obtenus avec ou sans tabac ne sont pas différents, par contre, la détec-

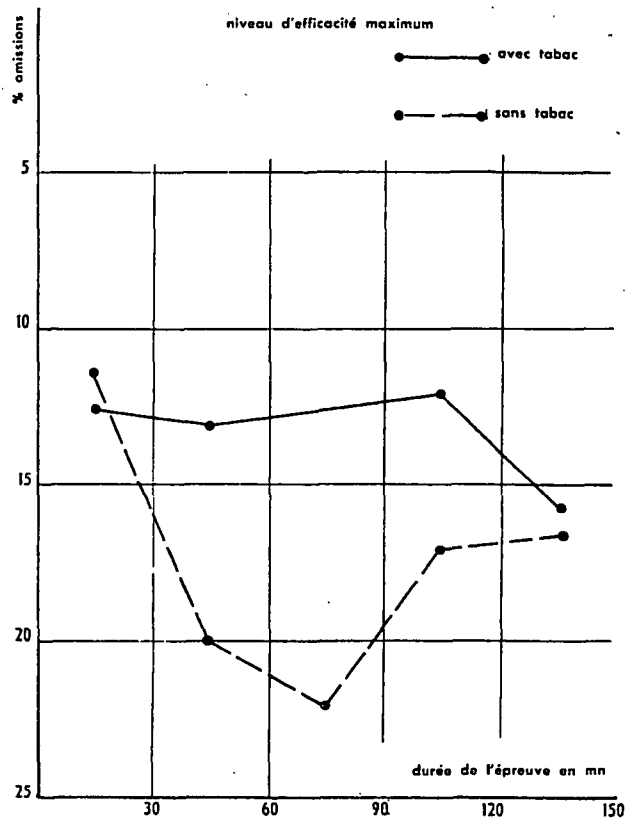


Fig. 4. — Évolution de la vigilance 24 fumeurs avec tabac, les mêmes sans tabac.

tion au cours des 2^e, 3^e et 4^e demi-heure est affectée par la privation de tabac.

Cette remarque prend une signification particulière si l'on se rappelle que la détection subit une dégradation nette, observée dans la plupart des cas dans de telles expériences, dès la première demi-heure.

Les fumeurs échappent, semble-t-il, à cette détérioration lorsqu'ils fument pendant l'épreuve; ils y sont par contre soumis lorsqu'ils s'abstiennent de fumer. Il est intéressant de souligner, à ce sujet, que cette privation de tabac affecte les performances de façon assez uniforme. Une corrélation de .58 (ρ de Spearman) est notée entre performances avec tabac et performances sans tabac.

II - 2 - 3 - 2 - 2. Effets de la fumée de tabac sur les fluctuations de la performance.

On est tenté, lorsqu'on observe les courbes de performance, de chercher à s'informer du caractère aléatoire ou non de telle amélioration ou de telle dégradation de la performance à un moment donné de l'épreuve; mais cette façon d'opérer n'est acceptable que si l'observation de ces phénomènes a été envisagée lors de l'élaboration de l'expérience. A cet égard, la reproductibilité de la séquence des 8 signaux d'une demi-heure à l'autre nous autorise à effectuer de telles investigations.

Par calcul du Chi carré, il est permis de tenir pour systématique la chute de la performance que les fumeurs réalisent, lorsqu'ils s'abstiennent de fumer, entre la 1^{re} et la 3^e demi-heure. (Significatif à .05). Les autres fluctuations, observées avec ou sans tabac, sont aléatoires.

II-2-3-2-3. Performances des fumeurs comparées à celles des non-fumeurs.

Les performances réalisées par les non-fumeurs (fig. 5a) ne sont pas significativement inférieures à celles des fumeurs avec tabac, ni supérieures à celles des fumeurs privés de tabac.

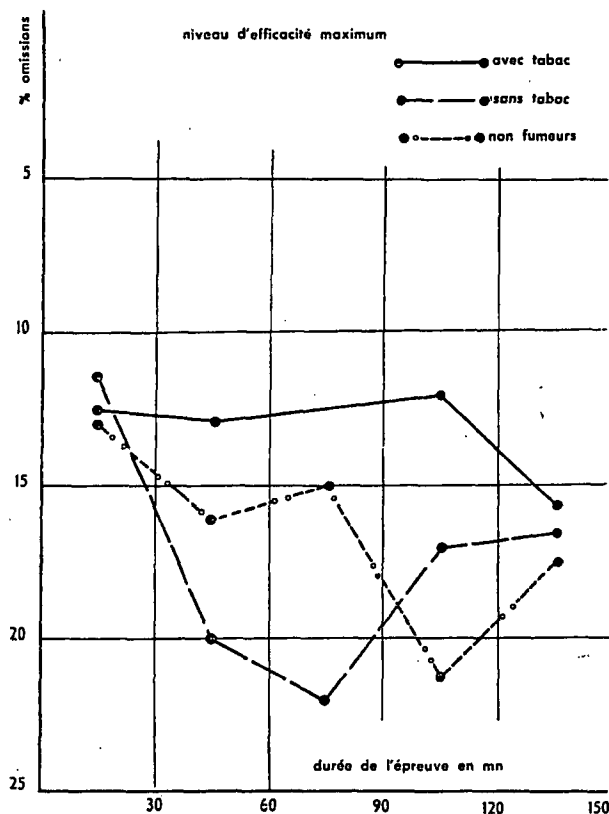


Fig. 5 a. — Évolution de la vigilance 24 fumeurs sans tabac, les mêmes avec tabac et 24 non fumeurs.

Par contre, si l'on compare la performance des non-fumeurs pendant la *première heure* à celle qu'ils obtiennent *en dernière heure*, on observe une chute significative (au seuil de .05). Cette détérioration n'est pas retrouvée chez les fumeurs, qu'ils passent avec ou sans tabac. Chez ces derniers, on a seulement montré une chute de performance de la 1^{re} à la 3^e demi-heure.

Si l'on analyse la totalité des résultats fournis par les 42 non-fumeurs qui ont subi les 120 minutes d'épreuve (en ajoutant aux 24 non-fumeurs qui ont eu 150 minutes les 18 autres qui ont eu 120 minutes), on note également que leur détection s'est détériorée significativement (au seuil de .05) de la première à la deuxième heure (fig. 5b).

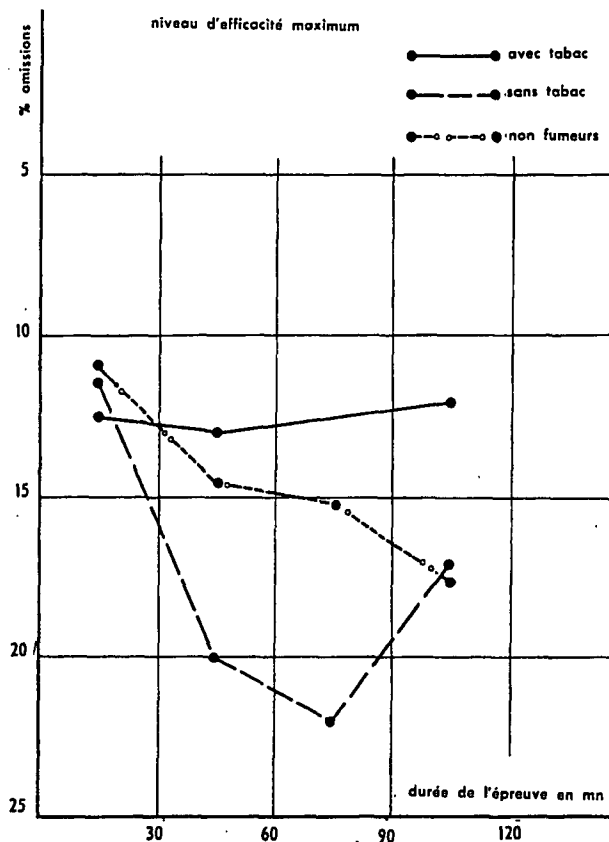


Fig. 5 b. — Évolution de la vigilance 24 fumeurs avec tabac, les mêmes sans tabac et 42 non fumeurs.

II-2-3-2. La fréquence cardiaque comme donnée complémentaire de la performance en situation de vigilance.

Si les données de performance traduisent bien le degré d'efficacité des comportements par rapport à une tâche prescrite, elles ne renseignent que partiellement sur la capacité des sujets à assurer des comportements adaptés à la situation proposée.

Aussi les informations recueillies au niveau des réactions de l'organisme présentent-elles un grand intérêt non seulement pour une meilleure compréhension des comportements opératoires (détectations, omissions, réponses inutiles...), mais surtout pour déterminer quels sont les comportements à attendre compte tenu de l'état physiologique présenté par les sujets.

C'est dans cette perspective qu'a été enregistrée la fréquence cardiaque au cours de la tâche de vigilance. Cinq valeurs de fréquence cardiaque ont été retenues pour chaque sujet : chacune représente le nombre moyen de pulsations/minute par demi-heure.

Ainsi exprimées, les données peuvent être mises en parallèle avec les données de performance.

Parmi les points essentiels qui ressortent de ces résultats (fig. 6), on peut remarquer :

- que le niveau de fréquence cardiaque des fumeurs avec tabac est supérieur à celui des non-fumeurs, lui-même plus élevé que celui des fumeurs s'abstenant de fumer;

Sources de variation	Degrés de liberté	Somme des carrés	Carrés moyens	F	
Sujets	23	4 020,92	174,82	6,93	H S
Tabac	1	2 187,0	2 187,0	86,68	H S
Passation	1	70,09	70,09	2,78	N S
Passation X Tabac	1	12,0	12,0	< 1	
Résidu	21	529,91	25,23		
TOTAL	47	6 819,92			

- que la baisse de fréquence cardiaque apparaît légèrement plus accentuée chez les non-fumeurs que chez les fumeurs;
- qu'il s'établit une certaine correspondance entre les niveaux de fréquence cardiaque et les niveaux de performance.

Effet du tabac sur le niveau de fréquence cardiaque.

L'analyse de variance effectuée sur les fréquences cardiaques moyennes (une valeur par sujet) indique que l'effet du tabac est très significatif.

On pouvait penser que le niveau plus élevé présenté par les sous-groupes en 1^{re} passation traduisait une réaction de type émotionnel à la situation nouvelle d'expérimentation. Cet effet ne s'avère pas significatif. On note également que la différence de fréquence cardiaque moyenne d'une situation à l'autre (avec et sans tabac) est sans corrélation avec la quantité de tabac fumé — ou avec celle dont le sujet a été privé. Ainsi, d'un sujet à l'autre, la fréquence cardiaque peut-elle connaître la même élévation pour une consommation d'un nombre très différent de cigarettes.

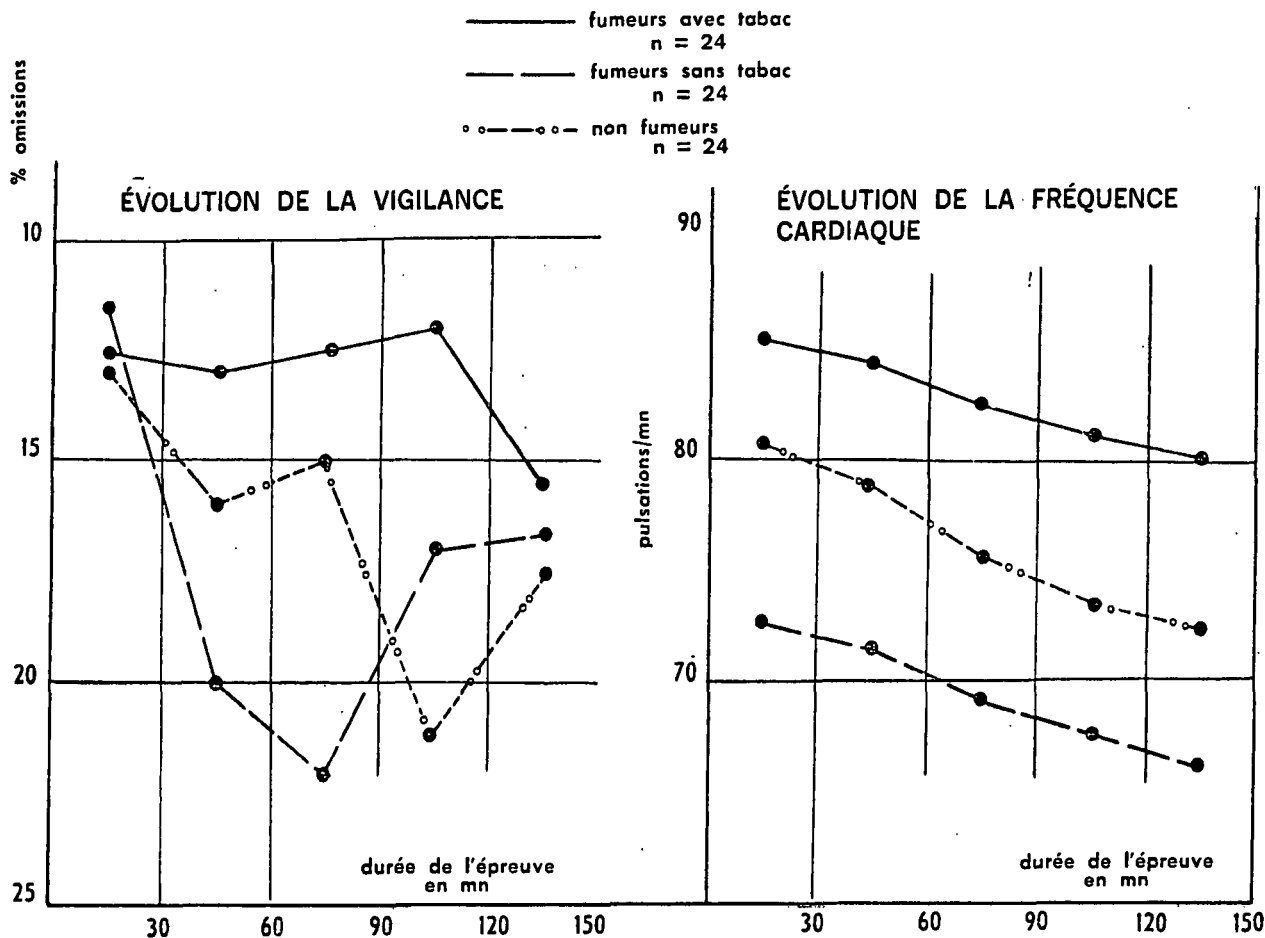


Fig. 6. — Évolutions comparées de la vigilance et de la fréquence cardiaque.

Tableau III.

Sources de variation	Degrés de liberté	Somme des carrés	Carrés moyens	F	
Groupes FS — FA — NF	2	2 187,02	1 093,51	12,73	T S
FS/FA + NF	1	1 647,0	1 647,0	19,18	T S
FA/NF	1	540,02	540,02	6,29	S
FA/FS + NF	1	1 633,50	1 633,50	19,02	T S
FS/NF	1	553,52	553,52	6,45	S
résidu	69	5 925,42	85,87		
TOTAL	71	8 112,44			

Tout se passe comme si deux organismes avaient besoin de taux de tabagisme très différents pour atteindre une même variation du niveau d'excitation (telle que la fréquence cardiaque peut en rendre compte).

En ce qui concerne la fréquence cardiaque des non-fumeurs, elle se situe à un niveau significativement inférieur à celui des fumeurs avec tabac et significativement plus élevé que celui des fumeurs privés de cigarettes.

Ces résultats confirment ceux qui apparaissent dans la littérature; au moins pour ce qui est de la différence de fréquence cardiaque entre fumeurs avec tabac et non-fumeurs. Le cas des fumeurs sans tabac a été moins étudié, semble-t-il, et nous n'avons pas connaissance d'écarts aussi importants entre leur fréquence cardiaque moyenne et celle des fumeurs.

Nous avons recherché l'existence possible d'une corrélation entre fréquence cardiaque et mobilité spontanée des sujets au cours de l'épreuve : les exemples que nous avons étudiés dans cette perspective ont révélé que la quantité des mouvements et leur fluctuation dans le temps étaient sans relation avec le niveau et l'évolution de la fréquence cardiaque.

— Évolution de la fréquence cardiaque.

La baisse de fréquence cardiaque, exprimée pour chaque sujet en terme de différence entre la fréquence cardiaque moyenne de la dernière heure et celle de la première heure est significative dans tous les groupes (*t* significatif au seuil de .01). De plus, cette baisse est significativement plus accentuée chez les non-fumeurs que chez les fumeurs avec tabac (.05); par contre, elle n'est pas différente chez les non-fumeurs et chez les fumeurs sans tabac.

— Parallèle entre fréquence cardiaque et performance.

Les données liées à l'une et à l'autre correspondent entre elles assez exactement, au moins pendant les 90 premières minutes (cf. fig. 6).

Les non-fumeurs se situent, au point de vue fréquence cardiaque comme au point de vue performance, à un niveau intermédiaire entre les fumeurs avec et sans tabac.

Est-ce à dire que la réalisation d'une bonne performance de détection nécessite une fréquence cardiaque élevée, cependant qu'une fréquence cardiaque basse ne permet qu'une performance médiocre? La fréquence cardiaque d'un individu (telle qu'elle peut être saisie par son pouls de repos, dans un état habituel pour lui, c'est-à-dire lorsque son organisme est soumis à des agents extérieurs auxquels il est accoutumé), est le résultat d'une régulation où le système nerveux végétatif joue un rôle prépondérant; le pouls de repos reflète donc un certain équilibre de l'organisme, assuré par le système de régulation neuro-humorale. Or, il n'est pas encore apparu que la fréquence cardiaque établie dans les conditions basales, détermine un niveau de vigilance particulier. En effet, nous n'avons trouvé de corrélation significative entre fréquence cardiaque et niveau de performance, ni chez les fumeurs avec tabac, ni chez les non-fumeurs.

Le comportement des fumeurs privés de tabac présente, en revanche, un grand intérêt à ce point de vue. Dans cette situation, leur fréquence cardiaque s'abaisse en moyenne, de 14 pulsations par minute et s'établit alors, on l'a dit, à un niveau significativement plus bas que celui des non-fumeurs.

Une telle observation prend une signification particulière si l'on se rappelle qu'elle a trait à un phénomène constaté après 19 heures de privation de tabac.

Qu'advierait-il si cette privation était prolongée plusieurs jours? Et qu'advient-il chez les fumeurs auxquels il est quotidiennement interdit de fumer, du fait des conditions dans lesquelles s'exerce leur activité professionnelle?

Il serait intéressant d'étudier ces deux points comme on aimerait connaître quel est le temps juste nécessaire de privation à partir duquel la fréquence cardiaque s'établit à un niveau significativement plus bas. Il apparaît, en ce qui concerne les sujets étudiés ici, que leur baisse de performance — de la 1^{re} à la 3^e demi-heure — est concomitante d'un niveau de fréquence cardiaque très abaissé en situation de vigilance effectuée sans tabac.

Cette baisse de fréquence cardiaque témoigne, à n'en pas douter, d'une désactivation de l'organisme, désactivation qui retentit directement sur le niveau de vigilance. Quelle est alors la cause la plus certaine de cette désactivation? Deux hypothèses sont permises : ou elle provient d'un effet dépresseur exercé par la privation de la drogue « tabac » sur le système nerveux, ou, et l'hypothèse fait alors appel à des mécanismes psychiques et non physiologiques, elle est la manifestation d'une baisse de motivation vis-à-vis de la tâche qu'a suscitée chez les sujets la privation qui leur était imposée. Cette dernière hypothèse impliquerait que l'ensemble des sujets ait partagé une réaction de moindre intérêt vis-à-vis de l'épreuve, par suite d'un refus — plus ou moins conscient — de la privation qui leur était demandée. Là dessus, il ne ressort pas des interviews ménagées en fin d'épreuve qu'un changement d'attitude soit survenu d'une condition de passation à l'autre; mais cette source d'information reste, évidemment, contestable.

Les deux hypothèses ne sont peut être pas incompatibles et la juste explication doit sans doute faire appel à l'une et à l'autre. La distinction du psychologique et du physiologique est sans doute artificielle et il conviendrait mieux, en fait, d'admettre que la frustration de drogue, en provoquant chez les sujets une baisse du niveau d'activation de l'organisme a, également, suscité une baisse, plus ou moins consciente, de motivation vis-à-vis de laquelle les sujets pouvaient d'autant moins réagir que leurs ressources physiologiques étaient plus diminuées.

En se reportant aux courbes initiales (fig. 6), on remarque que les fumeurs, privés de tabac, réalisent une performance aussi bonne en première et dernière demi-heure que celle qu'ils réalisent en fumant, et ce malgré un niveau de fréquence cardiaque constamment inférieur, et de beaucoup, à leur niveau normal de fumeurs. Cette observation semble infirmer l'hypothèse retenue. Peut-être convient-il seulement de la nuancer en disant que la privation de tabac ne semble pas permettre aux fumeurs de tenir longtemps un niveau de vigilance comparable à celui auquel ils se tiennent lorsqu'ils fument. Ceci expliquerait la chute de performance notée en 2^e et 3^e demi-heure, mais il resterait à comprendre pourquoi la performance

s'améliore au cours de la dernière heure. Est-ce le fait d'une accoutumance à la privation ou, au contraire, d'une intuition assez exacte de sa fin prochaine? Dans les deux cas, on s'attendrait à voir s'élever le niveau de fréquence cardiaque; or, il n'en est rien et nous n'avons actuellement aucune explication satisfaisante à présenter.

La recherche d'explications à donner à ces phénomènes nous a conduits à étudier séparément les performances des grands et des petits fumeurs (tels qu'ils ont été définis plus haut, § II-2-3-1).

Les résultats sont inattendus (fig. 7).

Si on analyse les données concernant la fréquence cardiaque, on remarque qu'elle s'établit — chez les grands fumeurs sans tabac et chez les petits fumeurs avec tabac — à un niveau qui n'est pas significativement différent de celui des non-fumeurs.

Quant aux courbes d'évolution de la performance, elles révèlent :

— que les grands fumeurs privés de tabac ont une performance équivalente à celle des petits fumeurs passant en fumant, semblable à celle des non-fumeurs et tout à fait comparable, sous l'angle de son évolution, aux performances couramment rencontrées en situation de vigilance.

L'interprétation de tels résultats ne peut être que très prudente.

Une aide éventuelle au maintien de vigilance pouvait être apportée aux grands fumeurs plus qu'aux autres par l'activité qu'implique le fait de fumer. Cette hypothèse, difficile à vérifier, mais envisagée dès l'élaboration du plan d'expérience, nous avait amenés à consacrer 9 passations de non-fumeurs dans des conditions telles qu'ils devaient allumer, pendant l'épreuve, 4 ou 5 cigarettes, simuler quelques bouffées puis éteindre. Les performances obtenues ainsi ne sont pas différentes de celles des non-fumeurs (bien que cette activité imposée, inhabituelle pour eux, risquait d'entretenir leur niveau général d'éveil sinon celui de leur performance : nous nous étions donc placés dans le cas le plus défavorable).

La quantité de nicotine, plus importante sans doute chez les grands fumeurs est-elle responsable du haut niveau de leur performance? Même si c'était le cas, cela laisserait en suspens bien des questions et n'expliquerait pas, par exemple, pourquoi la performance des petits fumeurs sans tabac est à ce point dégradée en 2^e et 3^e demi-heure.

Si l'on considère globalement les informations données par la fréquence cardiaque et par la performance, on est tenté d'énoncer, avec la naïveté du sens commun, que les petits fumeurs ont besoin de tabac pour se hausser au niveau de la moyenne des gens tandis que les grands fumeurs peuvent s'en passer... Un tel commentaire ne fait guère progresser dans la compréhension des résultats. Il traduit assez bien, néanmoins, la difficulté que présente une interprétation

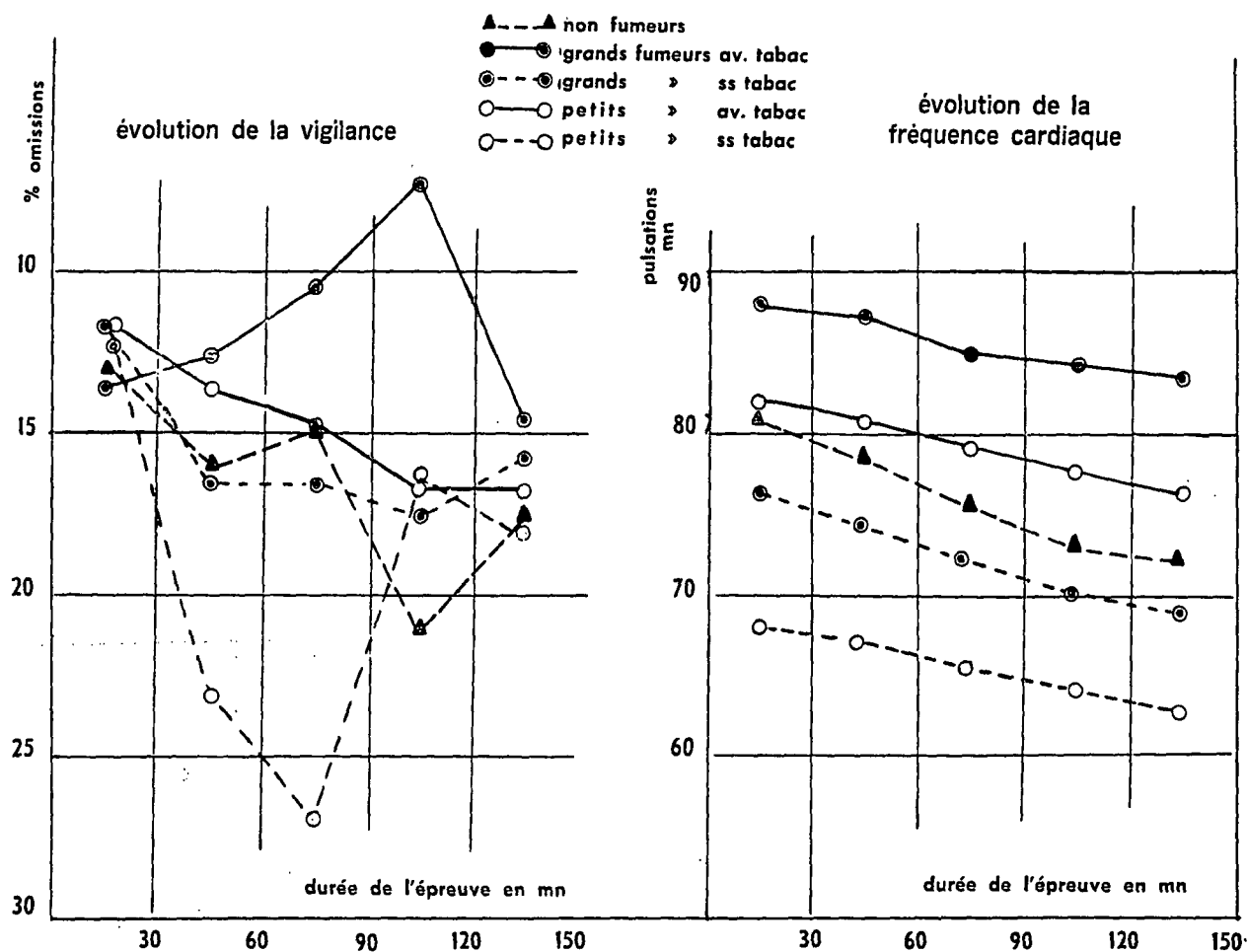


Fig. 7. — Évolutions comparées de la vigilance et de la fréquence cardiaque de 13 grands fumeurs et 11 petits fumeurs.

claire des comportements des fumeurs dans une tâche de vigilance et suggère l'intérêt d'une investigation d'ordre psychologique. Celle-ci fera, peut-être, apparaître que nous sommes ici en présence de deux types de personnalités, et que leurs différences de structures déterminent des réactions particulières dans des situations telles que la situation de vigilance.

A l'issue de cette première étape on peut tenir pour acquis les points suivants :

1° La privation de tabac chez les fumeurs habituels exerçant une tâche de surveillance entraîne une détérioration très significative de la performance. Tout se passe comme si la privation de tabac abaissait le niveau d'activation générale de l'organisme.

2° Par ailleurs la comparaison effectuée avec le groupe contrôle des non-fumeurs donne l'avantage aux fumeurs. Non seulement la performance moyenne s'établit à un niveau plus élevé chez les fumeurs (sans que la différence atteigne la signification statistique) mais à l'inverse des non-fumeurs aucune dégradation significative de la performance ne se produit au cours des 150 minutes d'activité.

3° Bien qu'il n'y ait pas d'étroite corrélation entre le niveau de performance et la quantité de tabac fumé,

la performance des grands fumeurs tend à être meilleure que celle des petits fumeurs.

4° Les données fournies par l'enregistrement continu de la fréquence cardiaque pendant l'activité montrent une bonne correspondance entre le niveau moyen de la performance et la fréquence cardiaque moyenne au moins pendant les 90 premières minutes. A l'étalement des courbes de performances entre les trois groupes fumeurs avec tabac, non-fumeurs et fumeurs privés de tabac correspond un étalement équivalent des courbes de fréquence cardiaque. Mais les différences sont plus affirmées avec la fréquence cardiaque : elles sont toutes significatives.

Par ailleurs la fréquence cardiaque diminue du début à la fin de l'épreuve. La diminution est significativement moins accusée chez les fumeurs avec tabac que dans les deux autres groupes.

Cependant quand la performance s'améliore en fin d'épreuve, la fréquence cardiaque continue pourtant de ralentir. La fréquence cardiaque représente donc un critère très utile (il témoignerait du niveau moyen d'activation) mais encore insuffisant pour rendre compte de la diversité des phénomènes de comportement observés en situation d'activité monotone.

II - 3. Recherche de la participation éventuelle de certains traits de personnalité au comportement des fumeurs en situation de vigilance.

II - 3 - 1. Hypothèses.

L'incidence de la personnalité des sujets sur leur comportement dans une tâche de surveillance a été observée par certains auteurs. BAKAN (1959) a constaté que les introvertis réalisent des performances d'un niveau moyen plus élevé que celles des extravertis mais moins stables : la fréquence de détection décroît davantage avec le temps. En outre, l'introduction d'une tâche secondaire, ayant pour effet d'augmenter le nombre de signaux à détecter, améliore la performance des extravertis dans une proportion plus importante que pour les introvertis.

Plus récemment, COLQUHOUN (1960) a montré que l'efficacité de la surveillance était liée au degré de sociabilité des sujets. Il note que les plus sociables réalisent l'après midi un score de détection plus élevé que les sujets moins sociables; le matin, par contre, cette relation est inversée.

Quant aux fumeurs, il leur a été consacré de nombreux travaux visant à leur attribuer une typologie particulière.

Parmi les 95 sujets examinés par LAWTON et PHILIPPS, cités par MATARAZZO et SASLOW (1960), les grands fumeurs présentent des troubles émotionnels manifestes. Dans la même perspective, l'équilibre émotionnel des 903 fumeurs testés par LILIENFELD est moins bon que celui des 903 non fumeurs. Les fumeurs se singularisent aussi par leur anxiété : MATARAZZO et SASLOW ont ainsi établi que, dans une population de 254 étudiants, les fumeurs présentaient un score d'anxiété plus élevé que les non-fumeurs (à l'échelle d'anxiété de Taylor).

Ces observations ne sont pas contradictoires, mais, confrontées aux travaux d'EYSENCK (1960), elles font douter qu'on puisse dresser une typologie très cohérente des fumeurs. EYSENCK, en effet, a testé 1 200 fumeurs classés en fumeurs « légers », « moyen » et « grands » en fonction de l'importance de leur consommation de cigarettes. Il en ressort que les 400 « grands » fumeurs sont les plus extravertis, puis viennent les fumeurs « moyens »; les 400 fumeurs « légers » sont plutôt introvertis, comme les non-fumeurs.

A partir de cet ensemble de données, on est conduit à envisager plusieurs éventualités au seuil de notre étude.

— Si les conclusions de notre enquête psychologique sont conformes à la classification d'EYSENCK, c'est-à-dire si les fumeurs constituant notre échantillon s'avèrent extravertis, on pourra soit constater que nos résultats sont en désaccord avec ceux de BAKAN, qui a montré que l'efficacité des extravertis dans une tâche de surveillance était inférieure à celle des introvertis, (dans notre cas, en effet, les extravertis seraient

d'un niveau supérieur), soit compléter l'observation de BAKAN par le fait que, lorsque les extravertis sont fumeurs et qu'il leur est donné la possibilité de fumer au cours d'un test de vigilance, leur niveau d'efficacité s'élève au-dessus du niveau des introvertis.

— Par contre, si l'on découvre que les fumeurs, qui se sont prêtés à notre expérience, sont en majorité introvertis, le problème des effets du tabac ne sera pas entièrement résolu : il ne sera pas possible de décider si la supériorité des fumeurs quant à la stabilité de leur détection — est due au tabac ou à leur trait de personnalité. Seul restera acquis le résultat concernant la différence de performance selon qu'ils effectuaient leur tâche de surveillance avec ou sans tabac.

— Reste l'éventualité d'une répartition égale des traits d'introversión et d'extraversión entre fumeurs et non-fumeurs. S'il en est ainsi, on sera en droit d'attribuer au tabac le caractère particulier de la performance des sujets fumeurs.

II - 3 - 2. Techniques.

L'enquête a porté sur 18 fumeurs et 13 non-fumeurs, pris au hasard parmi les sujets qui avaient effectué la tâche de vigilance.

Parmi les épreuves disponibles de « mesure » de la personnalité, notre choix s'est porté sur le questionnaire de Bernreuter en raison du caractère relativement neutre des questions posées. Nous avons cherché à garantir de cette façon une objectivité des réponses que d'autres tests n'auraient sans doute pas suscitée : l'attitude à l'égard de ces techniques est souvent méfiante dans les milieux industriels où nous sommes placés.

II - 3 - 3. Résultats.

II - 3 - 3 - 1. Traits de personnalité comparés des fumeurs et non-fumeurs en relation avec leurs performances :

Sur chacun des 6 traits que le questionnaire permet de distinguer, la répartition des fumeurs et non-fumeurs est aléatoire, c'est-à-dire qu'aucun trait dominant ne permet de distinguer l'un ou l'autre groupe.

Sur ce point, donc, l'hypothèse de l'effet favorable d'un trait de personnalité propre aux fumeurs sur la stabilité de leur performance, n'est pas vérifiée.

De plus, cette investigation psychologique permet d'établir des rapprochements intéressants entre la dimension introversión-extraversión et les résultats des sujets à l'épreuve de vigilance.

Ces résultats concernent les scores réalisés par les non-fumeurs au cours de leur unique passation et par les fumeurs lors de leur passation avec tabac.

Le classement des sujets en introvertis et extravertis a été déterminé en fonction de leur position par rapport à la médiane de la distribution des 31 valeurs obtenues

(celle-ci correspond exactement à la valeur médiane donnée par l'éditeur du questionnaire). Ces deux facteurs (introversion — extraversion, et fumeurs — non-fumeurs) permettent de distinguer quatre groupes dont les performances sont bien différenciées (fig.8).

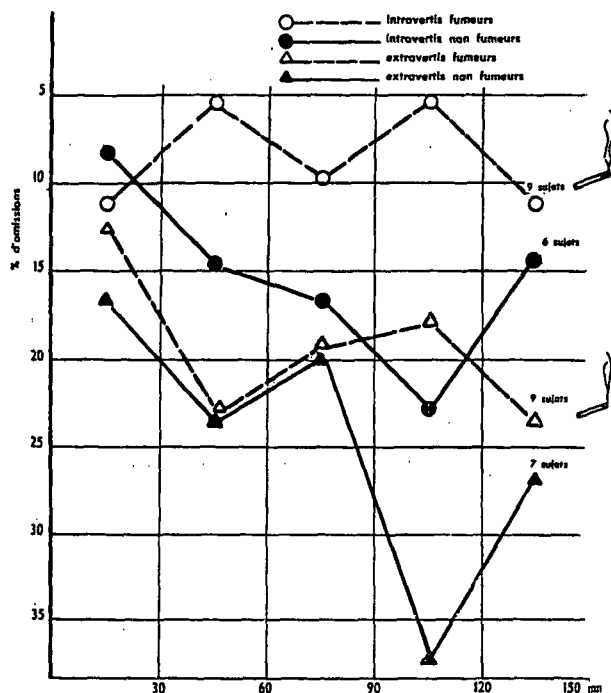


Fig. 8. — Performances comparées des introvertis et extravertis (fumeurs et non fumeurs).

La supériorité des introvertis sur les extravertis est significative ($p = .0045$ au test U de Mann-Whitney, épreuve unilatérale). En outre, une liaison assez étroite unit les variables introversion-extraversion et pourcentage d'omissions (ρ de Spearman = .55) : les sujets réalisent des performances d'autant plus élevées qu'ils sont plus introvertis.

Si on analyse les fluctuations de la performance en exprimant sa dégradation en termes de différence entre le nombre d'omissions en 1^{re} heure et le nombre d'omissions en dernière heure et si on néglige la classification fumeurs — non-fumeurs, on observe que ni l'ensemble des introvertis, ni l'ensemble des extravertis ne présentent de baisse significative de vigilance au cours des 150 minutes de surveillance; sous cet aspect, la personnalité ne s'avère donc pas déterminante. Par contre, cette baisse est réelle chez les non-fumeurs ($p = .01$), qu'ils soient introvertis ou extravertis, alors qu'elle n'affecte pas les fumeurs avec tabac.

Il faut noter que la performance des non-fumeurs s'améliore au cours de la dernière demi-heure tandis que celle des fumeurs se dégrade. On ne peut donner à ce fait aucune explication satisfaisante.

En bref, l'examen des courbes suggère, à la lumière des résultats ci-dessus, que tabac et introversion constituent deux facteurs dont les effets positifs sur

le niveau de performance à une tâche de surveillance sont additifs.

Dans le cas présent, l'effet de facilitation produit par l'introversion est plus important que l'effet du tabac. Il est également quasi constant pendant toute la durée de l'épreuve. L'effet du tabac est surtout sensible pendant la deuxième période de l'épreuve; ce qui correspond au fait que les fumeurs, contrairement aux non-fumeurs, maintiennent un niveau stable de vigilance.

On peut considérer comme acquis, au terme de cette première investigation psychologique, que la stabilité de la performance est propre aux fumeurs, quel que soit leur type de personnalité.

Une question reste posée : l'efficacité de la surveillance exercée par les fumeurs est-elle liée à l'importance de leur consommation de cigarettes? C'est cette hypothèse, évoquée au cours du précédent travail sur le tabac, que nous voudrions tester maintenant.

II-3-3-2. Traits de personnalité comparés des grands et petits fumeurs, en relation avec leurs performances :

L'importance du facteur introversion incite à formuler l'hypothèse nulle suivante : la supériorité des grands fumeurs sur les petits fumeurs, au point de vue de l'efficacité de la détection, n'est pas liée au fait qu'ils consomment davantage de cigarettes mais au fait qu'ils sont plus introvertis. — Cette hypothèse est en désaccord avec les observations d'Eysenck (on se souvient que ses sujets étaient d'autant plus extravertis qu'ils fumaient beaucoup), mais de telles libertés sont admissibles sur le terrain de la psychologie différentielle où les critères de validation sont rarement irréfutables.

Les 18 fumeurs ont été classés en introvertis et extravertis, selon leur position par rapport à la médiane de la distribution des 18 scores. Ainsi différenciées, les performances effectuées avec et sans tabac sont nettement distinctes (cf. fig. 9).

Avec ou sans tabac, les introvertis atteignent un niveau de performance supérieur à celui des extravertis ($p = .025$ au test U de Mann-Whitney, épreuve unilatérale). Les variables « introversion-extraversion » et pourcentages de détection sont également en liaison assez étroite (.45, ρ de Spearman). La répartition des grands et petits fumeurs, dans l'un et l'autre groupe, est la suivante :

- introvertis : 7 grands fumeurs 3 petits fumeurs,
- extravertis : 3 grands fumeurs 5 petits fumeurs.

Par calcul d'un K^2 , on constate qu'on ne peut pas conclure, à partir de cette répartition, que l'introversion caractérise les grands fumeurs, ni que l'extraversion soit plus fréquente chez les petits fumeurs. Mais le déséquilibre de cette répartition permet de comprendre pourquoi on avait constaté que les grands fumeurs étaient plus efficaces que les petits fumeurs

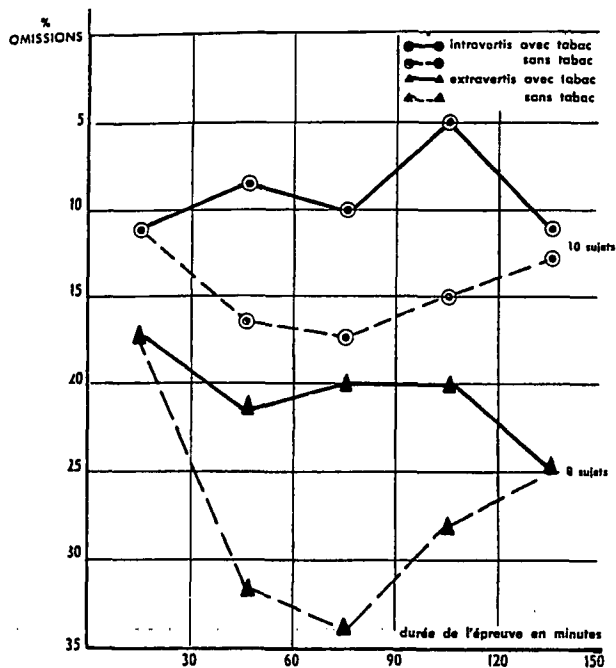


Fig. 9. — Fumeurs introvertis et extrovertis dans les deux conditions : avec ou sans tabac.

au point de vue vigilance. Cela venait de ce qu'il y avait une majorité d'introvertis parmi les grands fumeurs et une majorité d'extrovertis chez les petits fumeurs. Or le facteur introversion-extraversion est seul déterminant : à trait commun, en effet, grands et petits fumeurs n'ont pas de performances différentes.

Trois résultats essentiels sont donc à retenir au terme de cette étape.

1° Le trait de personnalité dit « introversion » est assimilable à un facteur d'élévation du niveau moyen de la performance au cours d'une tâche de vigilance. Son effet est d'autant plus favorable que ce trait de personnalité est plus accusé.

2° Le facteur tabac exerce un effet de même sens, et indépendant du facteur introversion sur l'efficacité de la détection. Il semble intervenir avec le même poids, que les sujets fument peu ou beaucoup; la supériorité qui avait été notée chez les grands fumeurs par rapport aux petits fumeurs vient en effet de ce qu'il y a plus d'introvertis chez les premiers que chez les seconds.

3° La stabilité de la performance est une caractéristique propre aux fumeurs. On peut, sans réserve, l'imputer au tabac.

II - 5. Recherche de la participation de l'oxyde de carbone aux effets de la fumée de tabac.

II - 4 - 1. Hypothèse.

Il n'était pas certain, au départ, que la fumée de tabac stimulerait la vigilance des sujets, car on pouvait faire

l'hypothèse que l'effet facilitateur de la nicotine serait neutralisé par l'effet dépressur du CO absorbé à un taux important par les fumeurs.

Le sens des résultats trouvés ne confirme pas cette hypothèse, mais incite à penser que le rôle de la nicotine a été prépondérant.

A ce niveau d'analyse des mécanismes d'action de la fumée de tabac sur le comportement de sujets accomplissant une tâche de surveillance, on peut faire deux hypothèses plus explicites.

On peut, d'une part, supposer que le CO absorbé en fumant est d'un taux trop faible — nos fumeurs présentaient un taux moyen d'HbCO de 8 % — pour que son effet dépressur se manifeste, même en opposition partielle à celui de la nicotine. A l'appui de cette hypothèse, on peut invoquer le fait que les sujets soumis à l'expérience sont quasiment au repos pendant la tâche de surveillance et que, dans de telles conditions, le déficit physiologique entraîné par l'oxycarbonémie est très réduit.

En deuxième hypothèse, on peut penser que l'effet dépressur du CO s'exerce effectivement mais que le rôle de la nicotine, en tant que facteur favorable, est en définitive déterminant. Dans ce cas, deux conséquences sont prévisibles.

Première conséquence : en absence d'oxyde de carbone, la nicotine doit élever le niveau d'activation des sujets plus qu'elle ne le fait lorsqu'elle est combinée au CO.

Autre conséquence : en absence de nicotine, le CO — au taux moyen présenté par les fumeurs — est de nature à susciter une baisse du niveau d'activation qui peut, éventuellement, retentir sur l'efficacité de la surveillance exercée par les sujets.

Ces deux hypothèses excluent l'éventualité d'une interaction des facteurs nicotine et CO dans la fumée de tabac. Il faut toutefois l'envisager. S'il y a interaction cela signifie que la fumée de tabac exerce un effet spécifique irréductible à un effet additif de ses deux principaux constituants.

II - 4 - 2. Technique utilisée.

Un groupe de 8 sujets a été soumis à l'épreuve de vigilance dans deux conditions différentes. Quatre des 8 sujets ont effectué la tâche une première fois en fumant normalement et en prenant, avec chaque cigarette, une dose de 1 mg de nicotine; en seconde passation, il leur a été donné depuis le matin jusqu'à la fin de l'expérience, des doses de 2 mg de nicotine chacune, au lieu de cigarettes.

De la sorte, le facteur nicotine a été tenu à peu près constant dans les deux conditions; le facteur oxyde de carbone intervenait lorsque les sujets fumaient, et n'intervenait pas dans le cas où la nicotine était prise seule, sans cigarette.

II - 4 - 3. Résultats.

II - 4 - 3 - 1. Taux d'intoxication des sujets :

En condition sans oxyde de carbone, les sujets présentent un taux d'oxycarbonémie de 0,47 ml/100 g de sang, soit 1,8 HbCO.

Avec oxyde de carbone, le taux d'oxycarbonémie s'établit à 1,08 ml/100 g de sang, soit environ 4,4 HbCO; taux faible par rapport au taux habituel moyen de 6 HbCO des fumeurs, qui laisse à penser que les sujets ont peu inhalé la fumée.

Le taux théorique de nicotine absorbée, qu'il fallait maintenir constant d'une condition à l'autre, est légèrement plus élevé en condition CO comme on peut le voir dans le tableau ci-dessous.

Condition expérimentale	1 avec CO		2 sans CO	
	nicotine absorbée	Oxycarbonémie	nicotine absorbée	Oxycarbonémie
Avant l'épreuve	13 mg		12 mg	
Pendant l'épreuve	8 mg		6 mg	
TOTAL	21 mg	4,4 HbCO	18 mg	1,8 HbCO

Les taux de nicotine absorbée dans la condition avec CO sont établis sur la base d'une absorption moyenne de 1 mg par cigarette « dénicotinisée ». Ces taux sont peut-être surestimés si le degré d'inhalation a été faible. Dans ce cas, la valeur totale réelle serait plus proche des 18 mg obtenus sans CO.

Quoi qu'il en soit, une étude par laquelle nous avons analysé l'effet de la nicotine seule sur la vigilance nous a appris que le comportement des sujets n'était pas sensible à une différence de 20 mg d'une passation à l'autre. (Tarrière, Hartemann et Niarfeix, 1964).

Les seules modifications à attendre devraient être le fait de l'oxyde de carbone; telle est l'hypothèse de départ.

II - 4 - 3 - 2. Effets du CO sur la performance :

La surveillance exercée par les sujets est meilleure avec CO que sans CO; c'est-à-dire, et cela doit être souligné, meilleure avec cigarettes qu'avec nicotine seule (tableau III).

On observe également un effet de passation additif à l'effet de l'oxyde de carbone (fig. 10).

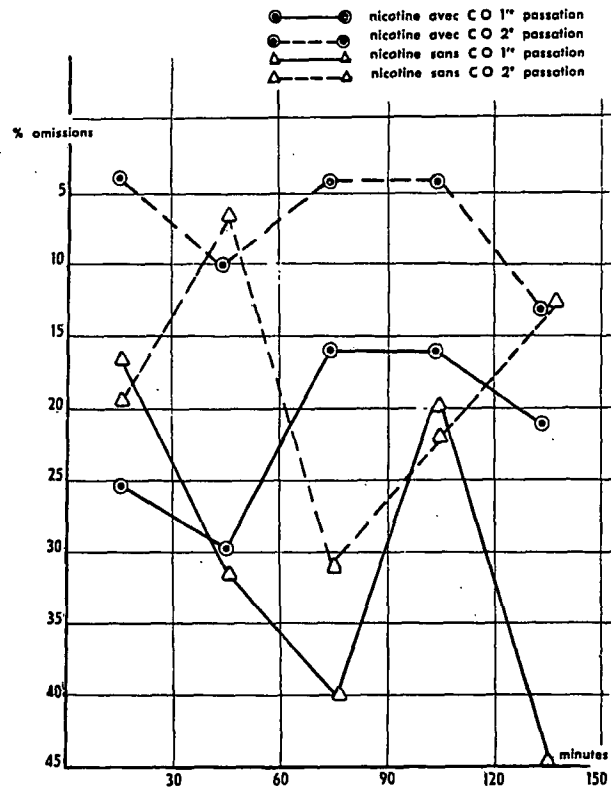


Fig. 10. — Évolution de la performance dans les deux conditions avec et sans oxyde de carbone.

Tableau III

Sources de variation	D L	Somme des carrés	Carrés moyens	F	Signification
CO	1	64,00	64,00	12,50	T.S.
Passation	1	100,00	100,00	19,53	T.S.
Sujets	7	243,65	34,81	6,8	S
CO × Passation	1	2,00	2,00	< 1	
Résidu	9	44,10	4,9		
TOTAL	19	453,75			

Cet effet passation va dans le même sens que l'effet CO, sans qu'il y ait interaction de l'un et l'autre.

Comme on peut le constater sur la figure 10, les fluctuations de la performance sans CO sont importantes. Il en allait de même, lors de l'expérience sur les effets du tabac, quand les sujets effectuaient la tâche sans fumer. Il est malaisé de donner une juste interprétation de tel phénomène, mais du moins peut-on supposer qu'il est l'expression d'une certaine perturbation des sujets inhabitués à être frustrés d'une drogue que la nicotine elle-même ne suffirait pas à remplacer. Indépendamment des seules conséquences physiologiques de cette privation (abaissement du niveau d'activation, principalement, qui réagit sur le niveau moyen de la performance), il se peut que les fluctuations de vigilance autour de ce niveau moyen soient le fait d'une grande variabilité intra-individuelle des réactions psychologiques à la frustration au cours des 150 minutes de la tâche : la frustration serait ressentie plus vivement à certains moments qu'à d'autres... et l'on sait l'importance du facteur motivation dans ce type de tâches.

II - 4 - 3 - 3. Données physiologiques complémentaires :

Les données disponibles concernent, ici encore, la fréquence cardiaque. On peut voir, sur la figure 11 que c'est en passation avec oxyde de carbone qu'elle est la plus élevée et qu'il y a correspondance grossière de niveaux avec les courbes de performance.

Pour expliquer cette nouvelle observation, il faut contrôler que cette relation entre rythme cardiaque

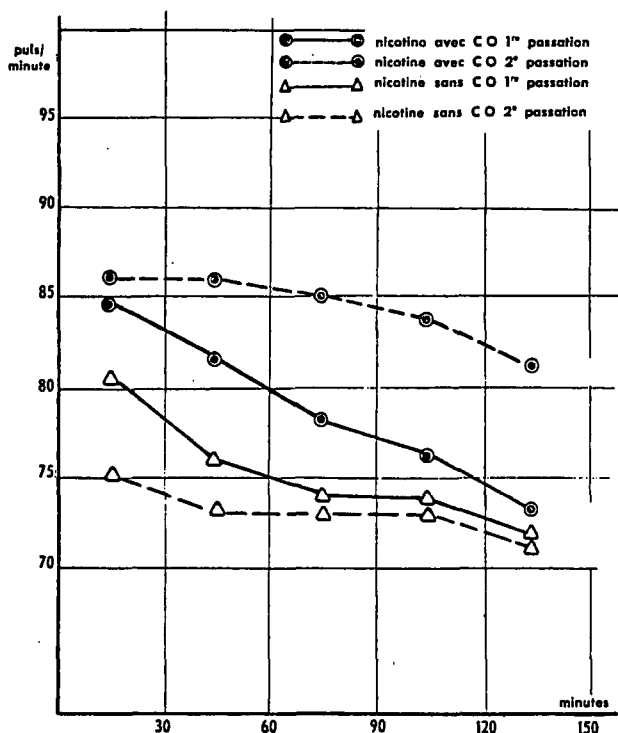


Fig. 11. — Évolution de la fréquence cardiaque avec et sans oxyde de carbone.

et efficacité de la surveillance s'établit par l'intermédiaire de l'intoxication tabagique des fumeurs. Le détail des quantités de nicotine absorbée et des taux d'oxycarbonémie présentés par les groupes avec CO en 2^e passation et avec CO en 1^{re} passation s'établit comme suit :

	Groupe CO, 2 ^e passation	Groupe CO, 1 ^{re} passation
Nicotine absorbée pendant l'épreuve	8,75 mg (moyenne par sujet)	7 mg (moyenne par sujet)
Taux d'oxycarbonémie	2,7 HbCO	7 HbCO

Le groupe dont la fréquence cardiaque et la performance sont les plus élevées présente donc une oxycarbonémie faible pour une quantité de nicotine absorbée forte, à l'inverse de l'autre groupe.

Comme on sait que les doses de nicotine sont théoriques, c'est-à-dire qu'il n'y a aucune certitude qu'elles correspondent effectivement aux doses auxquelles l'organisme aura été soumis (le degré d'inhalation de la fumée joue un rôle important vis-à-vis de l'intoxication nicotinique, or il est impossible à contrôler par l'expérimentateur), tout porte à croire que le groupe « CO 1^{re} passation » dont l'oxycarbonémie est importante a été davantage « nicotinisé » que l'autre. Si cela est exact, le groupe avec CO en 2^e passation, dont l'intoxication tabagique est faible, comporterait des sujets plus sensibles à cette drogue, c'est-à-dire plus excités par elle, que ne le sont ceux de l'autre groupe; ce niveau d'excitation, dont la fréquence cardiaque rend compte, retentissant sur l'efficacité de leur surveillance, comme en témoigne leur courbe de performance.

II - 4 - 4. Discussion :

Si l'on reprend l'hypothèse que cette étude visait à tester : le comportement de sujets accomplissant une tâche de surveillance est-il affecté par un taux d'oxycarbonémie correspondant à celui que présentent les fumeurs? on doit constater que la présente étude ne fait guère progresser cette question.

La nécessité d'utiliser la fumée de cigarette comme source d'oxyde de carbone rend ce facteur très impur. Dans le cas présent, c'est avec oxyde de carbone que la surveillance est la plus efficace; or, c'est précisément dans cette situation que les sujets ont la possibilité de fumer; dans l'autre, il ne prennent que de la nicotine. Il y a donc ambiguïté à ce sujet : la cigarette est-elle favorable à la vigilance grâce à l'oxyde de carbone qu'elle renferme ou malgré l'oxycarbonémie qu'elle provoque? Ce deuxième terme est plus recevable si l'on se réfère aux propriétés connues de la nicotine et du CO; le premier terme implique, pour être

plausible, l'éventualité d'une interaction de la nicotine et du CO, telle que les effets de l'oxyde de carbone seraient radicalement modifiés lorsqu'il est combiné à la nicotine et aux autres constituants de la fumée de tabac, ce qui est peu vraisemblable.

Pour éclairer cette question, il aurait fallu réaliser un plan expérimental qui comportât une passation avec CO seul et une passation avec fumée de cigarette... sans oxyde de carbone. Réalisation impraticable, bien entendu.

En tout état de cause, il est prudent de s'en tenir au constat suivant : l'absorption, par voie buccale, d'une quantité de nicotine équivalente à celle qu'il absorbe en fumant ne suffit pas à compenser, chez le fumeur, le handicap qu'entraîne la privation de cigarette, lorsqu'il doit effectuer une tâche de surveillance. Et, complémentaiement, une oxycarbonémie de 4,4 HbCO, si elle a quelque effet sur la vigilance, n'est pas assez importante pour neutraliser, voire diminuer, l'effet favorable de la cigarette.

Dernier point à élucider : pourquoi la cigarette aide-t-elle le fumeur à être vigilant, étant donné ce que l'on sait de l'effet de la nicotine et ce que l'on présume de l'effet du CO? Si les mécanismes de la vigilance étaient parfaitement connus et si l'on avait des notions claires concernant l'effet complexe du tabagisme sur les structures psychophysiologiques de l'individu, il suffirait d'une expérimentation adaptée pour expliciter les éléments de réponse à cette question. Dans l'état actuel des connaissances, il subsiste trop d'inconnues. Et il resterait encore à résoudre une difficulté d'ordre méthodologique. Car si le fumeur est le seul sujet humain sur lequel on puisse étudier les effets du tabagisme, il limite beaucoup les possibilités d'expérimentation : le priver de tabac pour analyser les effets de l'absence de cette drogue, c'est introduire un facteur psychologique de frustration dont la part est difficile à identifier; le soumettre à un taux important de tabagisme, c'est courir le risque de provoquer des réactions secondaires perturbatrices. Il reste peu de liberté en dehors de cette alternative.

II - 4 - 5, Conclusion :

L'oxycarbonémie ne semble donc pas handicaper le fumeur pour la réalisation d'une performance élevée à une tâche de surveillance. Au contraire, la réussite à cette tâche est moins bonne lorsque les fumeurs sont soumis seulement à une intoxication nicotinique équivalente à celle que suscite la fumée de tabac.

Comme il n'y a pas lieu de penser que l'oxyde de carbone soit un facteur d'élévation du niveau de vigilance, on ne peut qu'attribuer à la cigarette ce rôle facilitateur. Cette supériorité de la fumée de tabac peut venir soit de ce que la nicotine est plus stimulante lorsqu'elle est absorbée en inhalation par les voies respiratoires que lorsqu'elle est ingérée par les voies digestives — car dans ce dernier cas sa métabolisation est sans doute beaucoup plus accélérée — soit

d'une interaction de la nicotine, du CO et des autres constituants de la fumée de cigarette; interaction telle que l'effet sur la vigilance, de ces divers éléments combinés serait plus importante que l'addition simple des effets de chacun d'eux.

III — DISCUSSION ET CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

L'étude des effets de la fumée de tabac sur le comportement de sujets accomplissant une tâche de surveillance visait à répondre à la question suivante : le tabagisme est-il, ou non, susceptible de diminuer la capacité du conducteur à percevoir à temps les événements inattendus, parce que rares et aléatoires, qui surviennent au cours de la conduite? En d'autres termes, exerce-t-il un effet défavorable sur la vigilance du conducteur?

On est en mesure de répondre à cette question dans les termes suivants :

- d'une part, un fumeur privé de tabac pendant une journée exerce une surveillance beaucoup moins efficace que lorsqu'il fume normalement, y compris pendant la tâche. Cette baisse d'efficacité est la conséquence vraisemblable de la chute importante du niveau d'activation générale de l'organisme, dont témoigne le fumeur privé de cigarette.
- d'autre part, lorsque les fumeurs effectuent la tâche de vigilance en fumant, ils présentent un niveau d'efficacité plus élevé et plus stable que celui des non-fumeurs; et l'on sait que cette supériorité est bien due au tabac et non à un trait de personnalité qui leur serait propre. Ce point a été vérifié par une étude complémentaire.

De telles observations pourraient se suffire à elles-mêmes. Le tabagisme est le fait d'une proportion non négligeable de conducteurs; il concerne également toute une population d'individus exerçant, en milieu industriel et militaire, des tâches de surveillance. Toutefois, une hypothèse était sous-jacente à l'étude entreprise, que les résultats obtenus ne vérifient pas. On sait, en effet, que la fumée de tabac entraîne une intoxication oxycarbonée assez importante. Connaisant les effets dépresseurs du CO sur le système nerveux central, on était en droit de s'attendre à ce que l'oxycarbonémie des fumeurs constitue un handicap dans une situation de vigilance.

En fait il s'avère que cette oxycarbonémie n'altère pas l'efficacité de leur surveillance, en raison, semble-t-il, de la présence conjointe dans l'organisme d'une quantité importante de nicotine, dont l'effet modifie l'effet dépresseur du CO au point que ce dernier ne paraît pas du tout s'exercer.

L'avantage que confère la fumée de tabac au cours d'une tâche nécessitant un haut degré de vigilance a été observé chez des fumeurs qui n'étaient exposés à

aucune autre source de pollution oxycarbonée. Sinon rien ne garantit que la quantité de nicotine absorbée en fumant suffirait à neutraliser l'effet dépresseur du CO, exercé à la fois par la fumée de tabac et par la source de pollution ambiante.

Le cas de la conduite automobile :

Pour s'en tenir aux résultats présents, il semble donc que la consommation de cigarettes ne cause aucun préjudice au conducteur — au contraire? Cette déduction n'est cependant pas permise. L'automobiliste est en effet exposé à une autre source de CO s'ajoutant à celle que représente la fumée de tabac et l'oxycarbonémie résultante est loin d'être négligeable.

Dans le cas de la conduite automobile, il semble en effet établi que les gaz d'échappement peuvent entraîner, dans l'habitacle même de la voiture, des concentrations en CO qui, s'ajoutant au CO de la fumée de tabac, provoquent chez le conducteur une oxycarbonémie supérieure au seuil admissible.

Ce dernier, tel qu'il est généralement admis par les hygiénistes, est établi à 100 ppm. Mais les spécialistes, tenant compte du fait que les gaz d'échappement comportent d'autres substances aux effets synergiques à ceux du CO, telles que les oxydes d'azote, ont fixé à 50 ppm le seuil critique pour des ambiances comparables à celle d'une automobile (ce qui correspond à 8 % d'HbCO ou 2 ml % de CO dans le sang).

Quels sont les taux d'oxycarbonémie à attendre chez des fumeurs en activité de conduite automobile?

MOUREU et Coll., testant 303 conducteurs indifféremment fumeurs ou non-fumeurs, ont découvert que 50 % d'entre eux présentaient un taux supérieur à 0,9 % de CO dans le sang (fig. 12); les dosages ayant été effectués le matin, la part attribuable au tabac peut être considérée comme minime. Ceci est d'autant plus probable que sur les 435 sujets « particuliers »

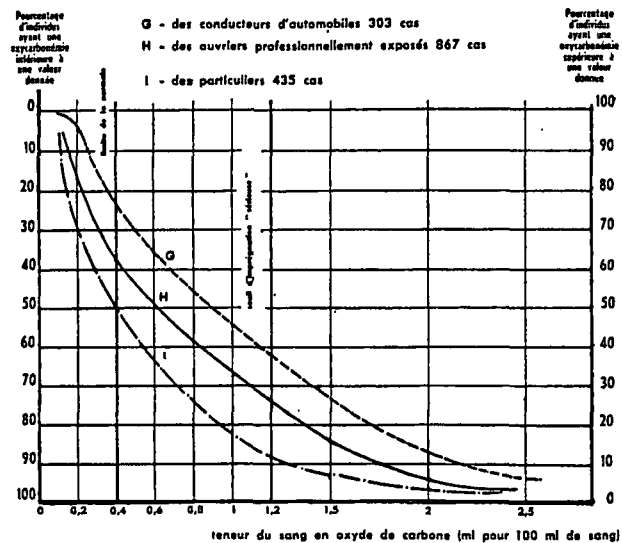


Fig. 12. — Teneurs statistiques comparées en oxyde de carbone du sang. (d'après MOUREU et Coll.)

dont les taux ont été établis dans le cas de la même étude, 20 % seulement dépassaient cette valeur de 0,9 %. Comme on peut penser que les fumeurs étaient aléatoirement répartis entre ces deux populations, il y a tout lieu de considérer que la seule exposition aux gaz d'échappement est responsable du taux élevé des conducteurs. Si l'on se réfère aux données observées chez nos sujets fumeurs, on constate que 50 % sont supérieurs au taux de 1,5 % de CO.

L'évaluation du taux moyen des conducteurs fumeurs pourrait donc, de façon grossière, donner une valeur de 2 % de CO soit (8 % d'HbCO) — en ajoutant à 0,9, taux présenté par les conducteurs de MOUREU et Coll., la valeur 1,1 qui représente le taux attribuable au tabac (1,5 chez nos sujets), déduction faite d'un taux résiduel moyen de 0,4.

Cette valeur de 2 % de CO dans le sang des conducteurs fumeurs est certainement assez inférieure à celle qu'on pourrait établir à partir de prélèvements faits sur des sujets en activité effective de conduite. En outre, elle est dépassée, au dire de certains auteurs, par beaucoup de grands fumeurs même « hors conduite ». Ainsi HANSON et HASTINGS, SCHMIDT, 1940 (cités par PARENT), ont-ils relevé des taux supérieurs à 4 % de CO dans le sang (16 % d'HbCO) chez des sujets dont la consommation de cigarettes dépassait 25 par jour. MOUREU et Coll., de leur côté, font état de taux de :

3,5 % dans le sang, soit 14 % d'HbCO
 à 8 % — 32 % d'HbCO chez des conducteurs dont il n'est pas dit s'ils étaient, ou non, fumeurs.

Confronté à de telles valeurs, le taux de 2 % de CO dans le sang, que nous tenons pour moyen chez des conducteurs fumeurs, est donc loin d'être pessimiste. Or il correspond exactement au seuil critique établi par les hygiénistes.

Rappelons, par ailleurs, que la présence de CO₂ (CO₂ contenu dans les gaz d'échappement, CO₂ absorbé avec la fumée de tabac, CO₂ produit par les passagers eux-mêmes) dans l'habitacle clos de l'automobile favorise l'intoxication oxycarbonée en accélérant les échanges.

Les fumeurs qui s'abstiennent de cigarettes en conduisant sont-ils pour autant à l'abri des risques que présente l'oxycarbonémie dite critique?

On considère qu'après une abstention de tabac pendant une heure, l'abaissement du taux de CO est minime, et ce d'autant plus que la consommation antérieure a été importante. Au delà, la pente reste extrêmement faible : jusqu'après 12 heures sans tabac, le taux en CO reste encore anormalement élevé. Les effets bénéfiques d'une abstention de fumer ne sont donc à attendre que dans le cas d'une conduite de plusieurs heures et ils nécessitent en outre qu'aucune cigarette ne marque les pauses ménagées pendant le trajet.

En outre, si le tabagisme favorise le maintien de l'état

vigile en situation de repos ou d'activité légère, il peut en aller très différemment pour d'autres niveaux d'activité physique. L'intoxication peut être d'autant plus forte, le handicap cardio-respiratoire d'autant plus important que l'activité exercée est plus intense. L'effet stimulant du tabac sur la vigilance pourrait lui-même s'atténuer ou disparaître (par effet d'hypoxie sur le système nerveux central) si des exigences énergétiques se superposaient aux exigences de surveillance proprement dites.

Telles sont les limites à assigner aux avantages que procure le tabagisme dans une situation de surveillance.

Enfin, en l'absence de tabagisme, on ne peut rien dire des effets d'une intoxication oxycarbonée sur la vigilance, même à un taux correspondant à celui que provoque la fumée de cigarette.

Nous avons dit ici quelles étaient les limites d'une recherche expérimentale utilisant une population de sujets fumeurs : on ne peut les priver de tabac sans risquer d'introduire un facteur psychologique de frustration qu'on ne contrôle pas ; quant à les soumettre à un taux important de tabagisme c'est s'exposer au déclenchement de réactions secondaires perturbatrices. De telles contraintes enferment l'expérimentateur dans un cadre très étroit.

Compte tenu de cette contrainte, compte tenu par ailleurs des distorsions que paraissent subir les effets attendus de l'oxyde de carbone, du fait de sa combinaison aux autres constituants de la fumée de tabac, en raison, enfin, du rôle important que semble jouer la nicotine et qui masque au delà de ce qu'on attendait au départ les effets de l'oxycarbonémie, il y a tout lieu d'escompter qu'une recherche portant sur des individus tout venants, exposés à une ambiance

de CO, permettrait d'éclairer les aspects que les études ici rapportées n'ont pu mettre en lumière.

On serait à même de savoir si l'automobiliste est effectivement vulnérable — au point de vue de la vigilance — à la pollution qu'il subit dans les conditions actuelles de circulation et de conception des véhicules. Pour satisfaire également une curiosité que cette recherche fait naître, l'inclusion d'un échantillon de fumeurs dans la population étudiée permettrait de savoir si le tabac élève ou non, par ses effets excitants, le seuil de sensibilité aux effets déprimeurs de l'oxyde de carbone auquel les fumeurs seraient également exposés en ambiance contrôlée.

Dans cette perspective les prolongements de l'étude pourraient s'effectuer de la façon suivante :

1^o Détermination du taux d'oxycarbonémie présentée par un échantillon de sujets fumeurs et non-fumeurs conduisant dans des conditions contrôlées et standardisées (conducteurs effectuant des essais d'endurance sur circuit fermé).

2^o Réalisation en laboratoire d'ambiance présentant une surcharge de CO permettant de provoquer des taux d'oxycarbonémie équivalents ou légèrement supérieurs à ceux observés dans l'expérience de conduite réelle.

3^o Étude des réactions psychophysiologiques manifestées au cours d'une tâche effectuée dans l'ambiance réalisée, et simulant la conduite automobile. Deux groupes de sujets seront observés :

- un groupe de non-fumeurs exposés au seul oxyde de carbone ambiant ;
- un groupe de fumeurs exposés, en outre, au CO qu'ils absorberont par la fumée de tabac.

SUMMARY

This survey proposes to aid in determining whether or not the behaviour of the driver of an automobile is modified by the relatively high rate of CO to which the driver is exposed.

Carbon-monoxide poisoning of the blood was produced through tobacco smoke. 24 smokers have had to perform a task requiring the same kind of vigilance as that needed for driving a car. They did this task under two conditions : with and without tobacco. The task lasts 150 minutes. The performance of the subjects appears better when they smoke while doing their tasks (although the carbon-monoxide poisoning has been serious-average rate : 1,5 ml of CO for 100 g. of blood) than when they do the same tasks after having abstained from smoking since the previous day. It also appears that with tobacco, smokers perform consistently while the 42 non-smokers of the control group have a decreasing effectiveness in their behaviour during the test.

The frequency of the subjects heartbeats is recorded uninterruptedly during the task. It is highest in the group of smokers who do smoke and lowest in the group of smokers who may not smoke, whereas it is average in the group of non-smokers. These results correspond exactly to the performances. Thus, it appears that the levels of general excitation are different in the three groups of subjects.

Furthermore, the heartbeat frequency decreases from the beginning to the end of the test. The decrease is less pronounced in the smokers' group that has tobacco than in the two other groups. However, when the performance become better at the end of the test, the heartbeat frequency continues to decrease. Therefore, heartbeat frequency is a useful criterion, but it is still insufficient to account for the variety of phenomena of behaviour recorded in a situation of monotonous activity.

It is then verified that the superiority shown by smokers, particularly regarding the stability of their performance, is due only to tobacco rather than to a feature of their personalities. On this point, it appears that characteristics of extroversion and introversion are randomly distributed among smokers and non-smokers, and it is further shown that the favourable effect of the introversion factor on the performance adds to the favourable effect of the tobacco.

In order to identify the respective effects of nicotine and of carbon-monoxide, analyses are finally attempted. It appears that the nicotine-carbon-monoxide combination as it is obtained through tobacco smoke is more favourable to vigilance than nicotine alone taken orally.

As it is difficult to consider carbon-monoxide responsible for this effect, it is suggested that nicotine is far less stimulating when it is taken orally (through the digestive system) than when it is absorbed through the respiratory system.

Moreover, one may not deduce, from such evidence, that smoking cigarettes is not prejudicial to the car driver.

In fact, the driver of an automobile, being exposed to other sources of CO which add to CO coming from tobacco smoke, suffers a carbon-monoxide poisoning of the blood the level of which is higher than that level determined as dangerous by health experts.

In addition, the stimulant effect of tobacco upon vigilance could decrease or disappear if some energizing needs combined with the requirements of an actual supervision.

Because of the distortions that seem to affect the expected results of carbon-monoxide due to its combination with other elements of tobacco smoke, and because of the limits this phenomenon imposes on the research, it seems desirable to direct our efforts along the following lines.

1° Determination of the rate of carbon-monoxide poisoning of the blood of a sample of smoker and non-smoker subjects driving under controlled and standardized conditions (drivers taking endurance trials on a closed course).

2° Realization in a laboratory of an atmosphere having a high CO rate able to cause carbon-monoxide poisoning of the blood equal or slightly higher to the rates recorded in the actual driving test;

3° Research on psychophysical responses during a task simulating the driving of a car, performed in an atmosphere such as that described above.

Two groups of subjects will be under observation :

- a non-smoker group exposed only to the carbon-monoxide of the atmosphere;
- a smoker group exposed also to the carbon-monoxide they will inhale through tobacco smoke.

BIBLIOGRAPHIE

BAKAN (P.).

Extraversion-Introversion and Improvement in an auditory vigilance task.

Brit. J. Psychol., 50, 325-332. (1959).

BROWN (I. D.) and POULTON (E. C.).

Measuring the spare « mental capacity » of car-drivers by a subsidiary task.

Ergonomics, 1961, 4, 1, 35-40.

CLAYTON (G. D.), COOK (W. A.) and FREDRICK (W. G.).

A study of the relationship of street level. Carbon monoxide concentrations to traffic accidents.

Traffic safety, 1960, 12, 25-32.

COLQUHOUN (W. P.).

Effets d'une faible dose d'alcool et de certains autres facteurs sur la performance dans une tâche de vigilance.

Bull. C.E.R.P. XI, 1, 1962, 27-44.

Temperament, inspection efficiency, and time of day.

Ergonomics 3, 4, 1960, 377-379.

EYSENCK (H. J.), TARRANT (M.), WOOLF (M.) and ENGLAND (L.).

Smoking and personality.

Brit. Med. J., 1960, 5, 1465-1460.

FORBES (W. H.), DILL (D. B.), de SILVA (H.) and van DEVENTER (F. M.).

The influence of moderate carbon monoxide poisoning upon the ability to drive automobiles.

J. Indust. Hyg. Tox., 1937, 19, 10, 598-603.

GUILLERM (R.), BADRE (R.) et GAUTIER (H.).

Effets du séjour dans une atmosphère à faibles concentrations d'oxyde de carbone sur les réactions circulatoires et respiratoires à l'effort musculaire et sur l'acuité visuelle nocturne.

A paraître in « Proceedings of the Third International Bioclimatological Congress held at The Royal Society of Medicine », Pergamon Press.

LARSON (P. S.), HAAG (H. B.), SILVETTE (H.).

Tobacco : Experimental and clinical studies.

Williams et Wilkins Co, Baltimore 1961.

Mc FARLAND (R. A.).

Human Factors in Air Transport Design.

New York, McGRAW-HILL BOOK Co, 1946.

Chapt. 6 : « Carbon monoxide and other noxious gases », 209-251.

MATARAZZO et COLL.

Psychological and related characteristics of smokers and no smokers.

Psychol. Bull. 57, 1960, 493-513.

MOUREU (H.), CHOVIN (P.), TRUFFERT (L.) et LEBBE (J.).

Sur le choix de l'oxyde de carbone comme substance-test de la pollution par les gaz d'échappement des véhicules automobiles. Application à l'étude de la pollution atmosphérique de Paris en 1960.

Revue de La Pollution Atmosphérique, 1962, 14, avril-juin, 187-209.

PARENT (M.).

L'oxycarbonémie des fumeurs.

Thèse Médecine Paris, 1962.

PROVINS (K. A.).

Environmental conditions and driving efficiency: a review.

Ergonomics, 1958, 2, 1, 97-107.

SILVETTE (H.), HOFF (E. C.), LARSON (P. S.) and HAAG (H. B.).

The actions of nicotine on central nervous system functions.

Pharmacol. reviews, 1962, 14, 137-173.

TARRIERE (C.) et WISNER (A.) :

L'épreuve de vigilance.

Psychologie française, 1960, V, 4, 261-283.

TARRIERE (C.), HARTEMANN (F.) et NIARFEIX (M.).

Analyse des effets de la nicotine et de l'oxyde de carbone au titre de leur participation à l'influence de la fumée de tabac dans une tâche de vigilance. 1964, non publié.

TARRIERE (C.).

La simulation de la conduite automobile. Présentation d'un ensemble expérimental original.

Revue des Corps de Santé, 1965, 6, 1, 115-127.

TARRIERE (C.) and HARTEMANN (F.).

Investigation into the effects of tobacco smoke on a visual vigilance task.

A paraître in *Ergonomics* 1965.