

La lutte contre la pollution de l'air par les véhicules automobiles

Pierre Lemaigre

Zusammenfassung

Dieser Vortrag erfolgt im Anschluß an einen Bericht, welchen der Autor zusammen mit Herrn Professor Brunner am Kongreß über Luftverunreinigung in Straßburg im Juni 1964 vorgelegt hatte.

Hier beschränkt sich der Autor absichtlich auf das Studium der Vorschriften und der Anwendung von Vorrichtungen gegen die Luftverunreinigung, die sich direkt auf den Motor und das Auto beziehen (ausgenommen Treibstoffe).

Er berichtet über die Modalitäten und über gewisse Schwierigkeiten, welche sich bei der Anwendung der Vorschriften über den «Blow-by» und über die Abgase von Dieselmotoren ergaben. Er erwähnt die Mittel zur Bekämpfung der Luftverunreinigung entweder direkt am Motor oder als Zusatzvorrichtung. Dabei geht er auf die Tendenzen ein, welche sich in den Untersuchungen über den Aufbau des klassischen Motors abzeichnen und berichtet, was man auf lange Sicht von der Turbine, vom Drehkolbenmotor und von der Treibstoffzelle erwarten kann.

Er unterstreicht die entscheidende Rolle des Verbrauchers für den Erfolg der Maßnahmen gegen die Luftverunreinigung und betont abschließend die Notwendigkeit einer engen Zusammenarbeit zwischen der Verwaltung, den Erdölfirmen und der Automobilindustrie.

Résumé

Cet article, qui reproduit en grande partie la communication faite par l'auteur à Zurich le 23 septembre 1965, fait suite au rapport qu'il avait présenté, conjointement avec M. le Professeur Brunner, au Congrès sur la pollution tenu à Strasbourg en juin 1964.

L'auteur s'est ici volontairement limité à l'étude de l'évolution des réglementations et des applications des dispositifs antipollution liés directement au moteur et au véhicule automobile, à l'exclusion des carburants.

Il souligne les modalités et parfois les difficultés rencontrées dans l'application des réglementations sur le «blow-by» et sur les fumées des moteurs Diesel.

Il fait le point sur les moyens antipollution par dispositifs soit ajoutés, soit intégrés au moteur, et il expose les tendances des recherches sur l'architecture du moteur classique ainsi que ce que l'on peut espérer des solutions à long terme telles que la turbine, le moteur à piston rotatif et les piles à combustible.

Après avoir montré le rôle déterminant de l'utilisateur dans le succès des mesures antipollution, l'auteur conclut en insistant sur la nécessité d'une coopération étroite entre l'Administration, les pétroliers et l'Industrie Automobile.

I. Situation en juin 1964

Les moyens de lutte contre la pollution – Etat de la question en juin 1964

Le problème étudié au Congrès de Strasbourg avait été abordé dans deux directions :

- le carburant,
- le moteur.

L'exposé de Monsieur le Professeur *Brunner* portant sur l'étude et l'influence des carburants, nous ne traiterons pas ce problème.

Nous dirons seulement que, d'une façon générale en Europe et plus particulièrement en France :

- la désulfuration des carburants et combustibles est très poussée et les raffinements se tiennent en-dessous des exigences légales.

C'est ainsi qu'en France, les teneurs maxima en soufre sont de 0,025 à 0,050% de soufre pour l'essence, 0,25 à 0,30% pour le gas-oil, contre 0,45 à 0,55% pour les fuels domestiques,

- la courbe de distillation et la tension de vapeur des carburants sont périodiquement modifiées – carburant d'hiver et carburant d'été – par addition de produits légers. Remarquons à ce sujet que si un accroissement de tension de vapeur peut être favorable pour l'allumage et la combustion, il devient défavorable quand on considère les émissions d'hydrocarbures par évaporation,
- enfin, en 1964, la recherche de produits additifs améliorant la combustion, soit directement, soit par meilleure maintenance de la chambre de combustion ou des organes d'alimentation, était largement amorcée.

En ce qui concerne les moyens d'action antipollution basés spécifiquement sur le moteur, nous distinguerons trois chapitres :

- la lutte contre la fumée des moteurs Diesel,
- la suppression de l'émission des gaz de carter (gaz de blow-by),
- la réduction des teneurs en oxyde de carbone et autres produits nocifs dans les gaz d'échappement.

Fumée des moteurs Diesel

Le problème de la pollution par les moteurs Diesel a été, par suite de la différence profonde de composition des parcs de véhicules utilitaires européens et américains, traité d'une façon différente de part et d'autre.

Tout d'abord, nous rappellerons que les experts ont mis le moteur Diesel hors de cause, tant en ce qui concerne l'émission d'oxyde de carbone dans les gaz d'échappement que pour les hydrocarbures imbrûlés des gaz de carter.

C'est que, contrairement au moteur à essence, le moteur Diesel aspire à chaque cylindrée une quantité d'air qui, même à injection maximum de

combustible, est en excès de 20 à 30% sur la quantité d'air théoriquement nécessaire à la combustion complète.

L'oxyde de carbone n'est produit qu'en raison d'une injection défectueuse et de l'absence d'excès d'air.

Aussi, à Londres, le «London Transport Executive» a relevé, sur un parc de plusieurs milliers d'autobus, des teneurs de CO entre 0 et 0,06% atteignant au maximum 0,15%. Ce n'est qu'en cas de dérèglement avec fumée abondante que la teneur peut atteindre 7%.

Dans ces conditions, les réglementations des divers pays européens ont prévu des sanctions pour émissions abusives de fumée.

Ainsi, en France, un arrêté de novembre 1963 prévoit la réception par type des véhicules neufs dans les conditions suivantes :

«Mesure avec un opacimètre à cellules, le cadran comportant une échelle graduée de 0 à 100 reliée linéairement au pourcentage de lumière absorbée par une épaisseur de 407 mm de gaz d'échappement.»

La mesure est faite véhicule arrêté, température normale du moteur. Celui-ci subit 3 accélérations jusqu'au régime maximum, de façon à éliminer les causes d'erreur dues à un ralenti préalable et à une accumulation de suie.

L'opacité de l'échappement mesurée au cours de la 4ème accélération doit rester inférieure aux mesures maxima suivantes :

- 40 unités pour les voitures particulières,
- 45 unités pour les autobus et camions légers,
- 50 unités pour les camions de 6 à 19 t de poids total roulant,
- 60 unités pour les autres catégories.

Emission des gaz de carter

Cette émission n'a lieu que dans les moteurs à essence. Elle est constituée dans sa majeure partie, environ 85%, par du mélange carburé et pour 15% restants par des produits de transformation résultant de la combustion incomplète.

Si nous désignons par 100 la quantité totale d'hydrocarbures imbrûlés rejetés par le moteur dans l'atmosphère, on estime que si 10% au minimum sont produits par les évaporations (carburateur, réservoir) et 60% par l'échappement, le reste, soit 25 à 30%, est contenu dans les gaz de carter et peut être détruit par recyclage.

Pour ce faire, le carter est mis en communication contrôlée avec le système d'admission au moteur et le moteur réaspire les gaz perdus relativement riches en hydrocarbures imbrûlés.

La construction européenne a en fait suivi l'exemple donné par la construction américaine. Il en a été de même en ce qui concerne la réglementation. C'est ainsi que la législation française a adopté les normes des Etats de Californie et de New York qui peuvent être résumées de la façon suivante :

- Le moteur doit être conçu ou équipé de telle manière que l'émission des gaz de carter mesurée pendant un cycle donné soit inférieure à 0,15% du poids du combustible consommé pendant le cycle.

Ce cycle est divisé en 3 phases successives :

- 25% du temps total, moteur au ralenti, à vide,
- 25% à un régime du moteur correspondant à une vitesse du véhicule de 50 km/h, la dépression dans la tubulure d'aspiration étant de 400 mm de mercure,
- 50% à un régime correspondant également à 50 km/h mais avec une dépression de 250 mm.

Réduction de l'oxyde de carbone et autres produits dans les gaz d'échappement

Les seules normes officielles actuelles sont celles qui ont été édictées par l'Etat de Californie en 1959. Elles ont pour but de ramener la qualité de l'air de Los Angeles en l'état de 1950, sur la base du trafic escompté en 1970, ce qui amène à réduire les teneurs des échappements des véhicules américains actuels de 80% en ce qui concerne les hydrocarbures et de 60% pour l'oxyde de carbone.

Ceci a conduit aux normes limites suivantes :

Hydrocarbures: 275 ppm (rapporté à l'hexane)
Oxyde de carbone: 1,5% en volume

la mesure étant obtenue en pondérant les teneurs relevées au cours des séquences successives d'un cycle (ralenti, accélération, croisière, décélération) reproduisant grosso modo la marche d'un véhicule dans l'agglomération de Los Angeles.

Les oxydes d'azote n'étaient pas mentionnés.

A l'origine, le Comité antipollution de Los Angeles espérait qu'il serait créé des dispositifs additionnels facilement adaptables aux véhicules du parc, d'où un certain nombre de conditions pratiques supplémentaires: prix d'appareil et d'installation suffisamment réduits, durée de service minimum: 12 000 miles sans recharge ou remplacement de pièces importantes, maintenance facile, faible modification des performances – puissance et consommation – du véhicule.

Les appareils additionnels au moteur destinés à réduire les teneurs des composants toxiques des gaz d'échappement et ainsi présentés jusqu'à juin 1964 peuvent être divisés en deux classes :

- A. Appareils avant chambre de combustion devant éviter la production des composants toxiques (économiseurs, correcteurs d'accélération et décélération...)
- B. Appareils après chambre de combustion destinés à détruire les gaz toxiques produits (post-combustion par catalyse ou par flamme).

A. Appareils avant la chambre de combustion

Economiseurs

C'est, au départ, l'idée alléchante d'un appareil omnibus, simple et indéréglable, dont l'efficacité anti-pollution s'accompagne d'une notable économie d'essence, d'où l'adaptation d'un appareil complémentaire placé généralement entre carburateur et pipe d'admission, améliorant, homogénéisant le mélange carburé et rendant la carburation plus parfaite. Mais, dans la pratique, à côté de toutes les difficultés de réglage tenant compte de la dispersion et de la diversité des modèles et des conditions d'emploi, on trouve une perte de charge et une diminution plus ou moins forte des performances du moteur. Les conclusions de tous les laboratoires européens ont rejoint celles de la Commission d'études américaine et les économiseurs ont connu un insuccès total.

Correcteurs d'accélération et de décélération

Ils ont pour but d'éviter l'afflux brutal et excessif d'essence au début de l'accélération et la queue d'alimentation inutile en décélération.

Dans les meilleurs cas, on a constaté des résultats peu notables en ce qui concerne l'oxyde de carbone et les imbrûlés. En contrepartie, il y a des troubles de carburation à la reprise et des difficultés de montage dans le cas des carburateurs multicorps ou multiples. Comme ces appareils exigent en outre une modification profonde des réglages de série du carburateur, différente suivant les types de moteurs et de carburateurs, il en résulte une application quasi impossible sur les véhicules du parc en service.

B. Appareils après la chambre de combustion

Ces dispositifs additionnels, insérés dans le système normal d'échappement, agissent par combustion soit par voie catalytique soit par flamme directe. Alimentés en air par pompe ou par venturi, ils brûlent plus ou moins partiellement les imbrûlés (hydrocarbures et oxyde de carbone) des gaz d'échappement.

La General Motors a travaillé pendant plusieurs années l'application du catalyseur Houdry tandis que Ford étudiait plus de 100 matériaux catalyseurs, en particulier le pentoxyde de vanadium qui se révélait satisfaisant pour les imbrûlés, mais insuffisant pour l'oxyde de carbone. La combustion par brûleur à flamme directe a été l'objet d'étude par Chrysler.

A côté des Constructeurs, on notait les résultats de la Socony Mobil Oil, de l'American Foundry, de l'American Cyanamid, etc... qui aboutirent finalement à quatre homologations californiennes, trois d'entre elles concernant les appareils à catalyse et la quatrième opérant par combustion à flamme directe.

Et cependant, il y a 18 mois, l'Industrie Automobile Américaine informait

les autorités californiennes qu'elle n'avait pas l'intention d'utiliser de tels dispositifs.

Elle indiquait qu'elle équiperait ses voitures neuves, modèles 1966, destinées à la Californie, avec des appareils *intégrés d'origine* au moteur et susceptibles de répondre aux normes exigées¹.

Il s'agit, en particulier, du Man-Air-Ox de la General Motors, du Thermactor de Ford, tous deux utilisant une addition d'air secondaire au niveau des soupapes d'échappement et ce, par utilisation d'une pompe à air conçue par une division de la General Motors, pompe évitant des entrées additionnelles d'huile de graissage et utilisant des palettes de téflon autolubrifiantes.

Par ailleurs, le système Chrysler, dit C.A.P., est basé sur un réglage du ralenti très étudié et l'utilisation d'un retard à l'allumage au ralenti et d'une avance en décélération, commandés automatiquement.

Nous reviendrons plus loin sur les questions que soulèvent ces dispositifs. Telle était la situation, en gros, fin 1964.

II. Situation actuelle

A. Aux U.S.A.

Les U.S.A. considèrent la Californie comme le champ d'expérience qui doit résoudre pour l'ensemble des Etats la technique et la réglementation.

Les questions en suspens sont donc des problèmes

- de technique et d'efficacité,
- d'entretien et, par suite, de contrôle,
- de prix de revient et, par suite, de réactions de l'opinion publique.

Appareils de recyclage des gaz de carter (blow-by)

La mise au point est en progrès. Une deuxième génération d'appareils ou P. C. F. (Positive Crankcase Ventilation) a vu le jour.

Il s'agissait d'éviter le gommage (sans emploi d'essences spéciales à détergent), l'entraînement d'huile, la tendance au givrage du carburateur et, enfin, d'augmenter l'efficacité aux faibles charges réduite par suite de la dépression d'air insuffisante au carburateur.

Le système simple reliant le carter à la pipe d'admission avec filtre à huile et soupape de régulation en fonction de la dépression est devenu un système double reliant le carter au filtre, d'une part, et à l'admission après carburateur,

¹ Man-Air-Ox ou Manifold Air Oxydation
C.A.P. ou Chrysler Cleaner Air Package.

Il faut citer en outre les dispositifs de :

- l'American Motors, appelé «Air Guard» (analogue au Man-Air-Ox) et adopté également par Kaiser-Jeep,
- l'International Harvester, système analogue au Man-Air-Ox, avec en plus une modification du piston destinée à diminuer le refroidissement des gaz.

d'autre part. En chargeant le moteur, c'est-à-dire en accélérant, le premier flux augmente, le deuxième diminue mais comme le moteur aspire les deux flux, les gaz de blow-by à recycler sont toujours aspirés en totalité quels que soient la charge et le régime du moteur.

Les soupapes de régulation sont perfectionnées et deviennent auto-nettoyantes et l'efficacité semble devoir se conserver pendant 90 000 km.

D'autres systèmes prévoient une admission constante d'air frais (40 à 50 litres par minute) dans le carter avant le passage aux soupapes.

On est donc en progrès et l'on estime que 30% des hydrocarbures émis devraient pouvoir être ainsi récupérés.

Mais, il n'en reste pas moins que le Directeur du Contrôle de Californie (M. V. P. C. B.), M. *Jensen*, estimait qu'au bout de deux ans d'expérience portant sur un parc de 8 millions de véhicules dont 4 millions étaient équipés d'appareils de blow-by, 18% seulement des dispositifs étaient suffisamment entretenus (soupape de régulation colmatée).

Enfin, il apparaissait que les pertes par évaporation étaient, en fait, plus importantes que prévu.

On redescend ainsi en fait d'une réduction théorique de 30% à moins de 10% de réduction effective.

Appareils de post-combustion

Les questions de chaleur dégagée, d'inertie à la mise en route des appareils, d'empoisonnement des catalyseurs, ne sont que partiellement et coûteusement résolues.

Ainsi, à fin 1964, le Comité californien¹ notait que les prix des appareils homologués pour l'équipement du parc variaient entre 80 et 150 \$ avec un entretien annuel pouvant atteindre 50 \$ et était, en conséquence, obligé d'en différer l'obligation de montage.

En vérité, on espérait pouvoir ramener ultérieurement ces chiffres à 60 \$ pour les prix et 30 \$ pour l'entretien.

Par contre, pour leurs modèles 1966, les Constructeurs² indiquaient que leurs appareils intégrés étaient au point pour les véhicules neufs à livrer en Californie, avec les prix de revient prévisibles suivants :

- genre Man-Air-Ox, coût de 30 à 45 \$, entretien annuel (non précisé: de l'ordre de 10 \$).
- système Chrysler, coût de 13 à 20 \$, entretien annuel: 34 \$.

Dans ces conditions, compte tenu des résultats de Californie, un projet de loi fédérale a été déposé demandant que les modèles 67 soient ainsi équipés pour l'ensemble des U.S.A.

¹ Communiqué du Comité en date du 16 décembre 1964.

² Audition devant la Commission antipollution du Sénat américain en avril 1965.

Mais, au cours des discussions soulevées par l'étude de ce projet de loi, les Constructeurs ont insisté sur la nécessité d'un délai de deux ans pour la mise au point de ces dispositifs en tenant compte spécialement des différences de climats rencontrés aux Etats-Unis. Ils ont insisté également pour que le standard national soit, au maximum, celui de Californie et sur le besoin d'éducation des usagers pour faire admettre à ceux-ci la nécessité d'une inspection obligatoire et d'un entretien périodique.

Enfin, Chrysler indiquait spécialement que son système était à la limite des possibilités et qu'il faudrait y renoncer si les exigences antipollution devenaient plus dures.

Or, simultanément, devant le retard pris et la nécessité d'être plus tolérant pour le parc existant et de laisser hors réglementation les voitures anciennes, l'Etat de Californie envisage de nouvelles normes à partir de 1970 :

CO: 1% au lieu de 1,5% en volume,

Imbrûlés: 180 ppm au lieu de 275 ppm,

Oxyde d'azote: 200 ppm au lieu d'exigence non spécifiée¹,

Blow-by: 0,10% au lieu de 0,15% en poids de carburant consommé,

Evaporation: 8 g par cycle au lieu d'exigence non spécifiée.

D'ores et déjà, à partir de 1967, l'exemption accordée aux voitures de cylindrée inférieure à 2300 cc (correspondant en fait aux voitures importées) serait supprimée.

Tout ceci afin de maintenir des valeurs acceptables de pollution globale à partir de 1970, compte tenu, bien entendu, de certaines hypothèses sur l'augmentation du parc.

Ceci risque donc de remettre en cause les principes des solutions possibles, éventuellement de forcer à revenir aux appareils à post-combustion dont nous avons vu les difficultés.

En ce qui concerne l'évaporation, cela pose la question de la volatilité des essences et la nécessité de rendre étanche le système d'alimentation du moteur en carburant. Ces deux impératifs conduisent d'une part, à la climatisation ou à la ventilation des divers éléments en vue d'éviter un échauffement excessif et, d'autre part, à la modification des réglages de carburation et des carburateurs eux-mêmes.

Devant cette situation, M. *Jensen* lui-même, en vue de l'extension d'une réglementation à l'ensemble des Etats-Unis, avait insisté sur les points suivants :

- diversité des terrains et des climats,
- nécessité d'éviter surenchères, doubles emplois et exagération des prix,
- nécessité d'entreprendre un programme de recherches pour en finir avec les problèmes d'échappement et de recyclage (à remarquer que le premier programme est en cours depuis dix ans),

¹ Il est envisagé de porter la teneur maximale à 350 ppm (décembre 1965).

- ne définir les problèmes d'inspection et d'entretien qu'ultérieurement,
- se souvenir que si le parc américain est de 85 millions de véhicules, 80% des Américains vivent sur 1% de la surface du pays.

Il est bon d'essayer d'estimer le coût annuel prévisible pour les appareils à post-combustion dans le cas où l'application à l'ensemble du parc américain en aurait été réalisée. Ce calcul supposé en période d'équilibre ne tient pas compte de la charge de premier équipement des 85 millions de véhicules du parc actuel.

1. appareils neufs :

production annuelle de véhicules : $9 \text{ millions} \times 30 \$ = 270 \text{ millions de } \$$

2. entretien et inspection : parc actuel : $85 \text{ millions} \times 20 \$ = 1700 \text{ millions de } \$$
 au total : 2 milliards de \$.

Le montant consacré à la recherche pure par les Etats-Unis est de 5,9 milliards de \$.

Le rapprochement de ces deux chiffres montre la charge énorme que représenterait le programme antipollution puisqu'il atteindrait le tiers des dépenses de recherche pure.

Aussi les industriels américains demandent d'étudier :

1. les problèmes du smog particulier à tel ou tel Etat, ces problèmes ne se rejoignant qu'ultérieurement en un problème national,
2. pour chaque source de pollution (industrielle comme automobile) la réduction maximum techniquement possible pouvant être obtenue et, dans chaque cas, l'évaluation du coût pour l'économie nationale,
3. en conséquence l'ordre d'urgence économique de chaque chapitre et ainsi la détermination des autres programmes industriels de diminution d'émission qui seraient à mettre en œuvre.

B. Situation actuelle en France

C'est à la lumière des éléments résultant des études américaines qu'il faut apprécier les études faites en France et les dispositions prises déjà ou en cours d'études.

M. *Truffert*, dans son exposé, a rappelé les études faites sur l'atmosphère de la capitale :

Quadrillage de Paris en 317 quartiers de 16 ha chacun. Sur ce quadrillage et en des carrefours représentant des points de circulation maximum, prélèvement et détermination des teneurs en oxyde de carbone.

A côté de certains points où l'on constate des points dépassant 200 ppm, les teneurs moyennes se sont établies à :

22,4 ppm en 1960

19,9 ppm en 1961

21,0 ppm en 1962
31,5 ppm en 1963¹
23,9 ppm en 1964²

donnant ainsi une certaine stabilité (sauf en 1963) avec une légère progression de l'ordre de 10% en 5 ans.

Parallèlement, le parc parisien (Département de la Seine) est passé de 1 195 000 véhicules au 31 décembre 1960 à 1 653 000 véhicules au 31 décembre 1964, en augmentation de 40% pendant que la consommation de carburants augmentait seulement de 25%.

La stabilité peut donc s'expliquer par un décrochage parc-circulation (la circulation croissant moins vite que le parc tend vers une saturation) mais aussi très certainement par la modernisation du parc.

Par ailleurs, le Bureau d'Hygiène, dans son étude de 1963, a trouvé, au centre de Paris, des teneurs moyennes annuelles de 2,5 ppm en 1963 et 2,0 ppm en 1964, avec un taux moyen hivernal de 3,8 ppm en 1963, 2,8 ppm en 1964 et un taux moyen estival de 0,7 ppm en 1963 et 0,9 ppm en 1964.

Ceci confirme l'extrême diffusibilité de l'oxyde de carbone dont le taux relevé est sensible aux lieux, au climat, aux vents, aux heures, au réglage des feux de circulation, etc.

Il en est résulté des études sur les taux d'oxyhémoglobine relevés sur des agents-témoins de la circulation classés fumeurs ou non fumeurs et sur les résultats desquelles je ne reviendrai pas ici³.

On a ainsi été amené à rechercher pour les points sensibles du trafic l'influence du ralenti d'une part et des périodes de régimes transitoires « accélération et décélération » d'autre part.

Pour le ralenti, nous avons fait des relevés statistiques sur plusieurs centaines de véhicules en circulation à Paris.

Ils ont donné les chiffres suivants :

- moins de 5% d'oxyde de carbone, au ralenti, à vide: 53%
- de 5 à 7% d'oxyde de carbone, au ralenti, à vide: 24,5%
- au-dessus de 7% d'oxyde de carbone, au ralenti, à vide: 22,5%

avec comme taux limites 0,1% et plus de 8% montrant ainsi une extrême dispersion autour d'une moyenne de 4,5%.

Le problème du réglage et surtout du dérèglement du ralenti se trouve ainsi posé.

Reste celui des régimes transitoires :

En 1955, déjà, le M.V.P.C.B. avait, à Los-Angeles, étudié l'influence des

¹ L'accroissement brutal constaté en 1963 a entraîné la recherche des causes possibles. On a mis en avant les conditions climatiques exceptionnelles, les difficultés de circulation accrues par les travaux, mais sans certitude.

² Il a été indiqué par M. Truffert que les neuf premiers mois 1965 donnaient une teneur de 24,04.

³ Voir exposé de M. Truffert.

différents régimes utilisés dans un circuit urbain-type. Ses conclusions se résumaient dans le tableau suivant donnant d'ailleurs des chiffres inférieurs à ceux avancés par certaines publications :

	Ralenti	Accélération	Marche normale	Décélération
Hydrocarbures d'échappement (en ppm)	2100	430	620	5700
Oxyde de carbone (en %)	3,6	0,4	0,1	1,5

Les temps correspondants étaient :

Ralenti :		18%
Marche normale :	50 km/h	46%
Accélération :	15 à 50 km/h	18%
Décélération :	50 à 15 km/h	18%

Compte tenu des volumes d'air carburé mis en œuvre (taux de remplissage) pour chaque régime de marche, on en déduit, pour la séquence d'utilisation donnée ci-dessus, les pourcentages relatifs suivants :

	Hydrocarbures	Oxyde de carbone
Ralenti	5	20
Marche normale	32	43
Accélération	30	16
Décélération	33	21

On voyait apparaître l'importance de la décélération et, par contre, une influence du ralenti moins importante qu'attendu.

Depuis cette date, les études de Californie ont conduit à admettre pour l'établissement du cycle de contrôle (sept cycles partiels) et en tenant compte de l'influence globale des polluants les valeurs suivantes :

	Répartition en temps des cycles	Valeurs pondérées des cycles
Ralenti	14,6	4,2
Marche normale	21,9	16,8
Accélération	31,4	69,9
Décélération	32,1	9,1
	<u>100,0</u>	<u>100,0</u>

l'importance accrue des régimes transitoires, accélération en particulier, s'expliquant par une fluidité diminuée du trafic.

Mais transposées à Paris, ces conclusions étaient peu valables par suite des différences de cylindrée avec les voitures américaines et des conditions de trafic.

Nous avons donc analysé les parcours urbains de Paris, examinant itinéraires, heures, densité de circulation, conducteurs enfin et en tenant compte des régimes transitoires. Nous en avons déduit et établi un parcours sur l'Autodrome de Linas-Montlhéry correspondant au *parcours type moyen urbain parisien* tel que celui-ci :

Tour du circuit: 9 km 200

Temps de parcours: 37 min 45 sec

Vitesse moyenne: 14 km 65

se décomposant, pour une voiture avec boîte à quatre vitesses en

arrêts: 41 de 17 secondes	soit 11 min 37 sec (31%)
1ère vitesse:	3 min 12 sec (8%)
2ème vitesse:	14 min 11 sec (37%)
3ème vitesse:	7 min 44 sec (21,5%)
4ème vitesse:	1 min 01 sec (2,5%)

Vitesses maximales de 5, 20, 40 et 60 km/h sur chaque étage de vitesse respectivement.

Les essais sont exécutés avec le même conducteur ou, en tout cas, avec des conducteurs dressés à une méthode de conduite constante et reproductible.

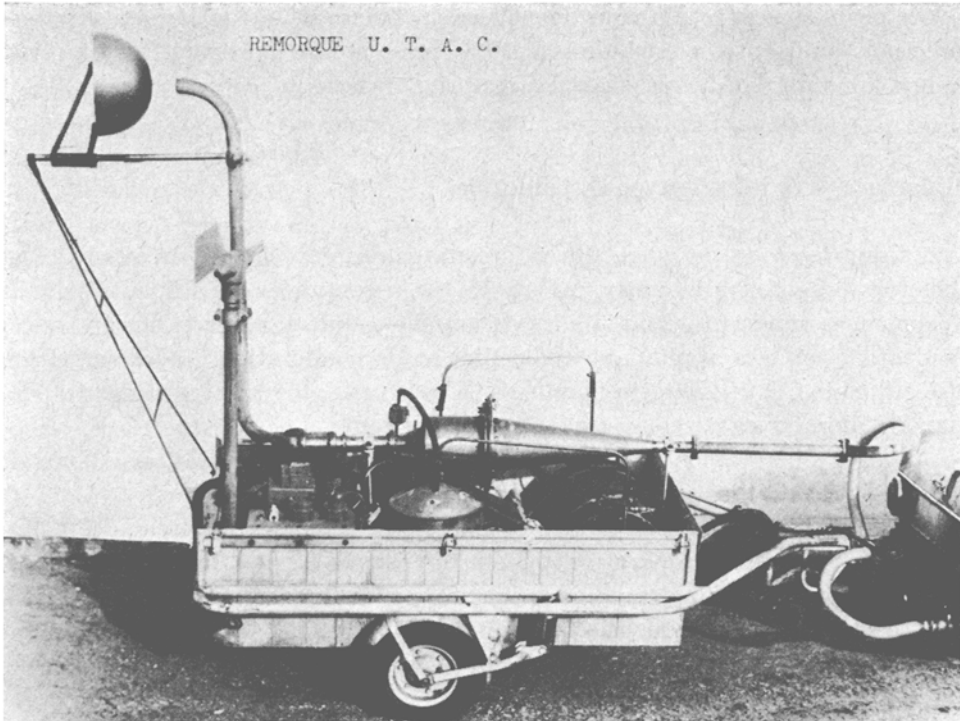
Ils sont faits avec une remorque-laboratoire attelée derrière la voiture. Celle-ci permet la réalisation automatique de l'intégrale, somme des émissions en oxyde de carbone à toutes les allures en prélevant un pourcentage constant et connu des gaz d'échappement pour les faire passer sur des réactifs permettant un dosage ultérieur facile des composants absorbés.

La mesure porte d'une part, sur le CO₂ contenu normalement dans les gaz du prélèvement et d'autre part sur le CO transformé pour la commodité de la mesure en CO₂ secondaire par combustion dans un four à oxyde de cuivre. Le CO₂ normal et le CO₂ secondaire sont absorbés séparément dans des barboteurs contenant une solution alcaline.

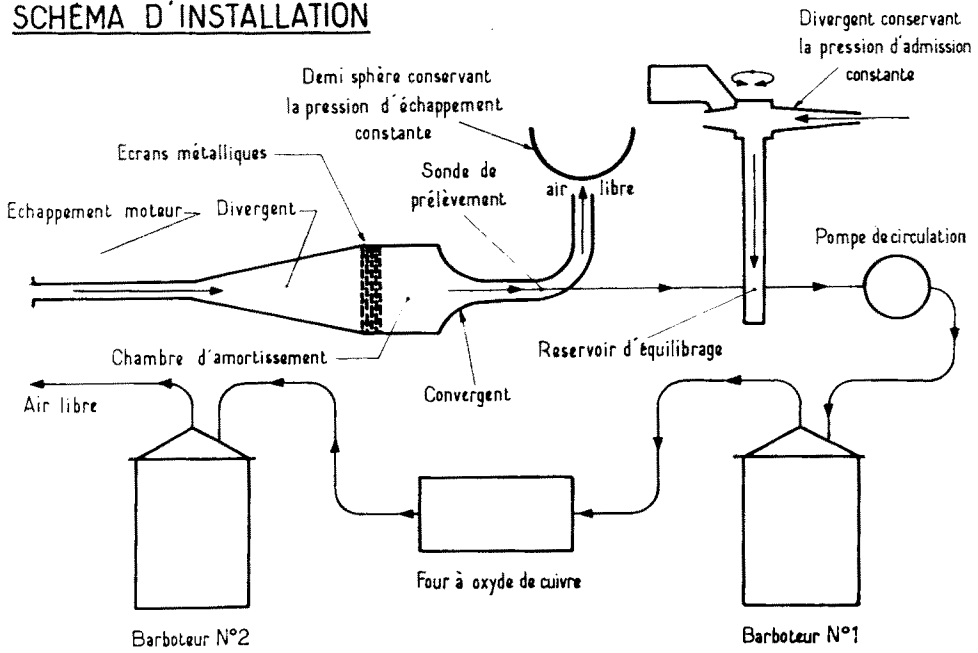
Les quantités de CO et CO₂ sont obtenues par titrage des solutions contenues dans les barboteurs, suivant la méthode de Warder.

Nous avons donc les éléments pour mesurer les quantités totales de CO et CO₂ émises sur un parcours donné, pendant toutes les phases de ce parcours et rapportées au carburant consommé. La comparaison des quantités de carbone dans le carburant et dans les gaz émis permet une vérification.

Le poids de la remorque en alliages légers est de 320 kg soit équivalent à quatre passagers.



SCHEMA D'INSTALLATION



Le problème est résolu pour des vitesses urbaines de 60 km/h max. avec une précision suffisante, c'est-à-dire à 10% près, chiffre très satisfaisant étant donné le nombre de variables et les causes d'erreurs.

Différence avec le cycle-type de Californie

Alors que le mode de calcul du pourcentage des émissions d'un véhicule est effectué en Californie en partant des analyses instantanées des effluents suivant 7 séquences représentant des allures de marche codifiées, réalisées sur un banc à rouleaux et en leur appliquant un coefficient de pondération, la détermination des effluents CO et CO₂ est effectuée en France en intégrant ces effluents pendant la durée d'un parcours-type effectué sur route.

Il est d'ailleurs bien évident que la méthode de mesure française pourrait être appliquée à un parcours-type simulé sur banc à rouleaux.

Les différences dans les allures codifiées des véhicules résultent des cylindrées des véhicules européens nettement inférieures à celles des véhicules américains, donc des rapports poids-puissance, et des conditions de circulation.

C'est la raison pour laquelle le parcours-type U.T.A.C. comprend 31% du temps total pour le fonctionnement au ralenti (arrêts de circulation) et (pour une boîte à 4 vitesses par exemple):

- 8% d'utilisation en première,
- 37% d'utilisation en seconde,
- 21,5% d'utilisation en troisième et, enfin,
- 2,5% seulement du temps en prise directe.

Chaque parcours comprend la même durée en accélération et en décélération, soit 34,5% du temps total de la durée de l'essai.

Les régimes stabilisés dits « de croisière » n'existent pas en fait dans le parcours-type U.T.A.C.

Ce parcours place les véhicules dans leurs conditions réelles d'utilisation, les accélérations étant celles résultant de la puissance du moteur en face de l'inertie de l'ensemble: véhicule + remorque.

Au contraire, le cycle de Californie, effectué sur un banc à rouleaux avec une inertie d'équivalence fixée forfaitairement par catégories de poids de véhicules, pénalise les véhicules de petite cylindrée et de faible poids.

D'après les essais effectués, la sévérité des deux cycles est comparable pour les véhicules de plus de 2 litres de cylindrée et, par contre, celui de Californie semble inadapté pour les véhicules de petite cylindrée, inférieure à 2 litres, en particulier pour les très petites cylindrées (0,5 à 0,8 litre).

D'ailleurs, il semble que (communiqué 117 du 29 septembre 1965 du M. V. P. C. B.) le cycle de Californie sera remanié et se rapprochera précisément du cycle adopté par nous.

Réglage du ralenti

Nous avons vu dans une pondération de l'ensemble des émissions la faible influence de la marche au ralenti. Cependant, on constate l'influence prolongée du réglage du ralenti sur les résultats du parcours-type et par conséquent sur la pollution totale, c'est pourquoi j'emploie le terme « réglage du ralenti » par opposition à « marche au ralenti ».

Le réglage des éléments du ralenti agit encore sur la carburation, au-delà de la « marche au ralenti » et selon la charge du véhicule, parfois jusqu'à 40% du régime normal du moteur. Son influence peut donc se faire sentir pendant toute une partie de la période de l'accélération.

C'est ainsi qu'une moyenne d'un grand nombre d'expériences sur le parcours urbain, portant sur un type de voiture et avec différents réglages du ralenti donne le tableau de corrélation suivant :

Teneurs au ralenti	Teneurs sur parcours urbain
%	%
0,1	1,9
2,5	2,9
5	2,95
7,5	3,45

On voit que, contrairement à certains chiffres avancés pour le réglage optimum du ralenti, il suffit dans le cas de la voiture considérée que l'émission au ralenti ne dépasse pas 5% pour que l'émission globale sur le parcours urbain reste à un taux inférieur à 3%.

Ceci est valable dans la généralité des cas, mais ne peut pas toujours être réalisé avec certains types de moteur.

En outre, le ralenti, toutes caractéristiques mécaniques étant fixées par ailleurs, joue avec le temps de marche, donc avec la température du moteur, le réchauffage du carburateur adopté, la température ambiante, l'altitude, etc.

Enfin, les dispersions que nous avons signalées montrent qu'en matière d'estimation d'émissions, les valeurs moyennes générales ne sont pas représentatives et qu'il faut traiter les problèmes de niveau d'émission pour chaque type de véhicules.

Etudes en cours

A ce point de notre exposé, les directions des études qui se posent à nous et que nous avons en cours se sont définies. Nous les répartirons comme suit :

- Architecture du moteur
- Modes d'alimentation
 - Carburateur et perfectionnement du carburateur
 - Combustion hétérogène
 - Injection
- Appareils incorporés
- Appareils indépendants
- Architecture de la voiture
 - Rapport puissance-poids
 - Boîte de vitesses
 - Pont arrière
- Solutions à long terme

Indiquons tout d'abord qu'un programme de mesures des émissions de CO, qui portera sur les voitures et véhicules commerciaux légers les plus représentatifs de la production française et de l'importation étrangère, soit, au total, plus de 30 modèles, est en cours.

Seront ainsi comparés les cylindrées, le mode de refroidissement (eau, air, liquide sous pression), les moyens de carburation, par exemple les carburateurs à double corps, permettant un réglage plus fin et une meilleure répartition du mélange carburé (moteurs 4 et 6 cylindres, moteurs en V, moteurs flat-twin).

L'étude permettra de définir une courbe enveloppe des résultats obtenus.

A priori, on insistera peu sur les moteurs à deux temps qui sont en très petit nombre (DKW et SAAB). La composition des gaz est d'ailleurs entièrement différente et poserait d'autres problèmes.

Architecture du moteur

C'est la continuation de l'étude plus que cinquantenaire de l'influence du dessin des chambres et pistons, de l'influence des parois, du taux de compression, du rapport course-alésage... elle se traduit chaque année par des progrès.

A titre d'exemple, il est bien évident que, finalement, l'augmentation du rendement thermique, résultat de l'augmentation du taux de compression, se traduit par une amélioration de la pollution. On étudie actuellement des taux de compression allant jusqu'à 13. Le moteur allemand Audi, par exemple, avec certains artifices de turbulence, est déjà à 11,2.

L'ensemble du choix des matériaux et de l'exécution des segments et chemises doit pouvoir améliorer le problème du blow-by.

L'influence de la température des parois est indéniable, d'où des recherches sur les températures optima de refroidissement des culasses et des chemises et éventuellement sur le choix du liquide même de refroidissement.

Modes d'alimentation

Carburateur

De nombreuses études sont en cours sur le carburateur. D'une part, on a à rechercher l'augmentation de la précision du réglage du ralenti : pointeau, filetage des vis de réglage, usure des axes, précision d'usinage. D'autre part, des études portent sur des dispositifs bloquant ou tout au moins freinant l'admission d'essence en fonction de la dépression pendant les périodes de décélération. Nous avons vu en effet que ce régime correspond au maximum d'émission d'hydrocarbures.

Combustion hétérogène

La combustion hétérogène est sans doute prometteuse.

A l'inverse des recherches sur les économiseurs qui ont tendu à avoir un mélange aussi homogénéisé que possible, il est, à la réflexion, plus logique d'envisager, au contraire, un allumage par mélange riche enflammant ensuite un mélange pauvre. C'est, au fond, la technique des moteurs Diesel, d'abord des moteurs à antichambre, puis surtout des moteurs à injection directe avec turbulence.

On arrive ainsi aux différentes recherches portant sur les moteurs dits à charge stratifiée (qui sont une solution particulière de combustion hétérogène).

Deux moyens sont actuellement proposés :

- moteur avec culasse à préchambre. Celle-ci comporte une soupape d'admission de mélange riche et la bougie. La culasse comporte en outre la soupape d'admission de mélange pauvre et la soupape d'échappement, soit trois soupapes par cylindre et deux systèmes de carburateur ;
- pipe d'admission modifiée, constituée par la pipe d'admission normale, contenant à l'intérieur des tubes d'un diamètre relativement faible, par exemple 8 mm dans une pipe de 35 mm, débouchant très près des soupapes d'admission. Par ces tubes arrive le mélange riche, tandis que le mélange pauvre passe par la pipe normale. On crée ainsi l'hétérogénéité désirée. L'alimentation des deux admissions peut être faite par deux carburateurs ou un seul carburateur convenablement adapté.

Au banc et en régime stable les performances du moteur sont maintenues mais le grand problème reste toujours le passage du banc à la route, le moteur, et par suite la voiture, devant conserver les qualités de souplesse et de reprise.

Injection

Quant aux véhicules à injection d'essence, ils sont presque en totalité à injection basse pression dans la chapelle d'admission (Peugeot, Mercedes, Jaguar,

Lancia), véhicules restant en nombre extrêmement faible par suite, entre autres raisons, du prix de revient nettement plus élevé du système de l'injection par rapport au carburateur.

Par contre, ces moteurs résolvent le problème de la décélération par arrêt d'injection d'essence et, finalement, doivent théoriquement satisfaire assez aisément aux normes actuelles de Californie.

Ils sont très prometteurs au banc d'essai au point de vue gain antipollution. Mais, en ce qui concerne la marche sur route, ils posent jusqu'à maintenant, si l'on veut conserver tout le gain antipollution, de sérieux problèmes de réglage, n'ayant pas à leur disposition les possibilités du clavier du carburateur (nombre de gicleurs, pompe de reprise, etc...).

Ces problèmes sont évidemment des problèmes de souplesse de marche: marche au ralenti (dosage régulier de quantité minime d'essence) et reprises qui doivent rester suffisamment riches.

Appareils incorporés

Par appareils incorporés, nous entendons, comme on l'a vu précédemment, les dispositifs intégrés dans la structure du moteur du type véhicule américain 1966, type Californie.

Les solutions américaines sont-elles transposables aux voitures européennes?

Le Man-Air-Ox, par exemple, pose des problèmes multiples.

Une seule pompe produite par une division de la General Motors semble actuellement disponible et avec un prix de revient de l'ordre de 10 \$. A grande vitesse et en charge – zone d'utilisation sans intérêt pour la marche urbaine – les températures de réaction sont trop élevées, d'où nécessité d'adopter une soupape de décharge, un métal spécial pour les tubulures d'échappement, éventuellement une rotation des soupapes, un clapet pour éviter le retour de flamme en décélération. L'élévation de température sous le capot reposera le problème du vapor lock et de l'évaporation d'essence; il faudra peut-être augmenter le système de refroidissement et corriger les effets variables des climats et des altitudes. Tout ceci amène à se demander si les prévisions de prix américaines actuelles ne sont pas trop optimistes.

Appareils indépendants

En dehors des études étrangères, diverses études sont en cours en France sur les pots à post-combustion catalytique dont une avec catalyseur à base d'oxyde de thorium qui semble intéressant.

On peut se demander si les problèmes propres aux appareils catalyseurs et que nous avons évoqués, n'enlèvent pas un intérêt pratique à ces recherches?

A cette question, nous voyons deux réponses:

L'échec des appareils à catalyse vient pour partie du programme trop ambitieux qui leur a été imposé. Il s'avère utile d'en reprendre l'étude en recherchant leur limite raisonnable dans le pourcentage d'absorption à réaliser.

La deuxième réponse est que dans le parc du département de la Seine, il y a, à côté des voitures particulières qui, en fait, sont à faible kilométrage, les véhicules à fort kilométrage annuel : taxis, Postes, Police, ambulances, voitures des Administrations, voitures de livraison des grands magasins, qui, en fait, sont groupés en parcs pouvant faire l'objet de réglage, entretien, contrôle systématique.

Or, ces véhicules, au total de l'ordre de 100 000, sur un parc de 1 500 000, font certainement 30% du kilométrage. On peut donc être amené, pour une partie du parc (la partie la plus polluante) à envisager des dispositions spéciales d'adaptation de dispositifs de réglage, de mesure et d'entretien.

De l'ensemble des observations et des mesures faites, il y a finalement des conclusions à tirer sur *l'architecture de la voiture*.

Il y a en fonction des indices : puissance, régime moteur, poids à vide et en charge, un choix rationnel des rapports de *boîtes de vitesses*, de leur échelonnement et de leur nombre qui peuvent contribuer à placer plus vite et plus longtemps le moteur dans son régime de consommation minimum.

Si nous éliminons les dispositifs à roue libre par suite de leur incidence sur le freinage, nous pouvons, par contre, établir des comparaisons entre boîtes normales et boîtes automatiques.

Celles-ci, éliminant pour une grande part le facteur-conduite, sont susceptibles, avec un réglage adapté, de donner une diminution de la pollution, mais il faut toutefois tenir compte de la perte de rendement des convertisseurs de couple.

L'étude d'une bonne multiplication de *pont arrière* rejoint les remarques que nous avons faites sur l'intérêt de placer le moteur dans sa zone de consommation minimum.

Je ne voudrais pas arrêter cet exposé sans dire un mot des *solutions à long terme*.

Que donneront les turbines dont les produits de combustion sont exempts d'oxyde de carbone? Sans doute peu d'influence sur le trafic urbain, une tendance semblant se dessiner d'applications des turbines à forte puissance à des véhicules de transport de marchandises à grande distance.

Les moteurs rotatifs tels que le Wankel fonctionnant suivant un cycle à quatre temps poseront, pour le moins, les mêmes problèmes de pollution que les moteurs classiques.

Reste la solution des véhicules électriques. Du côté des accumulateurs le problème poids, malgré les résultats obtenus par les accumulateurs légers, n'est pas résolu. Mais apparaissent les piles chaudes qui font des progrès remarquables. Cependant en face des problèmes de prix de revient, d'investissements, en face de tous les problèmes de mise au point et enfin, en face des pro-

blèmes posés par les combustibles aptes à être consommés par les piles chaudes, cette solution n'est pas envisagée par les grands laboratoires américains comme susceptible d'être appliquée à l'automobile avant 15 ans. Mais n'étudie-t-on pas, en France, le Paris de l'an 1980?

III. Mesures à prendre pour l'entretien et la conduite

Nous avons vu qu'aux Etats-Unis, la pierre d'achoppement était l'entretien des dispositifs et l'inspection. Il en sera de même en France :

Les solutions françaises tendent à être les suivantes :

Comme suite à la loi générale du 2 août 1961 sur la pollution atmosphérique et les odeurs, deux arrêtés ont été pris, l'un sur les fumées, en date du 12 novembre 1963, que nous avons résumé au début de notre exposé, l'autre sur les gaz de carter en date du 28 juillet 1964. Enfin, un arrêté sur l'oxyde de carbone est en cours d'études.

Reprenons les points qu'ils soulèvent :

Fumée des moteurs Diesel

Les techniciens sont d'accord pour reconnaître qu'un moteur en bon état ne doit pas fumer.

Pour cela, il faut :

- que le combustible soit le combustible du commerce, sans addition ni fraude (addition de fuels légers par exemple),
- que la pompe soit bien réglée (égalité à tous régimes des injections dans chaque cylindre),
- que les injecteurs soient convenablement et également tarés, qu'ils ne coulent pas au ralenti, qu'à chaud ils ne coinent pas par suite de dilatation et de déformation des corps d'injecteurs (évitant ainsi encrassement, formation de coke dans les chambres et sur les pistons),
- que les taux de compression de chaque cylindre soient égaux et maintenus à leur valeur d'origine, ce qui nécessite un bon état des pistons, des segments, des chemises de cylindres,
- que le circuit de refroidissement, radiateur, thermostat, pompe, ventilateur, maintienne la température du moteur à son niveau optimum, de l'ordre de 75° (éviter la formation de $\text{SO}_4 \text{H}_2$ et l'usure en résultant),
- que le moteur ne soit pas employé en surcharge (surcharge de couple ou de régime par dérégulation du débit des pompes ou des régulateurs),
- qu'il soit maintenu aux environs de son régime minimum de consommation, donc qu'il soit bien conduit, c'est-à-dire que le conducteur utilise au mieux sa gamme de vitesses de boîte et de réducteur.

Les Constructeurs précisent bien ces points dans leurs notices et nous ne ferons que citer, à titre d'exemple, les instructions très complètes édictées en Suisse, par Saurer-Arbon.

L'arrêté français a prévu des limites d'opacité de fumées pour les véhicules neufs. Il a été conçu en termes plus généraux pour les véhicules en service, se bornant à prohiber les « fumées nettement teintées ou opaques, avec tolérance des émissions fugitives au moment des changements de vitesse ».

Il a donc été nécessaire d'édicter des règles d'application. Tout d'abord, certains camions de fabrication plus ancienne dépassent les normes pour des raisons dont l'origine provient des bases techniques adoptées à l'époque: rapport puissance-poids trop faible, système et réglage d'injection donnant une turbulence insuffisante... Etant donné leur valeur restante d'utilisation, une dérogation temporaire, renouvelable annuellement et avec une limite maximum (80 unités Hart.) leur a été accordée.

Les départs de véhicules aux sorties de garage ou après un stationnement prolongé avec leur moteur encore froid donnent lieu à l'émission de fumées passagères.

L'interprétation par les services de police ne peut en être actuellement que subjective. Aussi pour lever les difficultés d'application, on est amené à recourir à des appareils de contrôle légers pouvant être utilisés facilement par les services de contrôle.

C'est dans ce but, qu'en France, l'U.T.A.C., a étudié non seulement un appareil de mesure pour laboratoires et stations de contrôle fixes, mais aussi un appareil portatif, d'un poids réduit - 2,5 kilogrammes. Les Ministères intéressés en préparent la dotation de leurs services de contrôle.

Contrôle du blow-by

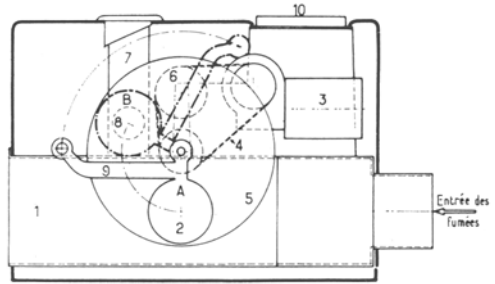
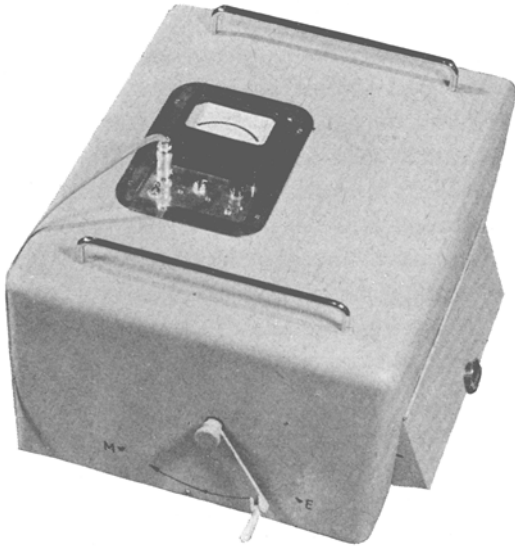
La législation française prévoit différentes méthodes de mesure pour s'assurer de l'efficacité des dispositifs présentés (arrêté du 28 juillet 1964).

Le contrôle le plus simple et le plus rapide consiste à vérifier que le carter reste en dépression par rapport à l'atmosphère pour les divers cas d'utilisation prévus.

La pression dans le carter est prise de préférence dans la partie la plus éloignée du dispositif de recyclage à l'aide d'une sonde de pression statique intégrant les pressions sur sa longueur utile.

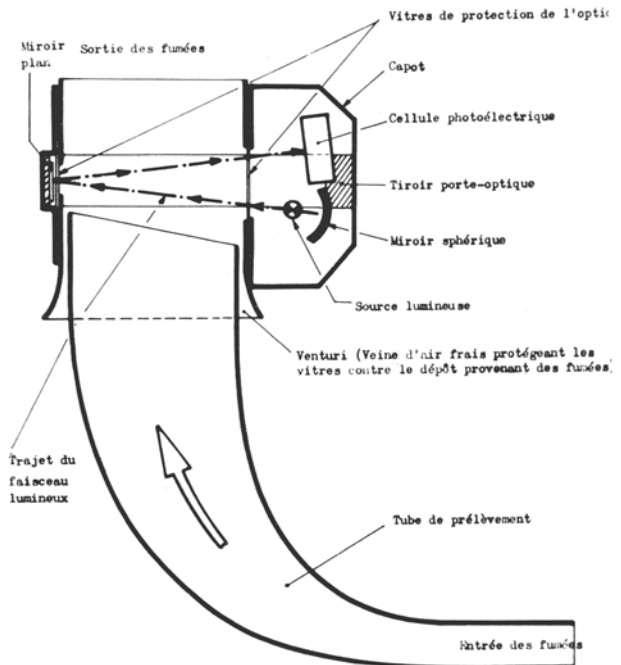
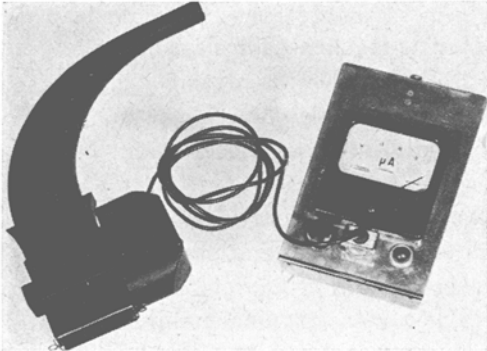
Si dans l'une des conditions de marche imposées, le carter est en surpression par rapport à l'atmosphère, on mesure, dans les mêmes conditions de marche du moteur, le débit du gaz de carter et les possibilités de réaspiration du système, la quantité des gaz rejetés étant la différence de ces deux débits. La pondération est la même que pour la législation californienne que nous avons signalée précédemment:

Opacimètres - Type industriel



- | | |
|--------------------------------|--|
| 1 Boîte de fumée | 6 Nettoyeur |
| 2 Système optique | 7 Porte filtre |
| 3 Moteur | 8 Filtre d'étalonnage |
| 4 Chaîne d'entraînement | 9 Levier de basculement du système optique |
| 5 Glace mobile autour d'un axe | 10 Galvanomètre |

Type portatif



- 25% pour le ralenti,
- 25% pour la dépression de 400 mm Hg,
- 50% pour la dépression de 250 mm Hg.

La comparaison entre les émissions d'hydrocarbures et le carburant consommé (valeur limite fixée à 0,15% en poids) est effectuée soit en prenant une valeur arbitraire de la teneur en hydrocarbures égale à 15 000 ppm, soit en partant de l'analyse réelle.

Il résulte des différents essais au banc effectués que le point le plus difficile à respecter est celui correspondant au ralenti, surtout dans le cas de dispositifs de recyclage simplifiés.

Les problèmes particuliers posés aux divers Constructeurs pour le respect des normes ont été en général aisément résolus, mais non sans difficulté.

Il faut noter, en particulier, que des problèmes d'entretien se posent déjà pour les filtres à air et les carburateurs par suite de la condensation dans ces organes des produits recyclés, soit gomme, soit produits acides. On avait été jusqu'à envisager en Amérique, l'utilisation d'essences détergentes.

Oxyde de carbone des gaz d'échappement

Comme aux Etats-Unis, deux problèmes différents se posent: d'une part, les exigences à imposer aux véhicules neufs, c'est-à-dire, aux Constructeurs et d'autre part, aux véhicules du parc, c'est-à-dire, aux garagistes et aux usagers.

Pour les véhicules neufs, l'Administration a indiqué qu'elle étudiait des principes de normes portant sur les teneurs maximales d'oxyde de carbone dans les gaz d'échappement soit sur parcours-type soit sur un cycle-type sur banc d'essai spécial.

On notera que l'Allemagne (norme V. D. I.) s'oriente dans la même direction.

Pour le parc et, par conséquent, en première urgence pour les voitures du parc parisien, nous estimons que la solution à approfondir repose sur l'éducation des garagistes, le perfectionnement de leurs méthodes de service entretien et de révision, et dans l'éducation du public.

Il n'est pas inutile de rappeler l'expérience remontant à 1959 du groupe de recherches de Chrysler qui a démontré l'efficacité de l'entretien en comparant 40 voitures de service de Chrysler à un lot équivalent de véhicules de la même marque appartenant à des utilisateurs privés et circulant à Los-Angeles.

Les voitures de service Chrysler avaient été régulièrement entretenues et, en particulier, leurs organes d'alimentation et d'allumage avaient été vérifiés tous les 8000 à 10000 kilomètres.

Les résultats de la comparaison furent révélateurs. Les voitures de la firme émettaient 60% de moins d'hydrocarbures et d'oxyde de carbone que la moyenne des véhicules privés. Parallèlement, leurs consommations d'essence étaient plus faibles de 15 à 20%.

Cette expérience reste absolument valable.

L'utilisateur devrait donc faire procéder périodiquement à certaines opérations simples telles que :

- la vérification du réglage du carburateur (les gicleurs sont parfois maltraités à l'usage, les axes et les commandes prennent du jeu).

Vérification spéciale du starter,

- la vérification et le nettoyage des filtres à essence et du filtre à air, le colmatage de celui-ci, surtout avec le montage du circuit anti-blow-by, augmente la dépression et perturbe le réglage, par enrichissement,
- l'inspection des circuits d'échappement et du silencieux,
- le nettoyage des lumières des moteurs à 2 temps,
- la vérification de l'ensemble du système d'allumage (de la bobine aux bougies, etc...).

L'utilisateur devrait également s'astreindre à certaines précautions :

- utilisation limitée du starter, surtout dans un garage,
- limitation des temps de marche au ralenti,
- aération constante du véhicule pendant la marche, surtout dans les lieux où la circulation est encombrée, car l'air confiné, même très légèrement chargé en oxyde de carbone, est générateur de fatigue,
- arrêt de la ventilation forcée et du chauffage dans les encombrements car l'air envoyé à l'intérieur de l'habitacle est pris à la hauteur de l'échappement de la voiture précédente.

Toutes ces opérations de service, d'entretien et de conduite sont simples et d'application facile.

Elles n'excluent pas, bien sûr, l'examen de l'état du moteur, c'est l'aspect réparation-révision (compression, soupapes, chemises, etc...).

Tous ces conseils donnés à l'utilisateur, c'est au garagiste de les lui faire comprendre et à les mettre en œuvre.

Nous reviendrons encore, car le point est important, sur le «réglage du ralenti».

Les notices des fabricants de carburateurs préconisent des réglages par approximations successives en agissant sur les quatre éléments : gicleur, calibre d'air, vis de butée du papillon, vis de richesse du ralenti. Ces réglages sont minutieux et nécessitent un tour de main d'autant plus qu'il faut tenir compte de ce que la construction européenne tend aux carburateurs double corps, donc avec deux vis de butée et une vis de richesse.

A la rigueur, le réglage peut se faire sans instruments de mesures, mais, en pratique, il y a lieu d'utiliser au minimum un compte-tours.

C'est l'oreille du garagiste qui constitue l'autre instrument de mesure.

Si l'on examine et contrôle les résultats des réglages ainsi obtenus qui sont satisfaisants comme moelleux, tenue du ralenti, accélération franche du moteur, mais aussi en recherchant le pourcentage d'oxyde de carbone, on constate qu'avec $\frac{1}{4}$ de tour en plus ou en moins de la vis de richesse, le pourcentage

d'oxyde de carbone varie facilement de plusieurs points, passant de 3 ou 3½% à 7 ou 8%.

Cette sensibilité, cette imprécision, expliquent les résultats très dispersés trouvés dans nos enquêtes sur le parc. Ceci explique comment avec des réglages systématiquement contrôlés en CO, on peut arriver, sur une flotte déterminée, à réduire fortement la pollution au ralenti. Je reprendrai les chiffres de la Préfecture de Police :

Sur 1300 véhicules réglés, on a pu en trouver :

24% inférieurs à 1% de CO

46% de 1 à 1,5

21% de 1,5 à 2

8,2% de 2 à 2,5

sans par ailleurs qu'il ait été signalé dans le cas particulier ci-dessus mentionné, des difficultés spéciales de contrôle.

Ces résultats sont riches de promesses pour les espaces confinés des garages et, en particulier, des garages souterrains où sont basées des flottes de véhicules. Ils restent par contre, moins probants pour les carrefours et les tunnels où jouent les régimes transitoires.

La mise en œuvre d'un programme général de contrôle du ralenti sur le parc ne pourrait se concevoir que dans le cadre d'un équipement suffisant et adapté en compte-tours et analyseurs de CO pour les secteurs chargés de Paris et des grandes villes.

Les compte-tours sont du type électronique, prenant leurs informations de base sur les impulsions d'allumage. Ils peuvent être du type à cellule photo-électrique et ne posent aucun problème de précision et de prix.

Par contre, il n'en est pas de même des analyseurs, car si, en laboratoire on peut utiliser un matériel scientifique précis dont le mieux adapté est celui par absorption dans l'infra-rouge, le prix et la fragilité d'un tel appareillage le fait éliminer pour des contrôles pratiques (prix élevé, extrême sensibilité aux variations de température, etc...).

Il existait, bien avant que le problème de ralenti ne se pose aux techniciens, des appareils dits de contrôle de la carburation, baptisés explosimètres, suivant leur destination principale. Mais qu'il s'agisse d'appareils à fil chaud ou à conductibilité électrique différenciée (le CO modifiant la conductibilité électrique d'un mélange), les types actuels ne donnent de valeurs suffisamment approchées que pour des concentrations dépassant 3% suivant les types et les précautions prises et nécessitent des étalonnages fréquents (glissement du zéro).

De tels appareils ne sembleraient pouvoir donner des résultats convenables que dans le cas de mesures comparatives ou les taux d'oxyde de carbone sont de l'ordre de 5%.

Remarquons que la norme allemande V.D.I. retient, dans son état actuel un taux maximum de 4,75% au ralenti sans d'ailleurs que les limites de mesure soient autres qu'indicatives.

Conclusions générales

Nous croyons avoir montré qu'il n'y a pas un problème général ou plutôt unique de pollution par les véhicules automobiles. Il y a des problèmes particuliers qui interfèrent. Et à ces problèmes on doit pouvoir trouver des solutions particulières qui, additionnées, peuvent donner un ensemble coordonné.

Il nous semble, par contre, pour le moins illusoire de vouloir purement et simplement « décalquer » sur Londres ou Paris une solution de Los-Angeles.

Dans notre exposé, nous avons parlé des *Usagers*. Nous croyons qu'ils détiennent une grande partie de la solution. Cette solution valable au point de vue général intéresse le conducteur lui-même (émanations de son propre véhicule) et, paradoxalement, l'intéresse financièrement, le bon entretien et la bonne conduite se traduisant finalement par une économie d'essence.

Nous avons parlé des *Constructeurs* et de leurs réseaux d'agents. Nous citerons à ce sujet une phrase de M. *H.A. William*, Directeur général de l'A.M.A. devant la Commission du Sénat des Etats-Unis :

« En fait, le problème de la pollution a apporté une dimension nouvelle dans la création d'une automobile. Autrefois, les moteurs étaient jugés sur 3 critères fondamentaux : prix, performances, économie de combustible. Il y a évidemment d'autres critères, mais ces trois-là dominaient. Aujourd'hui, tous les Ingénieurs de l'Automobile imposent à leur création un quatrième critère principal : la non-pollution. »

La prise en considération du problème de la non-pollution est vraie non seulement pour les Etats-Unis mais pour l'ensemble de la construction européenne.

Son importance est primordiale : je crois pouvoir redire que les voitures qui constituent le parc parisien de 1965, comparées aux voitures du parc de 1955, grâce à l'ensemble des progrès techniques mis en œuvre par les bureaux d'études des Constructeurs, ont, d'ores et déjà, gagné 30% sur les émissions de polluants. Ceci, nous l'avons vu, confirme certainement la quasi-stabilité relevée par les enquêtes du Laboratoire Municipal.

Nous avons parlé du rôle de l'Administration, et des Services de Police chargés les uns de la réglementation, les autres du contrôle. A ce sujet, nous citerons M. *Jensen* et M. *Scanline*, responsable du M. V. P. C. B. de Californie et par suite de l'application des lois antipollution de cet Etat :

« En ce qui concerne l'Automobile, l'association la plus importante est celle qui doit exister et qui existe entre le Gouvernement et l'Industrie privée.

Chaque progrès est accompli sur l'initiative des entreprises privées. Celles-ci

ne consentent de telles dépenses que s'il existe une attitude de coopération entre le Gouvernement et l'Industrie pour la recherche en commun d'une solution. »

Là encore, nous affirmerons qu'en France, la coopération la plus complète existe actuellement entre l'Administration et l'Industrie, Constructeurs et Pétroliers, pour la recherche, puis pour la mise en application, de solutions optima.

Finalement, grâce à cet esprit de collaboration, grâce à l'éducation des usagers, grâce aussi aux efforts des urbanistes qui détiennent une grande partie de la solution par l'accélération de la circulation et l'élargissement des artères, nous pouvons espérer satisfaire, dans un jour prochain, à des exigences raisonnables que nous demandons aux hygiénistes de bien préciser en se rappelant qu'un problème bien posé est déjà à moitié résolu.

Adresse de l'auteur: *Pierre Lemaigre*, Président de l'U.T.A.C. (Union Technique de l'Automobile, du Motocycle et du Cycle), 157-159, rue Lecourbe, Paris 15ème (France).