

Strasbourg, le 9 avril 1964

CPA/RN/9/AL/226

MM. Luther
Schmidt

Or. all.



COE032568

RAPPORT NATIONAL

de la République Fédérale d'Allemagne
sur le Point 9 de l'ordre du jour

Point 9 - "Moyens de diminuer la pollution due à la carburation
(véhicules automobiles)"

Note : L'exposé suivant du groupe national allemand a été
préparé par le Professeur Dr. H. Luther et le
Professeur Dr. U. Schmidt et se rapporte au "Plan type"
pour le Point 9 de l'ordre du jour, distribué par le
Conseil de l'Europe le 13 mai 1963.

I. Les questions d'émission et de pollution atmosphérique sont
traitées principalement par les comités suivants :

- 1 (a) Interparlamentarische Union (groupe composé de membres
du Bundestag et dans lequel chacun des partis politiques
est représenté),
- (b) Kommission "Reinhaltung der Luft" de la "Verein
Deutscher Ingenieure" - VDI (Commission pour la
Pollution de l'Air de l'Association des Ingénieurs
allemands),
- (c) Groupe de travail "Abgase von Verbrennungskraft-
maschinen" "Pollution de l'air due aux moteurs à
carburation),
composé de représentants des organisations suivantes :

Deutsche Gesellschaft für Mineralölwissenschaft und Kohlechemie (Association allemande du Pétrole et de la Chimie carbonique),

Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen (Association de recherche pour les véhicules à carburation),

Technischer Überwachungsverein Essen (Association pour le Contrôle technique),

Verband der Automobilindustrie - VDA (Association des Constructeurs d'automobiles),

VDI-Kommission "Reinhaltung der Luft" (Voir 1 (b)).

2. Organismes de recherche

- (a) Institut für chemische Technologie und Brennstofftechnik (Institut de Technologie chimique et des Carburants) à la Technische Hochschule "Bergakademie Clausthal" (Prof. Dr. Luther). Méthodes d'analyse, technique de la mesure, réactions secondaires des émissions, essais de catalyseurs, procédure générale d'expérimentation,
- (b) Institut für Verbrennungskraftmaschinen (Institut des Moteurs à carburation) de la Technische Hochschule, Brunswick (Prof. Dr. Löhner). Technique de la mesure, influences du moteur et du fonctionnement, technique des dispositifs catalytiques de post-combustion,
- (c) Institut für Verbrennungsmotoren (Institut des Moteurs à carburation) de la Technische Hochschule, Hanovre (Prof. Dr. Klüsene). Technique des dispositifs de post-combustion à flamme et catalytiques,
- (d) Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Flugbetriebswerke (Institut des Moteurs à carburation et des Moteurs à propulsion d'aviation) de la Technische Hochschule, Darmstadt (Prof. Dr. Triebnigg) et à la Technische Hochschule, Munich (Prof. Dr. Huber). Influences des moteurs et de leur fonctionnement, procédures de combustion,
- (e) Institut für Physikalische Chemie (Institut de chimie physique) Université de Munich (Prof. Dr. Schwab). Evolution de la catalyse,
- (f) Institut für Brennstoffchemie (Institut de chimie des carburants), Technische Hochschule, Aix-la-Chapelle (Prof. Dr. Kröger). Procédures de combustion, évolution de la catalyse,

- (g) Institut für Lufthygiene (Institut de l'Hygiène de l'air),
Université de Bochum (Prof. Dr. Hettche). Méthodes
d'analyse, effets des polluants,
- (h) Institut für Physiologische Chemie (Institut de Chimie
physiologique), Université de Heidelberg (Prof. Dr. Kutscher).
Effets cancérigènes de la suie Diesel et des autres
émissions,
- (i) Anorganisch-Chemisches Institut (Institut de chimie
minérale), Université de Mayence (Dr. Eichhoff).
Méthodes d'analyse,
- (j) Meteorologisches Institut (Institut de Météorologie),
Université de Francfort s/Main (Dr. Georgii). Emissions
et Pollution atmosphérique,
- (k) Technischer Überwachungsverein (Association pour le
Contrôle technique) Essen (Dr. Thoenes), Méthodes
d'analyse, technique de la mesure, procédure générale
d'expérimentation,
- (l) Battelle-Institut Francfort s/Main. Essais de catalyseurs,
étude de la documentation et recherche,
- (m) Institut für Kraftfahrwesen (Institut de mécanique des
véhicules à moteur), Technische Hochschule, Aix-la-
Chapelle (Prof. Dr. Essers avec le Prof. Dr. Kühn,
Dusseldorf). Additifs aux carburants pour l'amélioration
de la combustion,
- (n) Laboratoires et Centres de développement de l'industrie
chimique (p.e. Badische Anilin- und Sodafabrik, Ludwigs-
hafen ; Degussa, Francfort s/Main ; Lurgi-Gesellschaft
für Chemotechnik, Francfort s/Main). Evolution de la
catalyse, technique des dispositifs de post-combustion,
- (o) Laboratoires des fabricants de véhicules automobiles
et de carburants. Technique de la mesure, essais,
technique des procédés,

3. Fabricants de pièces détachées et accessoires :

- (a) Fabricants de carburateurs,
- (b) Fabricants de pots d'échappement.

4. Centres de contrôle

Voir aux points I 2 (a), I 2 (b) et I 2 (n), ainsi que Centres techniques de contrôle des véhicules automobiles (Technische Überwachungsvereine et Technische Überwachungsämter).

II. Les institutions citées en I traitent des questions de détail suivantes :

1. Emission : I 2 (a), I 2 (b), I 2 (k), I 2 (l), I 2 (m).
2. Effets : I 1 (b), (Commission principale III : effets de la poussière et des gaz,) ainsi que I 2 (g), I 2 (h), I 2 (m), I 2 (n).
3. Dispersion : I 2 (a), I 2 (g), I 2 (j), I 2 (k), I 2 (m), I 2 (n).
4. Recherche sur les composants spécifiques des gaz d'échappement :
 - (a) I 1 (b) (Commissions principales : I - origine, et émission. II - effets ; IV - technique de la mesure),
 - (b) I 2 (a) (Oxyde de carbone, composés du plomb, hydrocarbures, oxydes d'azote, hydrocarbures oxydés, aromatiques condensés, suie),
 - (c) I 2 (b) (Oxyde de carbone, hydrocarbures),
 - (d) I 2 (c) (Oxyde de carbone, suie),
 - (e) I 2 (g) (Oxyde de carbone, oxydes d'azote, aromatiques condensés, suie),
 - (f) I 2 (i) (Aromatiques condensés),
 - (g) I 2 (j) (Oxyde de carbone, hydrocarbures),
 - (h) I 2 (k) (Oxyde de carbone, hydrocarbures, oxydes d'azote, oxydes de soufre, aromatiques condensés, suie),
 - (i) I 2 (l) (Oxyde de carbone, hydrocarbures, aromatiques condensés, suie),
 - (j) I 2 (m) (Oxyde de carbone, composés du plomb, hydrocarbures, oxydes d'azote, oxydes de soufre, hydrocarbures oxydés, suie),

- (k) I 2 (n) (Oxyde de carbone, composés du plomb, hydrocarbures, oxydes de soufre, hydrocarbures oxydés, suie),

- III. 1. (a) La Commission de la VDI pour la "Pureté de l'Air" et ses comités subsidiaires de l'industrie. Ses travaux portent essentiellement sur la coordination et la direction de la recherche, en vue de l'établissement de bases scientifiques et techniques pour la lutte contre la pollution de l'air. Les résultats de ces travaux sont réunis sous forme de "Règlements" pour les divers secteurs de la pollution de l'air. Ces règlements servent de guide pour les mesures prises par les centres officiels de contrôle et les législateurs. Pour les véhicules à moteur, il existe un règlement sur la densité de la fumée des moteurs Diesel ; un autre règlement sur les émissions d'oxyde de carbone pour les moteurs à essence est en préparation.
- (b) Le groupe de travail "Abgase von Verbrennungskraftmaschinen", qui figure en I 1 (c), coordonne la recherche et le développement de ses associations et organisations membres. Ce groupe examine les propositions d'améliorations techniques et, si le jugement préliminaire est favorable, il recommande que les propositions reçoivent un développement et des encouragements supplémentaires de la Commission VDI, des autorités compétentes et de l'industrie ; il peut également signaler les défauts et inconvénients fondamentaux. Les membres du Groupe de travail sont aussi délégués à titre personnel aux divers comités principaux de la Commission VDI. Ils sont en mesure de donner au public des informations pertinentes, au moyen des publications et programmes de conférences de la VDI, ainsi que dans les sociétés scientifiques et associations affiliées.
- IV. La recherche publique est inspirée et dirigée principalement par le Groupe de travail "Abgase von Verbrennungskraftmaschinen", en coopération étroite avec la Commission VDI ; les recommandations formulées par ce groupe sont fondées sur la connaissance des problèmes urgents, les propositions soumises et les résultats de la recherche et du développement. En outre, des contrats de recherche sont donnés à divers instituts par les autorités fédérales ou nationales, les sociétés industrielles ou les fabricants. Le financement est

assuré par le gouvernement fédéral ou national, les institutions d'encouragement de la recherche (p.ex. la "Deutsche Forschungsgemeinschaft") et, dans une mesure considérable, par des subventions de l'industrie.

1. A l'heure actuelle, la recherche portant sur l'analyse, l'origine, les réactions secondaires ou la suppression, ainsi que sur les effets des composants des gaz d'échappement des véhicules automobiles, se concentre sur les substances suivantes :

- (a) oxyde de carbone,
- (b) aromatiques polycycliques condensés et suie,
- (c) hydrocarbures de "cracking", non transformés, partiellement brûlés,
- (d) composés du plomb,
- (e) oxydes d'azote,
- (f) oxydes de soufre.

Une importance particulière est donnée à l'enregistrement des perturbations mutuelles (sensibilité transversale) dans la technique analytique, aux réactions des composants entre eux et avec d'autres substances atmosphériques et aux causes des effets synergétiques. A cet effet, grâce aux crédits ouverts par le Ministère fédéral de l'Economie, un autobus est actuellement équipé en laboratoire mobile qui comprend, en plus de l'équipement d'analyse courant, un chromatographe à gaz, un spectrographe à rayons infra-rouges et des installations de mesure pour la détermination des valeurs météorologiques. Cet autobus doit être complété par une petite station mobile qui pourra effectuer des analyses de traces gazeuses au moyen d'un spectrographe infra-rouge à grande dispersion et de cellules à longue distance.

2. Les émissions des véhicules à moteur, munis ou non de dispositifs de post-combustion, sont enregistrés sur des bancs d'essai de moteurs, des dynamomètres de véhicules et dans des essais réels sur route. Dans les essais de base, les composants suivants des gaz d'échappement sont déterminés dans tous les cas au moyen des appareils de mesure spécifiés :

- (a) l'oxyde de carbone, avec un appareil d'enregistrement par absorption infra-rouge, fabriqué par Hartman et Braun, Francfort/M. (URAS) et par Mayhak, Hambourg (UNOR),

- (b) l'anhydride carbonique, avec le même appareil,
- (c) tous les hydrocarbures, avec un analyseur d'absorption aux infra-rouges sensibilisé du n-hexane ou du n-butane et, de plus en plus, avec un détecteur d'ionisation à flamme (FID),
- (d) l'oxygène, avec un analyseur d'oxygène magnétique, fabriqué par Hartmann et Braun (Magnos),
- (e) dans une certaine mesure, l'hydrogène également avec des méthodes fondées sur la conductivité de la chaleur.

Afin de déterminer les oxydes d'azote, les aromatiques condensés et les hydrocarbures oxydés, des échantillons moyens sont prélevés à certains stades du fonctionnement du moteur ; ces échantillons sont alors analysés, du point de vue des composants appropriés, par les méthodes connues. L'appareil de mesure pour analyse continue pendant la marche sur route est alimenté en énergie électrique par un générateur fixe monté sur remorque. L'appareil de mesure permet également des enquêtes sur les conditions de fonctionnement non stationnaire.

Le règlement de la VDI sur la "limitation des émissions d'oxyde de carbone par les véhicules à essence" prévoit des mesures pendant la marche à vide et à des vitesses constantes du véhicule, le moteur tournant à un certain nombre de tours/minute.

Un cycle uniforme de marche n'a pas encore été adopté. Son élaboration est prévue sur la base des conditions de la circulation en ville, pour les essais sur route et au dynamomètre. A l'heure actuelle, des essais sur route sont effectués en partie sur des circuits déterminés (routes de campagne et grand'routes normales), en partie dans la circulation urbaine.

V. Les problèmes scientifiques spéciaux sont traités dans les travaux de recherche, les points importants en ont déjà été cités en I 2. Les points suivants méritent une mention particulière :

- (a) Etablissement et évaluation de méthodes d'analyse I 2 (a), I 2 (i), I 2 (k), I 2 (l),

- (b) Mesure des émissions et de la pollution atmosphérique I 2 (a), I 2 (b), I 2 (g), I 2 (j), I 2 (k), I 2 (l), I 2 (m), I 2 (n),
- (c) Processus de formation des aromatiques condensés, réactions secondaires des composants des gaz d'échappement dans le circuit d'échappement et à l'air libre (I 2 (a)).
- (d) Moyens d'influencer la composition des gaz d'échappement en agissant sur le moteur et sur son fonctionnement (I 2 (b), I 2 (c), I 2 (d), I 2 (l), I 2 (n)),
- (e) Développement et essai de catalyseurs ; technique de fonctionnement des dispositifs de post-combustion catalytiques et non catalytiques (I 2 (a), I 2 (b), I 2 (e), I 2 (f), I 2 (k), I 2 (l), I 2 (m), I 2 (n)),
- (f) Effets des gaz d'échappement des moteurs sur les animaux (propriétés cancérigènes) (I 2 (h)).

En outre, les fabricants de véhicules à moteur ont organisé des programmes communs d'essais afin d'établir une base pour la limitation possible de l'oxyde de carbone, des hydrocarbures et des émissions de fumée ; les règlements VDI sont fondés sur ces essais, qui servent également de moyen d'évaluation pratique pour les appareils et la procédure.

VI. Les résultats obtenus jusqu'à présent peuvent être ainsi résumés :

- (a) Etablissement de procédures d'analyse dans les travaux de recherche et pendant la marche du moteur sur route ; comparaison des diverses méthodes afin d'évaluer leur utilité et leur rendement, p.ex. analyseur d'absorption aux infra-rouges et détecteur d'ionisation à flamme dans l'analyse des hydrocarbures ; en outre, analyseur d'absorption aux infra-rouges, mesure de la conductivité électrique et chronométrie pour l'analyse de l'oxyde de carbone, ou diverses méthodes de mesure de la densité de la fumée,
- (b) Détermination de la pollution atmosphérique de l'air des villes en fonction de l'heure et des conditions météorologiques, p.ex. à Francfort/M., Hambourg et Stuttgart,

- (c) Enquêtes sur l'influence du réglage du carburateur et de l'allumage, de la production et de la distribution du mélange, de l'état d'entretien du moteur, de la température de combustion, des conditions de fonctionnement et du carburant sur la composition des gaz d'échappement,
- (d) Essai au banc des catalyseurs de post-combustion et mise au point de dispositifs de post-combustion pour essai en marche sur route,
- (e) Etablissement de règlements pour les moteurs diesel. Pour un appareil donné destiné à mesurer la densité de la fumée diesel, une courbe de la densité de fumée admissible a été établie en fonction de la puissance du moteur en chevaux-vapeur et publiée comme règle VDI (N° 2281, novembre 1961).

Moteurs à essence : Les concentrations d'oxyde de carbone qui peuvent être obtenues dans l'état actuel du progrès technique ont été fixées comme limites pour divers modes de fonctionnement du moteur à l'arrêt. Une règle VDI en ce sens sera publiée dans le proche avenir.

- (f) Un certain nombre de propositions d'inventeurs tendant à modifier la composition des gaz d'échappement par des mesures intervenant avant, pendant et après la phase de combustion ont été étudiées. Ces enquêtes n'ont apporté aucune connaissance nouvelle ni aucun progrès technique.

VII. Les publications suivantes relatives aux gaz d'échappement des moteurs à carburation sont disponibles actuellement :

(a) Résumés de documentation et études générales :

- 1 (a) H. Hontschik, R. Marterstock, A. Reuter
Massnahmen gegen Belästigung und Gefährdung durch Abgase von Ottomotoren (Mesures contre les composants dangereux et nuisibles des gaz d'échappement des moteurs à essence),

Deutsche Kraftfahrtforschung und Strassenverkehrstechnik; Heft 128, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1959, Literaturübersicht bis Anfang 1959,

- 1 (b) H. Hontschik, R. Marterstock, A. Reuter
Massnahmen gegen Belästigung und Gefährdung durch
Abgase von Dieselmotoren (Mesures contre les composants
dangereux et nuisibles des gaz d'échappement des
moteurs diesel).
Deutsche Kraftfahrtforschung und Strassenverkehrs-
technik, Heft 138, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1960.
Literaturübersicht bis Anfang 1960.
- 2 H. Hontschik, K.H. Bergert, D. Pruggmayer
Auswertung neuer Literatur auf dem Gebiet der
Abgasbekämpfung bei Kraftfahrzeugen (Evaluation des
nouvelles publications sur la pollution de l'air par
les véhicules à moteur).
Deutsche Kraftfahrtforschung und Strassenverkehrs-
technik, Heft 163, VDI-Verlag, Düsseldorf.
- 3 H. Luther, Forschungsaufgabe "Abgas" (Travaux de
recherche "Echappement")
ATZ 62, 326 (1960).
- 4 W. Hansen
Luftverunreinigung durch Kraftfahrzeuge
(Pollution de l'air par les véhicules à moteur)
Wasser, Luft und Betrieb, 1961, 423.
- 5 D. Matthes
Luftverunreinigung durch Kraftfahrzeuge
(Pollution de l'air par les véhicules à moteur)
Tech. Überwachg. 2, 415, (1961).
- 6 N.N.
Luft und Umwelt (Air et milieu ambiant)
Vitalstoffe, 1, 219 (1962).
- 7 O. Klüsener, R. Fischer
Der derzeitige Stand der Abgasreinigung von Diesel-
motoren (Etat actuel de la purification des gaz
d'échappement des moteurs diesel).
Eigenverlag Forschungsvereinigung Verbrennungskraft-
maschinen, Frankfurt, 1963.
- 8 B. Wirwoll, H. Luther
Gaswechselfvorgänge von Zweitakt-Motoren (Processus
des échanges de gaz dans les moteurs à deux temps).
Eigenverlag Forschungsvereinigung Verbrennungskraft-
maschinen, Frankfurt, à l'impression.

(b) Méthodes d'analyse

9. H.W. Drawin
Massenspektrometrische Analyse von Automobil-
Auspuffgasen und Luftverreinigungen (Analyse des
gaz d'échappement des automobiles et de la
pollution de l'air par la spectrométrie de masse)
ATZ, 62, 105 (1960)
10. J. Borneff, R. Fischer
Zum Nachweis polycyclischer Kohlenwasserstoffe
mittels spektraler Fluoreszenzzerlegung
(Détection des hydrocarbures polycycliques par
diffusion de la fluorescence spectrale)
Archiv für Hygiene, 145 (1) 1 (1961)
11. H. Pöthner
Über die Messung von Kraftfahrzeug-Emissionen
(De la mesure des émissions des véhicules à
moteur)
Staub 21, 125 (1961)
12. W. Schäfer
Gasanalyse mit dem URAS bei kompliziert
zusammengesetzten Massgasen (Analyse des gaz
avec URAS pour la mesure des gaz complexes)
Chem. Ing. Techn. 33, 426 (1961)
13. G. Bergmann,
Fluoreszenzspektroskopische Bestimmung von 3.4
Benzopyren (Détermination du Benzopyrène 3.4 par
spectrographie de la fluorescence)
Erdöl und Kohle 15, 612 (1962)
14. H. Brockhaus
Ein vollklimatisierter Fahrzeugprüfstand mit
Nachbildung der Fahrmechanik (Dynamomètre de
véhicule totalement air-conditionné avec
simulation des modes de fonctionnement)
Erdöl und Kohle 15, 295 (1962)
15. K.F. Luft
Der "UNOR", ein neues Gasanalysengerät
(L'"UNOR", nouvel appareil d'analyse des gaz)
Glückauf, 98, 493 (1962)

16. H.W. Thoenes
Möglichkeiten zur Prüfung des CO-GEHALTES in
Auspuffgasen von Ottomoren (Procédés de mesure
des concentrations d'oxyde de carbone dans les
gaz d'échappement des moteurs à essence)
Tech. Ueberwachg. 3, 429, (1962)
17. H.W. Thoenes
Bericht **über** die Entwicklung eines Gerätes zur
einfachen, reproduzierbaren Bestimmung des
Kohlenoxydgehaltes in den Auspuffgasen von
Ottomotoren
(Rapport sur la mise au point d'un appareil
permettant la mesure simple et reproductible
des concentrations d'oxyde de carbone dans
les gaz d'échappement des moteurs à essence)
Wissenschaftl. Mitteilg. d. Trägerwerkes,
Lübeck, 1962
18. H.J. Eichhoff, M. Köhler,
Identifizierung und Bestimmung polycyclischer,
aromatischer Kohlenwasserstoffe durch
Fluoreszenzspektrum fester Lösungen bei tiefen
Temperaturen (Détection et détermination des
hydrocarbures polycycliques, aromatiques par les
spectres de fluorescence d'une solution solide
à basses températures)
Z. anal. Chem. 197, 271 (1963)
19. K.H. Lies
Verfahren und Geräte zur Abgasanalyse in
Verbrennungskraftmaschinen (Procédures et
appareils d'analyse des gaz d'échappement
des moteurs à combustion)
Tech. Ueberwachg. 4, 322 (1963)
20. H. Luther, H. Ihrig, K.H. Lies
Ueber die Analyse von Kohlenwasserstoffen in
den Abgasen von Verbrennungsmotoren
(Analyse des hydrocarbures contenus dans les
gaz d'échappement des moteurs à combustion)
Bergbauwissenschaften, 10, 262 (1963)

(c) Messungen der Abgas-Emission

21. R. Barth
Untersuchung über den Kohlenoxydgehalt der

- Luft in Kraftfahrzeugen (Enquêtes sur les concentrations d'oxyde de carbone dans le compartiment des passagers des automobiles)
Deutsche Kraftfahrtforschung und Strassenverkehrstechnik, Heft 142, VDI Verlag, Düsseldorf, 1960.
22. E.W. Huber
CO-Entwicklung bei Fahrzeugmotoren
(Emission d'oxyde de carbone par les véhicules à moteur)
ATZ 12, 320 (1960)
23. H. Pichler, E. Deschner
Zur Frage des Auftretens von 3.4 Benzpyren im Abgas eines Dieselmotors (Présence de benzopyrène 3.4 dans les gaz d'échappement des moteurs Diesel)
Brennstoff-Chemie 41, 276 (1960)
24. G. Ranker
Abgase von Grubendiesellokomotiven
(Gaz d'échappement des locomotives Diesel des mines)
Glückauf, 96, 1074 (1960)
25. E. Alt,
Abgase von Ottomotoren
(Gaz d'échappement des moteurs à essence)
Staub, 21, 311 (1961)
26. O. Eitel
Abgase von Dieselmotoren
(Gaz d'échappement des moteurs Diesel)
Staub, 21, 1961
27. K. Löhner
Kohlenoxydemission von Fahrzeugmotoren
(Emission d'oxyde de carbone par les moteurs de véhicules automobiles)
Verkehrswissenschaftl. Seminar, Hambourg, 1961.
28. B. Wirwoll
Versuche zur Bestimmung der Ladungswechselgrößen an Zweitakt-Vergasern und Diesel-Motoren durch kontinuierliche Messung des Sauerstoffs bzw. eines Spurgases in den Abgasen.

(Essais de détermination des paramètres d'échange de charge pour les moteurs à deux temps à essence et pour les moteurs Diesel par mesure continue de l'oxygène ou d'un gaz traceur dans les gaz d'échappement)
Dissertation T.H. Clausthal, 1962

29. H. Ihrig
Versuche zur kontinuierlichen Analyse der Abgase von Verbrennungskraftmaschinen im Prüfstands- und im Fahrbetrieb
(Essais d'analyse continue des gaz d'échappement des moteurs à combustion au banc et sur route)
Dissertation, T.H. Clausthal, 1963

(d) Mesure de la pollution atmosphérique

30. H.W. Georgii,
Erste Ergebnisse fortlaufender Registrierungen des Kohlen-Oxydgehaltes der Luft im Zentrum einer Grossstadt
(Premiers résultats d'un enregistrement continu de la concentration d'oxyde de carbone dans l'air du centre d'une ville)
Städtehygiene ii, 71 (1960)

31. H.W. Georgii,
Untersuchungen über Luftverunreinigungen im Gebiet der Stadt Frankfurt-am-Main
(Enquêtes sur la pollution de l'air dans la région de Francfort sur le Main)

3. Arbeitsgericht des Gewerbe- und Ordnungsamtes der Stadt Frankfurt am Main, 1961.

32. H.W. Georgii, E. Weber
Untersuchung der Kohlenoxyd-Immission in einer Grosstadt
(Enquête sur la pollution atmosphérique par oxyde de carbone dans une ville)
Int. J. Air. Wat. Poll. 6, 179 (1962)

33. H.C. Hettche
Vergleichende Betrachtung zur Belastung der Luft durch Russ und Kohlenstoffverbindungen in der Bundesrepublik und anderen Ländern
(Enquêtes comparatives sur la pollution de l'air par la suie et les hydrocarbures dans la République fédérale et d'autres pays)
Staub 23., 136 (1963)

(e) Influences du moteur sur la composition des gaz d'échappement

34. K. Löhner
Gemischbildung im Ottomotor
(Production du mélange dans le
moteur à essence)
(VDI-Bericht 42, 37 (1960))
35. K. Löhner
Gemischbildung beim Ottomotor
(Production du mélange dans le
moteur à essence)
ATZ, 62, 95 (1960)
36. H. Triebnigg, A. Urlaub
Untersuchung eines Ottomotors
mit Kraftstoffdampfeinblasung,
insbesondere auf den Gehalt von
CO, bei veränderlichen
Betriebszuständen
(Enquête sur le comportement d'un
moteur à essence à injection de
vapeur de carburant, notamment en ce
qui concerne la teneur en oxyde de
carbone, dans des conditions
valables de marche)
Deutsche Kraftfahrforchung und
Strassenverkehrstechnik
Heft 155, VDI-Verlag, Düsseldorf,
1962
- 37 G. Willfang, E. Willfang
Ueber die dynamische Untersuchung
von Verbrennungsvorgängen mittels
eines neuen Schnellverfahrens und
daraus zu ziehende Folgerungen.
(Enquête dynamique sur les processus
de combustion avec une nouvelle
méthode à grande rapidité, et
conséquences qui en résultent)
Erdöl und Kohle, à l'impression

(f) Purification des gaz d'échappement par lavage et
filtrage

38. G. Nottes, E. Dreher
Verfahren zur Entfernung von
Gesundheitsschädlichen Stoffen
aus Auspuffgasen von Otto- und
Dieselmotoren

(Méthodes de suppression des substances nuisibles des gaz d'échappement des moteurs à essence et des moteurs Diesel)
Deutsches Patentamt, Auslegeschrift 1.136.537 du 29.6.1962

39. A. Reuter, R. Marterstock, K. Johne
Untersuchung von Kraftfahrzeug-Auspuffgasen auf gesundheitsschädliche Substanzen und deren Beseitigung durch Filter
(Analyse des gaz d'échappement des véhicules à moteur du point de vue des substances nocives et leur suppression au moyen de filtres)
Deutsche Kraftfahrtforschung und Strassenverkehrstechnik.
Heft 126, VDI-Verlag Düsseldorf, 1959
40. K. Luge
Elektrische Gasreinigung als Verfahren zur Reinigung der Luft
(Purification électrique du gaz comme moyen de purifier l'air)
Gesundheits Ingenieur, 83 285, 187 (1962)
41. F. Engel
Adsorptive Reinigung der Ottomotoren Abgase
(Purification adsorptive des gaz d'échappement des moteurs à essence)
Rapport à la Commission VDI "Reinhaltung der Luft" du 21.1.1961, non publié

(g) Post-combustion des gaz d'échappement au moyen de catalyseurs

42. R. Essig, A. Kaiser, A. Reuter
Bericht über Versuche zur Entwicklung bleifester Katalysatoren für die katalytische Nach-Verbrennung der Abgase von Ottomotoren
(Rapport sur des essais pour créer des catalyseurs résistant au plomb pour l'oxydation catalytique des gaz d'échappement des moteurs à essence)
Deutsche Kraftfahrtforschung und Strassenverkehrstechnik
Heft 129, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1959

43. C. Kröger
Motorabgase und ihre Reinigung
(Les gaz d'échappement et leur
purification)
Forschungsbericht des Landes
Nordrhein-Westfalen, N° 842,
Westdeutscher Verlag, Cologne, 1960
44. K.G. Schmidt
Motorabgase und ihre Reinigung.
Versuche zur Erziehung voll
ausgebrannter Dieselabgase
(Gaz d'échappement des moteurs
et leur purification.
Essais pour obtenir des gaz d'échappement
Diesel totalement oxydés)
Dissertation T.H. Aix-la-Chapelle, 1960
45. C. Spannagel
Zur Betriebssicherheit und Abgasreinigung
Untertage eingesetzter Dieselmotoren
(La sécurité et la purification des
gaz d'échappement des moteurs Diesel
utilisés dans les mines)
Schlägel und Eisen, 1960, 447
46. Klinksiek
Versuche, heterogene Katalysatoren im
Brennraum eines nach dem N-Verfahren
arbeitenden Dieselmotors betriebssicher
anzubringen, und deren Einfluss auf die
Güte der Verbrennung und den Vielstoff-
betrieb
(Essais d'utilisation de catalyseurs
hétérogènes dans la chambre de
combustion d'un moteur Diesel fonctionnant
sur le principe N et leur influence
sur l'efficacité de la combustion
et le fonctionnement à carburants
multiples)
Dissertation T.H., Brunswick, 1963
47. D. Kräft
Nach-Verbrennung der Abgase von
Kraftfahrzeugen
(Oxydation des gaz d'échappement des
véhicules à moteur)
Techn. Ueberwachg. 4, 326 (1963)

48. H. Luther
Massnahmen und Möglichkeiten zur Veränderung
der Abgase von Verbrennungskraftmaschinen
(Mesures et possibilités de modification
des gaz d'échappement des moteurs à combustion)
Ref. Staub, 23, 195 (1963), à l'impression

(h) Hygiène, toxicologie

49. H. Erdmann
Motorenabgase und Toxikologie
(Gaz d'échappement des moteurs et toxicologie)
ATZ, 12, 325 (1960)
50. E. Effenberger,
Gefährdung des Menschen durch Verkehrs-
Aerosole-Vermeidung von Verkehrsaerosolen
(Dangers présentés pour l'homme par les
aérosols de la circulation. Mesures
préventives contre les aérosols de la
circulation)
Vortrag 4, Wissenschaftl. Aerosolkongress,
Bad Lippspringe Westf., 20-22 avril 1961
51. H.O. Hettche,
Luftreinigung und Hygiene
(Purification de l'air et hygiène)
Industriekurier, Technik und Forschg.,
14 (36) 7 (1961)
52. F. Portheine
Aerogene Psychotrope Verkehrsunfall-
Gefährdung mit geschlossenen Kraftfahrzeugen
(Dangers d'accidents de la circulation par
psychotropie aérogénique pour les véhicules
à moteur fermés)
Vortrag, 4. Wissenschaftl. Aerosolkongress,
Bad-Lippspringel Westf. 20-22 avril 1961

(i) Règles et leurs fondations

53. A. Morguet
Die Trübung der Auspuffgase von Dieselmotoren
(Opacité des gaz d'échappement des moteurs
Diesel)
Techn. Ueberwachg. 2, (1961)

54. H. Stoll
Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet
der Rauchgasmessung von Dieselmotoren
(Travaux relatifs à la mesure de la
densité de la fumée des moteurs Diesel)
M.T.Z., 22 359 (1961)
55. VDI
Begrenzung der Rauchentwicklung von
Dieselkraftfahrzeugen
(Limites de densité de la fumée des
véhicules à moteur Diesel)
VDI-Richtlinie 2281, 1961
56. Bosch Kraftfahrtechnisches Taschenbuch
(Manuel de mécanique des véhicules
à moteur)
15 Aufl. VDI-Verlag, Düsseldorf, 1961
57. VDI
Begrenzung der Emission von Kohlenmonoxyd
bei Kraftfahrzeugen mit Ottomotoren
(Limites d'émission d'oxyde de carbone
par les véhicules à moteurs à essence)
VDI-Richtlinie 2282, en préparation
58. VDI
Gasauswurfbegrenzung. Dämpfe organischer
Verbindungen
(Limites d'émissions. Vapeurs de composés
organiques)
VDI-Richtlinie 2280, à l'impression .
- VIII. Les instituts de recherche scientifique de même
que l'industrie de l'automobile et du pétrole ont à leur
disposition un nombre considérable d'installations pour
essais de moteurs, équipées de dynamomètres de modèles
et d'absorption d'énergie différents, ainsi qu'un certain
nombre de dynamomètres de véhicules.

L'émission d'oxyde de carbone par les moteurs à
essence et les moteurs Diesel a été étudiée par les
instituts de recherches et par l'industrie sur des
bancs d'essai de moteurs et sur route, dans diverses

conditions de fonctionnement, pour tous les modèles de véhicules à moteur fabriqués en Allemagne et, en outre, pour certains modèles étrangers utilisés en Allemagne. La plupart des stations d'essai possèdent un analyseur-enregistreur à absorption par infra-rouge. Les tubes à essai fonctionnant sur une base chronométrique sont essayés pour l'application ordinaire (voir VII (b) 17).

Dans un certain nombre de cas, des mesures systématiques de l'émission d'hydrocarbures ont été effectuées. Il faut cependant signaler qu'il subsiste certains doutes sur l'opportunité d'utiliser à des fins générales un analyseur d'absorption infra-rouge sensibilisé au N hexane, du modèle utilisé dans les stations d'essai des Etats-Unis d'Amérique, ou s'il doit être remplacé par le détecteur d'ionisation à flammes (voir VII (b) 20).

Il n'existe encore aucune règle uniforme pour l'analyse des autres composants des gaz d'échappement. Selon l'équipement et l'expérience du laboratoire intéressé, ces composants sont déterminés par des méthodes physico-chimiques (par exemple, la spectrométrie de l'absorption et de l'émission, la chromatographie au gaz, la chromatographie sur papier et sur lamelle, l'analyse électrochimique, la spectrométrie de masse) ainsi que par les méthodes strictement chimiques, soit directement ou après enrichissement par absorption ou adsorption. Dans l'élaboration de nouvelles procédures d'analyse, les laboratoires bien équipés cherchent tout d'abord à déterminer le composant en question, sélectivement et continuellement par différentes méthodes, afin d'obtenir par comparaison une image de l'influence perturbante des autres substances et de la réduire en choisissant une technique appropriée, ainsi que pour exclure dans la mesure du possible les possibilités d'erreurs par adsorption, absorption et réactions secondaires. Les mélanges de gaz de composition connue ainsi que les gaz d'échappement des moteurs sont étudiés dans des analyses parallèles. Les résultats, qui ne peuvent habituellement être obtenus qu'au prix de travaux considérables, sont alors utilisés dans des mesures comparatives pour essayer des procédures plus simples sur leurs possibilités d'application et pour apporter éventuellement des corrections et des perfectionnements. On attache un intérêt spécial à découvrir quelles erreurs doivent être anticipées dans l'utilisation des récipients servant à recueillir les échantillons et lorsqu'on analyse les "échantillons moyens".

La Commission VDI "Reinhaltung der Luft" a ouvert des crédits à une équipe de recherche (Luther-Clausthal, Hettche-Essen, Thoenes-Essen) pour établir une station d'essai mobile qui analysera l'air ambiant, de manière aussi extensive que possible, dans plusieurs villes d'Allemagne (voir IV 1).

Bien qu'on dispose aujourd'hui d'un grand nombre de publications sur l'analyse des composants des gaz d'échappement, nous pensons qu'en raison de l'absence d'enquêtes approfondies sur la sensibilité transversale des méthodes d'analyses couramment employées, il n'est pas possible de donner une indication de valeur générale sur l'exactitude et la reproductibilité des analyses. A notre avis, ces valeurs ne peuvent être données que pour un appareil de mesure déterminé et pour les résultats analytiques de mélanges expérimentaux, mais non sans réserve pour les différents mélanges de gaz contenus dans les gaz d'échappement des moteurs à essence et des moteurs Diesel, des moteurs à deux temps et à quatre temps, des moteurs monocylindres et polycylindres à différents stades de fonctionnement. Dans les circonstances actuelles, il n'est possible d'obtenir une image des limites d'erreurs et de l'exactitude de la mesure qu'en mesurant simultanément un composant de gaz d'échappement par différentes méthodes, car les diverses méthodes ne possèdent pas la même sensibilité que le gaz témoin aux perturbations provoquées par les autres composants. Si par conséquent les valeurs d'analyse obtenues, après calibrage préalable, par plusieurs méthodes sont approximativement les mêmes, il est raisonnable de supposer que les résultats correspondent aux valeurs réelles. Une certitude absolue ne sera donnée que lorsque les résultats d'une enquête systématique par les méthodes sélectives de mesure, telles que la chromatographie au gaz, la spectrométrie aux infra-rouges et de masse, seront disponibles.

En ce qui concerne les deux composants des gaz d'échappement qui ont fait l'objet des recherches les plus approfondies, c'est-à-dire l'oxyde de carbone et les hydrocarbures, la situation actuelle est définie sous la forme la plus fidèle dans les tableaux 1 et 2 suivants :

./.

Nombre de tours : minute du : moteur : (régime)	Analyseur : d'absorp- : tion aux : infrarouges	Teneur en oxyde de carbone mesurée par : chronométrie	Ultra-gaz : (1)	Analyse : Orsat (2)	Valeur à : l'essai : (3)	Déviati- : on : uniformisée :
1508						
.....						

- (1) Appareil de mesure du Co fabriqué par Wösthoff, Bochum
- (2) Procédure de laboratoire prescrite par la Steinkohlen Bergbauverein, Essen, IV 25.10.01, Verlag Glückauf, Essen
- (3) Tube à essai de Träger, modèle 0,3-4,0 % (+) 1959 et 0-7 % CO (1960).

Tableau 1 : Comparaison des concentrations d'oxyde de carbone dans les gaz d'échappement d'un moteur Volkswagen 1200 cm³, déterminées par diverses méthodes d'analyse

Sur la base de ces valeurs, on peut estimer que l'exactitude de la mesure de l'oxyde de carbone est + 5 ... 10 % (relative). Les auteurs américains (E.R. Stephens, P.L. Hanst, R.C. Doerr, E. Scott, Les Gaz d'échappement des véhicules automobiles : composition et produits de photolyse, I. Air Poll. Contro. Ass. 8, 333, 1959) tablent évidemment sur ± 5 %.

Le tableau 2 donne les valeurs expérimentales des concentrations d'hydrocarbures dans les gaz d'échappement d'un moteur à essence à deux temps monocylindrique à refroidissement par air (I.L.O L. 252), rassemblées selon VII (b) 20 ; ces valeurs ont été obtenues dans diverses conditions de fonctionnement en utilisant différents types d'essence. Une analyse simultanée a été effectuée :

./.

- (a) en utilisant la spectroscopie dispersive aux infra-rouges par détermination de l'extinction intégrale des oscillations de valence de C-H
- (b) avec un analyseur d'absorption aux infra-rouges sensibilisé au N-butane
- (c) avec un analyseur d'absorption aux infra-rouges sensibilisé au N-hexane
- (d) avec un détecteur d'ionisation à flamme.

Aux fins de comparaison, toutes les valeurs sont converties en N-hexane ppm.

Hydrocarbures (N-hexane ppm)						
Carburant	Tours/m	Coeffi- cient intégral d'extinc- tion	N- buta- ne URAS	N- hexane URAS	Détéc- teur d'ioni- sation à flam- me	Valeur moyenne
Essence standard RON 86	1000 ...					
Essence reconsti- tuée RON 95	1100 ...					(4160)(+)
Iso-octane RON 100						

(+) moyenne des trois premières valeurs

Tableau 2 : Comparaison des concentrations d'hydrocarbures dans les gaz d'échappement d'un moteur à essence monocylindre à deux temps, déterminées par diverses méthodes d'analyse.

Il devient évident à cet égard que les résultats obtenus par diverses méthodes témoignent un accord satisfaisant, avec des déviations variant de ± 66 à 10 % si des carburants non exagérément insaturés sont utilisés et si des produits de "cracking" peu nombreux se forment au cours de la combustion ; lorsqu'on utilise une essence reconstituée par exemple, les valeurs obtenues par les méthodes aux infra-rouges sont de 25 à 35 % inférieures aux valeurs obtenues par la méthode d'ionisation à flamme.

IX. Pour respecter les limites d'émissions données en VII règles 2282 "émissions d'oxyde de carbone" (limite maximum 5 % par volume) et 2281 "Densité de la fumée pour les véhicules Diesel", les mesures suivantes sont considérées comme appropriées :

(1) Mesures du côté induction

(a) Conformément aux statistiques courantes, la teneur en TEL et TML des marques allemandes d'essence est relativement basse ("Associated Octal Comp.-Ltd", Enquête mondiale sur la qualité de l'essence d'automobiles, Londres, mai 1963).

En raison des procédures de désulfuration employées par les raffineries modernes, la teneur en soufre des carburants essence et Diesel est insignifiante en ce qui concerne les problèmes d'échappement. (Voir le rapport Octal cité plus-haut). Le soufre est en partie déposé dans le moteur sous forme de sulfate de plomb ou émis sous cette forme comme aérosol à condensation rapide. (Voir, p.-ex. Rost "Untersuchungen über die Ablagerung von Bleiverbindungen in Verbrennungsmotoren bei Verwendung verbleiter Kraftstoffe" (Enquêtes sur les dépôts de composés de plomb dans les moteurs à carburation utilisant des carburants plombés). Deutsche Kraftfahrtforschung und Strassenverkehrstechnik, Heft 106, VDI-Verlag, Düsseldorf 1957, et Th. Hammerich, H. Gondermann "Brennraumrückstände-Zusammensetzung und Analyse" (Dépôts dans les chambres de combustion-composition et analyse), Erdöl und Kohle 16, 303, 1963). Selon des

expériences non encore publiées effectuées d'après I 2 (a), il n'est pas possible d'établir une relation directe entre la teneur en aromatiques du carburant et l'émission d'aromatiques condensés cancérigènes. Au contraire, les conditions de combustion à l'intérieur du moteur exercent une influence marquée sur la création de ces substances ; une opinion précise sur le rôle des aromatiques des carburants du point de vue de la pollution de l'air ne peut donc être soumise.

Pour les moteurs à essence qui sont bien adaptés aux carburants utilisés, on peut prouver que, pour toutes les conditions de fonctionnement, la teneur en oxyde de carbone des gaz d'échappement est proportionnelle au rapport momentané air-carburant (voir par exemple Huber VII (c) 22 ou Ihrig VII (c) 29 ; l'influence du type de carburant est très faible. Jusqu'à un rapport air-carburant de 0,96, correspondant à 14 kilos d'air pour un kilo de carburant, la relation est à peu près linéaire ; le pourcentage en volume d'oxyde de carbone comme fonction de λ est donné par l'équation suivante :

$$(CO) = 38,85 + 38,70 \dots (1)$$

Pour des valeurs supérieures de (CO) dans l'essence, l'échappement du moteur diminue plus lentement vers une limite de 0,5 %, car la dissociation thermique du CO_2 et une répartition inégale du mélange deviendront alors plus importantes. Lorsque la composition du gaz d'échappement qui doit être anticipée par l'équilibre de la vapeur d'eau est calculée pour diverses températures avec la méthode proposée par B.A. d'ALLEVA et W.G. Lovell (SAE Journal, Transactions, 88, 90, 1936), le calcul aboutit à l'équation suivante ; pour un terme d'équilibre de $1520^\circ C$ jusqu'à $\lambda = 0,97$, très proche de l'équation (1) :

$$(CO) = - 38,96 + 38,01 \dots (2)$$

Ces résultats montrent que les additifs de l'essence ne peuvent améliorer la combustion, par exemple, réduire l'émission d'oxyde de carbone et d'anhydride carbonique que si la combustion est rendue incomplète soit par des causes mécaniques (mauvaise répartition du mélange, réglage défavorable de l'allumage, configuration impropre de la chambre de combustion, dépôts dans la chambre de combustion) ou par les propriétés de combustion du carburant lui-même. Des enquêtes effectuées par des instituts de recherches à Aix-la-Chapelle (I 2 (m)) et Clausthal (I 2 (a)) ont montré qu'une amélioration de la combustion peut être obtenue en utilisant, dans les moteurs

à essence, des additifs métal-organiques ou peroxydiques. Cependant, aucune expérience n'a encore été recueillie sur les effets de ces additifs dans le fonctionnement à long terme et sur leur stabilité pendant le stockage.

Le Professeur Dr. Kühn, (I) 2 (m) s'est préoccupé non seulement de l'élaboration d'additifs des carburants mais aussi de la synthèse de nouveaux lubrifiants, qui ne sont pas conçus sur la base d'un hydrocarbure, pour les moteurs à deux temps, afin de réduire la proportion de lubrifiants résiduels dans l'échappement de ces moteurs. Les appareils directeurs construits au cours des dernières années pour la mesure exacte des lubrifiants (voir IX 1 (h)) ont amené une certaine diminution de l'intérêt suscité par l'élaboration de nouveaux lubrifiants pour les moteurs à deux temps.

(b) L'institut mentionné en I 2 (b) étudie depuis quelque temps l'influence de la carburation, de la préparation et de la distribution du mélange et du réglage de l'allumage sur la composition des gaz d'échappement (voir VII (e) 34 et VII (e) 35). Dans ces essais, une attention spéciale est portée à l'amélioration du réglage à vide. Les travaux effectués sur les effets de l'injection de vapeurs de carburant doivent aussi être citées à ce sujet (I 2 (d), VII (e) 36).

(c) C'est un fait bien connu qu'une émission excessive de fumée par les moteurs Diesel est surtout provoquée par un dispositif d'injection mal réglé ou défectueux. C'est pourquoi les fabricants d'automobiles Diesel dessinent et ajustent leurs moteurs de telle manière que l'émission est très inférieure aux limites de densité de fumée indiquées dans le VDI 2281, lorsque le véhicule sort de l'usine. Les instructions et les manuels d'entretien soulignent l'importance d'un entretien correct du dispositif d'injection. Une attention particulière est portée à l'émission de fumée, au cours des inspections officielles périodiques du véhicule et lorsque le véhicule est soumis au contrôle courant à l'atelier.

(d) Afin d'obtenir une distribution égale et homogène du mélange air-carburant à tous les stades de fonctionnement, les fabricants de moteurs à essence multicylindres ont tendance à utiliser soit plusieurs carburateurs ou un seul carburateur fonctionnant en plusieurs phases ; il faut signaler à ce propos que le réglage correct de plusieurs carburateurs

./.

exige un équipement et des connaissances spéciales. La canalisation d'induction est conçue de manière à garantir une distribution optimum du mélange. En de nombreux cas, le chauffage par les gaz d'échappement ou par l'eau de refroidissement est employé pour la vaporisation totale des composants de carburants très volatiles et pour un meilleur comportement du démarrage à froid. Une nouvelle mesure en ce sens consiste dans l'utilisation de l'injection de carburant, déjà employé dans plusieurs modèles de voitures de tourisme à prix élevé, et dans l'injection de vapeurs de carburant (voir VII (c) 36). Des carburants dotés de caractéristiques de vaporisation uniformes peuvent aussi contribuer à la composition d'un mélange homogène. Les dispositifs qui tendent à l'homogénéisation du mélange par adjonction d'air secondaire entre le carburateur et la chambre de combustion ne doivent pas être retenus ; ces dispositifs ont pour effet de modifier le rapport air-carburant d'une manière incontrôlable et de réduire ainsi l'émission d'oxyde de carbone et d'hydrocarbure selon l'équation (1) en IX (1) (a). Dans chacun des cas où ces dispositifs ont été expérimentés, on pourrait démontrer que l'émission d'oxyde de carbone a suivi l'équation (1), c'est-à-dire qu'il n'y a aucun effet particulier. Le rapport air-carburant souhaité peut être obtenu par un simple réglage du carburateur. Cependant la gamme de ces réglages est limitée par les nécessités d'un fonctionnement satisfaisant du véhicule sur route dans toutes les conditions de circulation, notamment pendant l'accélération.

Les propositions tendant à obtenir une meilleure combustion par une prétendue ionisation partielle du carburant au moyen d'un filtre conduisant un courant faible et situé sur le circuit d'alimentation se sont également révélées impraticables ; de toute évidence, les inventeurs n'ont pas tenu compte du fait que les lois de la stochiométrie et de la thermodynamique ne peuvent être tournées.

(e) Aucun élément n'est disponible sur cette question.

(f) La situation en Allemagne dans ce domaine n'est pas connue actuellement.

(g) Sans commentaires.

(h) La plupart des modèles de voitures de tourisme à moteur à deux temps sont normalement équipés d'un dispositif automatique de mesure du lubrifiant, qui est influencé par le régime et la charge du moteur. Les fabricants de moteurs,

de carburateurs et de dispositifs d'allumage pour les véhicules sont naturellement intéressés à l'amélioration régulière de leurs produits. Les travaux de recherche sur le processus de combustion, pour obtenir les conditions de combustion les plus favorables au moyen d'aménagements techniques du moteur et de conditions de fonctionnement appropriées, ainsi que sur l'influence du carburant, ont déjà été mentionnés dans les chapitres précédents.

(2) Mesures sur le plan de l'échappement

(a) Plusieurs instituts et autres organes de recherches se sont préoccupés de déterminer dans quelle mesure il peut être possible d'éliminer en partie la suie, les vapeurs d'huile et les composés de plomb de l'échappement, en adaptant au tuyau d'échappement soit des filtres mécaniques ou électriques ou des dispositifs de lavage. Les substances solides possédant une large surface externe ou interne ou une certaine activité superficielle, telles que la pierre ponce, l'écume de mer, les masses pour purification des gaz et le carbone actif ont été étudiées ; en outre, des dispositifs de lavage fluide ont été mis au point. La vitesse du courant des gaz d'échappement dans ces dispositifs est relativement élevée ; d'autre part, l'espace disponible dans un véhicule à moteur est très restreint. La précipitation n'est pas satisfaisante et l'efficacité diminue rapidement en raison de l'inactivation de la surface. Aussi, l'application de ces dispositifs est-elle limitée aux installations stationnaires et aux véhicules de très grandes dimensions dans lesquels la dimension du dispositif n'est pas déterminante, du moins d'un point de vue mécanique, ainsi qu'aux moteurs destinés à des usages spéciaux et soumis à un entretien minutieux, tels que les élévateurs à embranchements ou les locomotives de mines. L'importance du filtrage des gaz d'échappement à l'écume de mer a été particulièrement soulignée par F. Engel (VII (f) 41). Jusqu'à présent aucune preuve qui puisse être vérifiée par des enquêtes ultérieures n'a été soumise sur l'efficacité dans les essais d'endurance. On ignore si les catalyseurs sensibles au plomb accuseront un progrès important d'endurance lorsqu'ils sont précédés de ces filtres.

(b) A côté des efforts déployés pour améliorer la combustion dans le moteur lui-même, le problème de l'oxydation catalytique des gaz d'échappement a reçu la première priorité. Des instituts de recherche (I 2 (a) ; I 2 (e) ; I 2 (f)) et notamment plusieurs entreprises chimiques importantes, en coopération partielle avec les fabricants indigènes et étrangers de produits chimiques et d'automobiles intéressés par les mêmes problèmes, effectuent depuis plusieurs années des essais en laboratoire et sur route. Après que les essais préliminaires avec des véhicules industriels sur des circuits routiers déterminés aient donné des résultats encourageants, on projette maintenant d'équiper les véhicules automobiles des services et autorités fédérales de dispositifs de post-combustion et d'examiner, avec l'aide d'observateurs neutres, le comportement du catalyseur et l'ensemble du dispositif dans les conditions de marche les plus communes pour ces véhicules. L'expérience obtenue grâce à ces essais devra servir, d'une part, comme moyen d'encourager une nouvelle amélioration des catalyseurs et de la technique (I 2 (b) ; I 2 (c)) et, d'autre part, de servir de base à l'établissement d'un cycle de conduite afin de déterminer l'émission de gaz d'échappement et d'essayer les dispositifs de post-combustion. Les détails des travaux de laboratoire et des essais de catalyseurs ne seront pas donnés dans le présent rapport. En ce qui concerne les essais techniques effectués par les entreprises citées en I 2 (n), les faits suivants sont à présent connus : (i) La "Deutscher Gold-und Silber-Scheideanstalt" (Degussa), de Francfort s/Main et Peter Spence and Son, Ltd., Widnes, Angleterre, ont entrepris un programme commun d'essais et de mise au point dans le domaine des dispositifs de post-combustion à catalyse pour les gaz d'échappement des automobiles. Des règlements bien définis d'expérimentation n'ayant été officiellement prescrits qu'en Californie, les travaux ont été dirigés vers l'observance de ces règles. On peut supposer que les dispositifs de post-combustion qui se conforment aux règlements de la Californie peuvent aussi être employés, avec certains aménagements, dans d'autres pays. En raison du genre d'automobiles utilisées en Europe, les enquêtes ont été momentanément concentrées sur les véhicules de taille moyenne à moteurs à essence à quatre temps.

Dans les essais en laboratoire, l'activité de plusieurs catalyseurs a été étudiée à des températures différentes, en employant des mélanges de gaz expérimentaux d'oxyde de carbone et d'hydrocarbures. Les résultats de ces essais ont été

utilisés comme base pour le choix d'un nombre limité de systèmes catalytiques pour essais stationnaires avec des moteurs à quatre temps mono et multicylindres. A ce stade, on a porté l'attention sur la résistance au plomb, la stabilité de la température et l'endurance mécanique.

Pour l'essai des catalysants dans le véhicule, il a été nécessaire de construire des pots d'échappement appropriés. Les problèmes de technique de la procédure qui sont soulevés ont été traités séparément. Cette remarque s'applique particulièrement au problème de la fourniture de l'air secondaire nécessaire à l'oxydation catalytique.

A l'heure actuelle, plus d'une douzaine de véhicules sont soumis à des essais sur route d'endurance des catalyseurs. Pour le contrôle continu, ces véhicules sont équipés d'instruments d'enregistrement pour les mesures de température et, en partie, de soupapes en dérivation. L'efficacité du catalyseur est contrôlée à intervalles réguliers sur des dynamomètres de châssis dessinés selon les règlements de la Californie. Jusqu'à présent, environ 300 essais ont été effectués. Quelques dispositifs de post-combustion ont réussi à remplir les conditions de la Californie sur une distance de 20.000 km. Des essais sont en cours afin de reproduire les résultats sur un plus grand nombre de véhicules. Un résultat typique d'essai "de cycle chaud" obtenu sur un dynamomètre de châssis à la MIRA (Association de recherches de l'industrie automobile) conformément aux règlements de la Californie est donné dans le tableau 3. Des essais au dynamomètre et sur route ont été effectués avec le carburant plombé normal anglais.

Emission en "cycle chaud"				
Essai après distance, en km	Sans post-combustion		Avec post-combustion	
	CO (%)	Hydrocarbures (ppm)	CO (%)	Hydrocarbures (ppm)
8050	4,3	2280	0,3	330
19300	3,7	2070	0,3	125

Tableau 3 : Emission d'un véhicule automobile avec et sans post-combustion.

(ii) "Lurgi, Gesellschaft für Chemotechnik", Francfort-sur-le-Main et "Kalichemie", Hanovre ont mis au point et essayé des catalyseurs sur une base analogue.

Le catalyseur de type "Oxy-France" est employé surtout pour l'oxydation de l'échappement des véhicules spéciaux à moteurs à essence et à moteurs Diesel, par exemple les élévateurs à embranchement, les unités de transport dans les bâtiments fermés et les mines. Il consiste en un support de forme sphérique en oxyde d'aluminium imprégné d'un métal précieux (groupe du platine). La limite supérieure de la température de fonctionnement en marche continue est de 800° C. Sa longévité - même pour l'essence plombée - est d'environ 2000 heures. Si l'oxygène se trouve en quantité suffisante, l'oxyde de carbone est totalement oxydé à des températures de 250 à 300° C. La température de combustion pour les hydrocarbures à l'état pur, partiellement oxydés ou "crackés", varie de 400 à 450° C. La suie est oxydée à 600° C environ.

Le catalyseur de type "Kali-Chemie" a été mis au point pour la post-combustion dans les modèles courants de voitures de tourisme à moteur à essence. Les parties saillantes, cylindres massifs ou creux faits de composés d'oxyde d'aluminium avec des silicates d'aluminium, des oxydes de fer, etc. sont utilisées comme supports ; elles sont imprégnées soit de métaux précieux ou de composés d'oxyde métallique. La limite supérieure de la température de marche pour les catalyseurs en métal précieux est d'environ 1200° C en marche continue ; la longévité - même pour l'essence plombée - est de 20.000 à 30.000 km. Selon le type de moteur, les catalyseurs et les dispositifs de post-combustion sont dessinés de telle manière que la valeur moyenne pour toutes les conditions de marche de la concentration de gaz d'échappement après le dispositif est inférieure à 1,5 % en volume pour l'oxyde de carbone et à 275 ppm pour les hydrocarbures. La charge spécifique du dispositif de post-combustion varie de 8.000 à 60.000 2/2/heure de catalyse. L'activité vers l'oxyde de carbone et les hydrocarbures est évaluée par le cycle de combustion d'un mélange d'air avec 2 % en volume de CO ou 1 % en volume de propane respectivement à des températures différentes et à des vitesses de courant correspondant à la marche réelle du véhicule.

La combustion sur les catalyseurs dépend non seulement de la température mais aussi de l'oxygène excédentaire, c'est-à-dire du rapport air-carburant. Avec $\lambda = 2$, les valeurs données au tableau 4 ont été obtenues par l'analyse du gaz d'échappement après le catalyseur.

./.

	Température en °C	CO (%b.v.)	Hydro- carbu- (g/m ³)	Acéty- lène (%b.v.)	Ethylè- ne (%b.v.)	Formal- dehyde (mg/m ³)	Oxygène (%b.v.)
Avant cataly- seur	70	5,0	12,5	0,04	0,02	29	5,2
Après cataly- seur	350	0,5	1,5	0,007	0,0	18	0,8

Tableau 4 : Conversion des gaz d'échappement sur un catalyseur pour $\lambda = 2$ dans l'échappement.

Le catalyseur "Kali-Chemie" atteint son activité CO totale autour de la faible valeur de 130° C et son activité propane totale autour de 250° C.

(iii) La "Badische Anilin-und Sodafabrik", Ludwigshafen, a également mis au point un catalyseur qui, d'après les essais, est adapté à l'oxydation des gaz d'échappement des moteurs. On n'a pas encore révélé d'autres détails sur cette question. La même remarque s'applique aux travaux effectués par un groupe de travail à Hörter/Weser et Bielefeld (mise au point de dispositifs de sûreté de gaz et de purification de l'air ; Benteler-Werke), qui traite également des questions d'oxydation catalytique.

(c) Un dispositif de post-combustion qui fonctionne sur le principe d'allumage des composants du combustible dans le gaz d'échappement a fait l'objet d'une démonstration publique, tout d'abord dans les moteurs à deux temps tournant à vide, par la "Schalldämpferzentrale" (Dr. Leistritz), Francfort-sur-Main. A l'heure actuelle, on dispose de peu de détails sur les plans, en particulier on ne possède aucune indication sur la question de savoir si l'énergie chaleur supplémentaire nécessaire aux basses concentrations de composants d'échappement combustible pour élever les températures

au-dessus de la limite inférieure d'allumage est obtenue en ajoutant du carburant ou en utilisant un dispositif d'échange de chaleur. Les organes scientifiques n'ont pas encore eu l'occasion d'examiner le dispositif.

Des propositions de dispositif de post-combustion à flamme avec ou sans échangeur de chaleur ont également été soumis par d'autres sources.

(3) Les constructeurs d'automobiles allemands équipent, sur une base bénévole, tous les nouveaux véhicules fabriqués après le 1er janvier 1964 de dispositifs de ventilation de la boîte de vitesse, si les modèles respectifs n'en sont pas déjà équipés. Le détail du modèle est laissé au choix des constructeurs. Des essais officiels d'efficacité ne sont pas effectués.

X. Le code de circulation allemand (Para 47 St VZO) stipule que les inconvénients causés par l'émission des gaz d'échappement des véhicules automobiles ne doivent pas dépasser le degré indiqué par le stade correspondant de progrès technique. Ce stade sera indiqué par des "Richtlinien" (règlements) qui n'ont pas encore été rédigés ; ils seront adaptés aux règlements VDI.