

**OFPPT**

**ROYAUME DU MAROC**

**مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل**  
**Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail**  
**DIRECTION RECHERCHE ET INGENIERIE DE FORMATION**

**RESUME THEORIQUE**  
**&**  
**GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES**

**MODULE N°:19**

**ANALYSE DES GAZ DE MOTREURS A  
ESSENCE ET DIESEL**

**SECTEUR :** REPARATION DES ENGIN A MOTEUR

**SPECIALITE :** **TECHNICIEN EN  
REPARATION AUTOMOBILE**

**NIVEAU :** **TECHNICIEN**

**JUILLET 2003**

### **Remerciements**

La DRIF remercie les personnes qui ont participé ou permis l'élaboration de ce Module (**Analyse des gaz d'échappement des moteurs à essence et diesel**).

#### **Pour la supervision :**

- M.Noureddine ESSABKI : Chef de la Division coordination des Centres de Formation des Formateurs
- M. Constantin CORLATEANU : Coordinateur du secteur Réparation

#### **Pour la conception :**

- Mme. Mariana Paula MARICA : Formatrice à ISTA Route Agouray, MEKNES

**Les utilisateurs de ce document sont invités à communiquer à la DRIF toutes les remarques et suggestions afin de les prendre en considération pour l'enrichissement et l'amélioration de ce programme.**

**M. Said SLAOUI**

**DRIF**

## SOMMAIRE

	<i>Page</i>
<i>Présentation du module</i>	3
<i>Chapitre I - CONTROLE DES GAZ D'ECHAPPEMENT DES MOTEURS A ESSENCE</i>	8
<i>Chapitre II - CONTROLE DES GAZ D'ECHAPPEMENT DU MOTEUR DIESEL</i>	28
<i>Chapitre III - SYSTEMES DE DEPOLLUTION DES EMISSIONS POLLUANTES</i>	37
<i>Chapitre IV – Guide de travaux pratiques</i>	
<i>TP n° 1 Contrôler les gaz d'échappement des moteurs à essence</i>	57
<i>TP n° 2 Contrôler les gaz d'échappement du moteur Diesel</i>	58
<i>TP n° 3 Intervenir sur des systèmes de dépollution des émissions :</i>	59
<i>Contrôle correct de la sonde Lambda</i>	60
<i>TP n° 4 Intervenir sur des systèmes de dépollution des émissions :</i>	
<i>Montage correct d'un pot catalytique à trois voies</i>	61
<i>TP n° 5 Intervenir sur des systèmes de dépollution des émissions :</i>	
<i>Contrôle efficace du bon fonctionnement d'un pot catalytique</i>	
<i>Bibliographie</i>	62

## **PRESENTATION DU MODULE**

L'étude du module « **Analyse des gaz d'échappement des moteurs à essence et diesel** » permet d'acquérir les savoirs, savoirs-faire et savoirs-être nécessaires à la maîtrise de la compétence.

Ce résumé de théorie et recueil de travaux pratiques est composé des éléments suivants :

Le projet synthèse faisant état de ce que le stagiaire devra savoir faire à la fin des apprentissages réalisés dans ce module, est présenté en début du document afin de bien le situer. La compréhension univoque du projet synthèse est essentielle à l'orientation des apprentissages.

Viennent ensuite, les résumés de théorie suivis de travaux pratiques à réaliser pour chacun des objectifs du module.

Les objectifs de second niveau (les préalables) sont identifiés par un préfixe numérique alors que les objectifs de premier niveau (les précisions sur le comportement attendu) sont marqués d'un préfixe alphabétique.

Le concept d'apprentissage repose sur une pédagogie de la réussite qui favorise la motivation du stagiaire, il s'agit donc de progresser à petits pas et de faire valider son travail.

Les apprentissages devraient se réaliser selon les schémas représentés aux pages qui suivent :

**MODULE 19 : ANALYSE DES GAZ D'ÉCHAPPEMENT DES MOTEURS A ESSENCE ET DIESEL**

Durée : 72 h

**OBJECTIF OPERATIONNEL DE PREMIER NIVEAU  
DE COMPORTEMENT****COMPORTEMENT ATTENDU**

Pour démontrer sa compétence, le stagiaire doit **analyser les gaz d'échappement des moteurs à essence et diesel** selon les conditions, les critères et les précisions qui suivent.

**CONDITIONS D'ÉVALUATIONS**

- Travail individuel
- A partir de :
  - Consignes, directives et instructions
  - Schémas et dessins
  - Questions et problèmes
  - Cas réels ou simulés sur véhicules représentatifs
- À l'aide de :
  - D'une bibliographie technique de référence : documentation technique et les manuels de réparation
  - Des outils d'atelier
  - Des équipements répondant aux normes en vigueur
  - Matière d'œuvre

**CRITERES GENERAUX DE PERFORMANCE**

- Utilisation d'équipement d'analyse de gaz
- Localisation de la panne et méthode de travail.
- Respect du temps d'exécution du travail et consignes de fabricant.
- Respect des règles de sécurité et d'hygiène
- Sauvegarde de l'environnement

**OBJECTIF OPÉRATIONNEL DE PREMIER NIVEAU  
DE COMPORTEMENT**

<b>PRÉCISIONS SUR LE COMPORTEMENT ATTENDU</b>	<b>CRITÈRES PARTICULIERS DE PERFORMANCE</b>
<p>A. Contrôler les gaz d'échappement des moteurs à essence</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Etalonnage correct de l'appareil de mesure</li> <li>- Mesure adéquat du monoxyde de carbone, des hydrocarbures, des oxydes d'azote, du dioxyde de carbone et d'oxygène.</li> <li>- Interprétation correcte des résultats de mesure</li> <li>- Respect des règles de sécurités et d'hygiènes.</li> </ul>
<p>B. Contrôler les gaz d'échappement du moteur diesel</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Etalonnage correct de l'appareil de mesure</li> <li>- Mesure adéquat de la densité de la fumée</li> <li>- Interprétation correcte des résultats de mesure</li> <li>- Respect des règles de sécurités et d'hygiènes.</li> </ul>
<p>C. Intervenir sur des systèmes de dépollution des émissions (régulation lambda, épuration catalytique, recyclage des gaz d'échappement)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contrôle correct de la sonde lambda.</li> <li>- Montage correct d'un pot catalytique à trois voies.</li> <li>- Contrôle efficace du bon fonctionnement d'un pot catalytique.</li> </ul>

**OBJECTIFS OPERATIONNELS DE SECOND NIVEAU**

**LE STAGIAIRE DOIT MAITRISER LES SAVOIR, SAVOIR-FAIRE, SAVOIR PERCEVOIR OU SAVOIR ETRE JUGES PREALABLES AUX APPRENTISSAGES DIRECTEMENT REQUIS POUR L'ATTEINTE DE L'OBJECTIF DE PREMIER NIVEAU, TELS QUE :**

**Avant d'apprendre à contrôler les gaz d'échappement des moteurs à essence (A) le stagiaire doit :**

1. Avoir des notions sur la structure des hydrocarbures.
2. Connaître la composition des gaz d'échappement des moteurs à essence (substances nocives et substances non nocives).
3. Entretien de l'appareil de mesure.

**Avant d'apprendre à contrôler les gaz d'échappement du moteur diesel (B) le stagiaire doit :**

4. Connaître la composition des gaz d'échappement des moteurs Diesel (substances nocives et substances non nocives).
5. Connaître la procédure de mesure de l'opacité.

**Avant d'apprendre les procédures de dépollution des émissions, régulation Lambda, épuration catalytique, recyclage des gaz d'échappement (C) le stagiaire doit :**

6. Se soucier de la dépollution
7. Connaître la sonde à oxygène
8. Connaître le pot catalytique

# **CHAPITRE 1**

## **CONTROLE DES GAZ D'ECHAPPEMENT DES MOTEURS A ESSENCE**

### **§ 1.Introduction**

Trois types de pollution, parmi d'autres, menacent gravement la santé, la sécurité et l'existence des êtres vivants: la pollution atmosphérique, la pollution chimique, et la pollution sonore. Leurs effets sont cumulatifs.

Les automobiles exercent sur ces phénomènes néfastes une influence énorme et sans cesse croissante, plus particulièrement sur la pollution atmosphérique qui est en effet considérablement aggravée non seulement par les éléments toxiques des gaz d'échappement, les gaz de fuites et les vapeurs d'essence, mais aussi par les micro-particules solides, les fumées, les poussières de caoutchouc ou d'amiante, les résidus du plomb, etc.

Tous ces polluants sont rejetés chaque jour en très grandes quantités dans l'atmosphère, dans les véhicules, dans les ateliers, les habitations et les villes de tous les pays du monde par des dizaines voire des centaines de millions d'automobiles.

Les autorités gouvernementales, régionales ou municipales, de nombreux organismes ou services de Santé et de Sécurité, ainsi que la plupart des personnes concernées par la construction, l'utilisation et la circulation des véhicules, s'efforcent constamment d'agir efficacement contre ce fléau des Temps modernes. Ils observent ou étudient, déterminent ou créent, font connaître et appliquer rigoureusement les méthodes et les moyens de protection des êtres vivants contre les risques graves et tous les dangers inhérents aux pollutions.

### **§ 1.1. La pollution par les automobiles**

#### *Types de pollution*

L'importance et la gravité de la pollution par les automobiles sont évidemment proportionnelles au très grand nombre de véhicules qui circulent sur les routes et dans les rues. Le nombre de véhicules n'a cessé d'augmenter depuis cinquante ans et augmentera encore. Il a été vendu dans le monde 34 millions de voitures en 1994, et plus de 45 millions en l'an 2000. Ce très grand nombre de véhicules, voitures particulières, camionnettes, camions, semi-remorques, autobus, tracteurs, et motocyclettes, par leurs moteurs, leurs structures, leur fonctionnement et leur utilisation (entretien, conduite, chargement) engendre directement ou indirectement une pollution atmosphérique, une pollution chimique, une pollution ondulatoire ou radiante, une pollution mixte.

La pollution est directe ou primaire, spécifique ou principale, lorsque le moteur ou certains autres organes, systèmes ou dispositifs d'un véhicule génèrent eux-mêmes des matières, des corps ou des phénomènes polluants (gênants ou dangereux). Exemples: dégagement d'oxyde de carbone et d'hydrocarbures imbrûlés par le moteur; émanation de vapeurs d'essence du réservoir, bruits intenses ou (et) prolongés, vibrations, etc.

La pollution est indirecte, secondaire ou périphérique, lorsque la construction, le fonctionnement, l'entretien ou la réparation nécessite des activités, des matières ou matériaux, organes ou dispositifs polluants. L'automobile n'est plus un générateur mais un transmetteur parfois amplificateur de pollution. Exemple: la pollution par des produits chimiques d'entretien ou la pollution inhérente à la production, le transport, le stockage et la distribution des carburants.

## § 1.2 Sources principales et nature des polluants

*La pollution atmosphérique* par les automobiles est due principalement au moteur qui émet :

- des gaz d'échappement renfermant 65 % environ de tous les polluants engendrés par une voiture;
- des gaz de fuites ou gaz de carter ( $\approx 20\%$ );
- des vapeurs d'essence ( $\approx 10\%$ ) issues du carburateur ou du canister.

Elle est due également au réservoir de carburant (qui peut présenter des fuites de vapeurs de carburant d'environ 5 %) et à l'usure par frottement des pneus et de certains organes (ce qui provoque des émissions de particules solides ou de poussières).

### *La pollution chimique (minérale et organique)*

Inhalation, ingestion ou contacts intempestifs avec des éléments du corps humain (la peau, les mains, les yeux, etc. ) de matières ou produits corrosifs ou toxiques :

- l'électrolyte des batteries, les huiles de vidange, etc. ;
- les liquides pour les freins, les liquides antigel ;
- les solvants (benzène, acétone...) ;
- les diluants (benzine, essence de térébenthine...) ;
- les aérosols ;
- le plomb, l'amiante, certains produits d'entretien.

### *La pollution ondulatoire ou oscillatoire*

- les vibrations, les bruits, etc.

### *La pollution mixte*

### *La pollution périphérique*

- pollution indirecte particulière ;
- rejet des véhicules usagers et de leurs organes (pneus, batteries...).

## § 2. Composition des gaz d'échappement des véhicules

Les polluants les plus abondants ou les plus nocifs engendrés par les moteurs et les véhicules sont les gaz d'échappement.

Les gaz d'échappement d'un moteur se composent théoriquement de gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ), de vapeur d'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ) et d'azote ( $\text{N}_2$ ).

Dans les conditions normales de température et de pression, les proportions, en volume, sont égales en moyenne à 74 % pour l'azote, 12 % pour la vapeur d'eau et 13 % pour le gaz carbonique.

Pratiquement, la combustion d'un carburant dans les cylindres d'un moteur est incomplète ou imparfaite, car les conditions de combustion totale ne sont jamais réunies simultanément et sont en outre variables. De plus, certains carburants contiennent des additifs dont les résidus de combustion sont entraînés par les gaz d'échappement qui renferment alors des produits non ou peu toxiques, des produits toxiques et des produits divers.

*Produits non ou peu toxiques* : l'azote, le gaz carbonique, la vapeur d'eau.

*Produits toxiques* : monoxyde de carbone, oxydes d'azote, hydrocarbures imbrûlés, benzène.

*Produits divers en faibles proportions* : acides, aldéhydes, peroxydes (oxydes qui contiennent plus d'oxygène qu'un oxyde normal), dérivées des hydrocarbures, anhydride sulfureux, éléments résiduels issus des additifs ajoutés aux carburants, etc.

*Fumées* (particules solides en suspension dans les gaz d'échappement). Elles sont émises surtout par les moteurs diesel mal réglés, mal entretenus ou surchargés.

*Odeurs*. Elles ne sont pas exactement des polluants, mais elles provoquent une gêne pouvant avoir des effets physiologiques plus ou moins néfastes.

Les caractéristiques principales des gaz d'échappement sont très variables suivant la marque, le type du moteur (taux de compression, régime, rendement, puissance, consommation), la nature et la qualité du carburant.

Puisque dans le chapitre 1 c'est l'analyse des gaz d'échappement d'un moteur à essence qui sera traitée, on peut se poser la question « pourquoi un moteur à allumage commandé en parfait état de marche produit des substances nocives ? ». Dans le moteur à allumage commandé (exemple Otto – BOSCH) ainsi que dans le moteur diesel, on brûle des carburants qui sont composés d'une manière très différente, mais qui globalement se composent tous d'hydrogène (H) et de carbone (C). De plus, certains additifs y sont encore ajoutés, tels les antidétonants.

Lors d'une combustion équilibrée et complète, les différentes combinaisons d'hydrocarbures avec l'oxygène de l'air produiraient uniquement des substances non nocives, à savoir du dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) et des vapeurs d'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Dans le moteur Otto on cherche bien évidemment à approcher autant que possible le processus de combustion idéal parce qu'en plus d'être libre de substances nocives, il donnerait le meilleur rendement.

Malheureusement, dans le moteur Otto comme dans le moteur Diesel, la combustion n'est pas continue. Elle se fait de façon cyclique, les durées de combustion sont très courtes, le mélange varie en permanence et la température de l'air à l'admission comme dans la chambre de combustion n'est pas constante. Ces éléments ajoutés à la conception propre du moteur et à ses mauvais fonctionnements, font qu'il est impossible d'obtenir des conditions idéales de combustion.

Cette combustion incomplète est la raison de l'existence de substances nocives dans les gaz d'échappement.

### § 2.1. Composants des gaz d'échappement d'un moteur à essence

On divise donc en substances nocives et non nocives les composants des gaz d'échappement qui se produisent lors de la combustion dans un moteur à essence (exemple moteur à allumage commandé Otto – BOSCH).

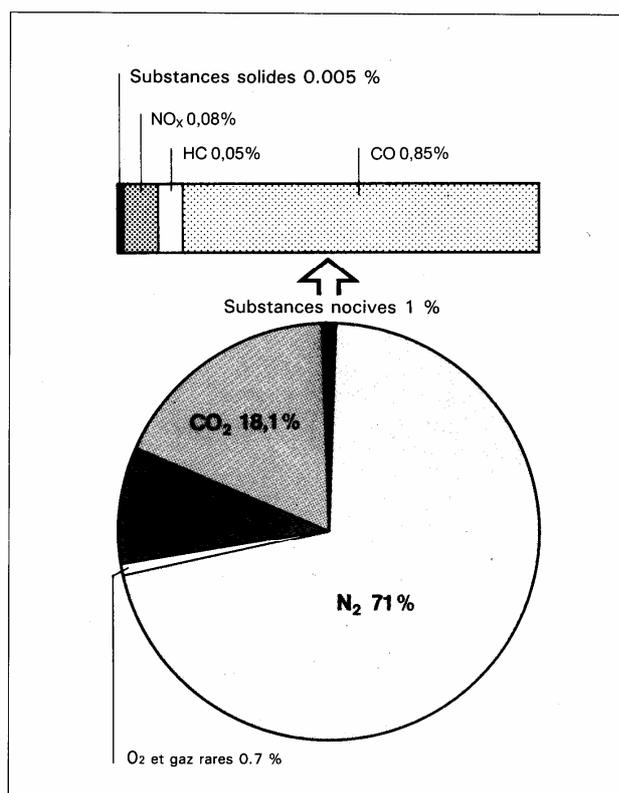
*Substances non nocives*

Azote ( $\text{N}_2$ )

Oxygène ( $\text{O}_2$ )

Dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ )

Vapeur d'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ )



**Fig. 1 Composants des gaz d'échappement**

L'azote est le composant le plus important de notre air (plus de 70 %). Il pénètre dans le moteur avec l'air aspiré et en sort en sa majeure partie sans avoir participé au processus de combustion. On trouve de l'oxygène dans les gaz d'échappement si, à cause d'un mélange trop pauvre ou de son mauvais brassage dans la chambre de combustion, tout l'oxygène de l'air n'a pas été consommé lors de l'oxydation. Les produits restants de la combustion sont donc la vapeur d'eau et le dioxyde de carbone. (La figure 1 représente la composition moyenne des gaz d'échappement des moteurs Otto).

#### *Substances nocives*

Monoxyde de carbone (CO)

Hydrocarbures (HC)

Oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>)

Composés au plomb (Pb)

Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)

Substances solides, comme par exemple la suie.

#### Monoxyde de carbone

Cette substance nocive se produit quand une oxydation complète du carbone (C) en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) est impossible par manque d'oxygène (O<sub>2</sub>) dans le mélange. Le législateur s'y est intéressé en premier parce que le monoxyde de carbone, même en faible concentration, influence déjà la composition du sang ; il réduit, en se mélangeant aux globules rouges, leur capacité d'absorption en oxygène. Cela implique que d'une manière générale le monoxyde de carbone soit le composant de gaz d'échappement que l'on examine en premier lieu lors du contrôle des automobiles. Par sa dépendance du mélange carburant / air, il est le composant principal pour l'information sur le réglage du mélange.

La concentration de CO la plus élevée apparaît durant la combustion dans le cylindre mais une fois dans l'atmosphère, il s'oxyde relativement vite pour devenir du dioxyde de carbone non toxique.

#### Hydrocarbures

Comme pour le monoxyde de carbone, c'est une combustion incomplète due à un manque d'air qui provoque l'émission d'hydrocarbures non brûlés ou partiellement brûlés. Cela explique que dans les gaz d'échappement l'on ne trouve pas l'hydrocarbure mais bien les formes les plus diverses de composés d'hydrocarbures, comme l'hydrocarbure aromatique qui se fait remarquer par son odeur et dont certains composants, comme le benzopyrène, pourraient être cancérigènes. Les hydrocarbures non saturés, d'autre part, participent sous l'influence du rayonnement solaire et en combinaison avec des oxydes d'azote à la formation du "Smog" (Smog : nuage de pollution en zone urbaine). Les hydrocarbures saturés, quant à eux, sont presque inodores mais ont un effet narcotique et provoquent une légère irritation des muqueuses. De plus fortes concentrations d'hydrocarbures non brûlés peuvent donc être nuisibles à la santé mais aussi ils pourraient jouer un rôle important dans les maladies des arbres.

#### Oxydes d'azote

La réaction chimique qui libère du monoxyde d'azote (NO) nécessite un grand apport énergétique comme il en existe dans les processus de combustion à haute pression et température dans les moteurs. Après sa sortie du cylindre, il se combine à nouveau avec l'oxygène de l'air pour former du dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>). Le NO et le NO<sub>2</sub> sont stables et sont référencés sous le générique NO<sub>x</sub>. A plus forte concentration, le NO<sub>x</sub> entraîne l'irritation des voies respiratoires et provoque des manifestations d'intoxication. Son inhalation prolongée peut mener jusqu'à la destruction du tissu pulmonaire.

#### Composés de plomb

On utilise les composés de plomb comme antidétonants. C'est pour cette raison que l'on en retrouve dans les gaz brûlés. Les additifs au plomb ajoutés au carburant ont aussi un effet lubrifiant sur les soupapes d'admission et d'échappement parce qu'à ces endroits, le dépôt de plomb réduit l'usure. Ils agissent comme poison sur les cellules du sang, sur la moelle osseuse et le système nerveux.

#### Dioxyde de soufre

Le dioxyde de soufre se forme par oxydation du soufre présent dans le carburant. Comme la teneur en soufre dans l'essence est très faible, l'émission de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) n'a que peu de signification.

#### Composants de suie

La condition unique d'apparition de suie est une carburation extrêmement pauvre en air. Elle ne devrait normalement pas exister avec un moteur bien réglé.

Les cinq composants de gaz d'échappement les plus importants pour la suite de nos observations, à savoir le monoxyde de carbone, le dioxyde de carbone, les hydrocarbures, l'oxygène et les oxydes d'azote, se retrouvent dans les émissions de chaque moteur à essence. La relation de ces gaz entre eux est largement dictée par l'état du moteur et la qualité de la combustion, qui elle-même dépend de la préparation du mélange, de l'allumage, de la condition mécanique du moteur ainsi que de sa condition de travail instantanée.

La proportion du mélange air / essence a une grande influence sur la formation des trois composants nocifs principaux, le monoxyde de carbone (CO), les hydrocarbures non brûlés (HC) et les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>). Pour la combustion complète d'un kilo de carburant, il faut en moyenne 14,7 kilos d'air. Dans ce mélange que l'on appelle stoechiométrique, la "proportion d'air" (lambda) est égale à 1.

**(Note: la notion allemande de "proportion d'air" lambda correspond à la notion française de l'inverse de la richesse r, c'est-à-dire 1 / richesse, ou, autrement dit, pour les allemands un lambda < 1 représente un mélange riche alors que pour les français, une richesse < 1 représente un mélange pauvre).**

La valeur de lambda permet de voir immédiatement si un mélange est riche ou pauvre. La figure 2 montre combien est étroit le domaine dans lequel le rapport du mélange peut varier et comment ce rapport de mélange se répercute sur la composition du gaz d'échappement. Ce diagramme montre l'étroitesse de la zone utilisable et la difficulté du problème des gaz d'échappement. Il illustre l'influence de la composition du mélange sur les gaz d'échappement (CO, CO<sub>2</sub>, HC, NO<sub>x</sub>), la consommation d'essence (b) et le couple (M) lors d'une charge partielle (régime moyen constant et remplissage du cylindre constant).

Il est possible d'arriver à avoir de bonnes valeurs de gaz d'échappement uniquement dans une plage étroite de part et d'autre de lambda égal à 1.

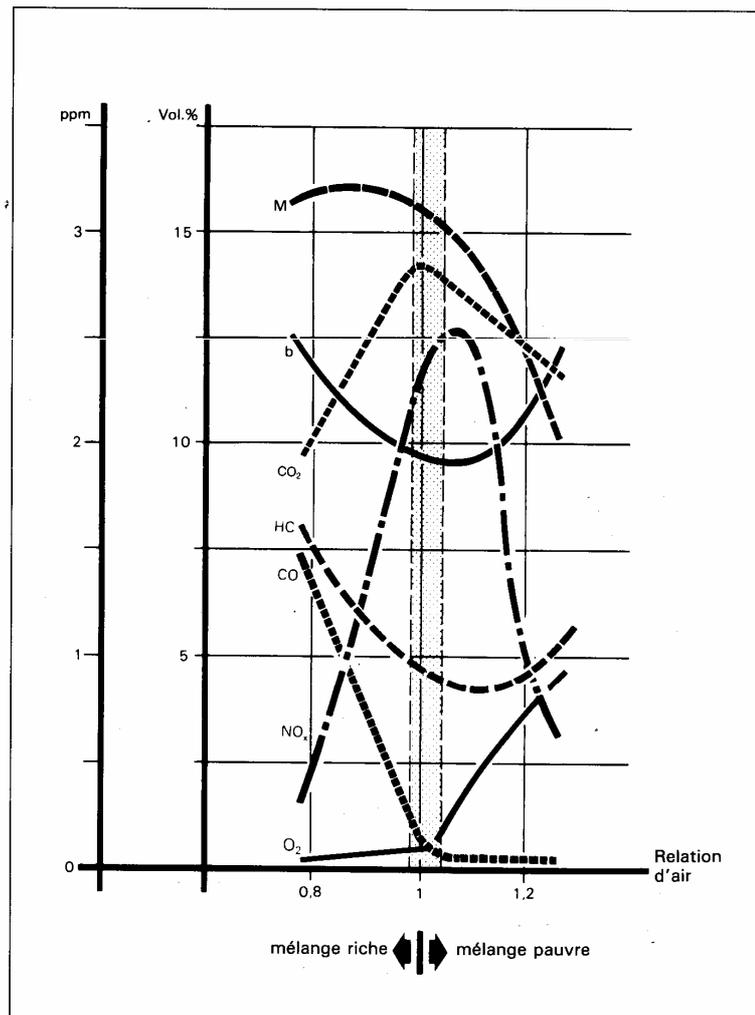


Fig. 2 Influence de la composition du mélange sur les gaz d'échappement

### § 3. Techniques de contrôle et mesure des gaz d'échappement d'un moteur à essence

On utilise des appareils perfectionnés qui appliquent les méthodes d'analyse et de mesure des principaux polluants émis par les automobiles pour :

- Effectuer le contrôle réglementaire des véhicules en circulation afin d'inciter les automobilistes et les garagistes à veiller à la réduction des polluants toxiques dans les émissions gazeuses. Les valeurs limites légales de ce contrôle sont fixées réglementairement par les gouvernements des pays concernés.
- Etablir un diagnostic précis et la recherche de pannes (dans les ateliers des garages et des stations-service) en associant un appareil de contrôle et un appareil de diagnostic.

#### § 3.1 Procédure de mesure

Les procédures de mesure dépendent du type d'appareil utilisé.

Pour répondre à l'exigence d'une mesure sélective très précise des différents composants des gaz d'échappement, le système à infrarouge s'est imposé parmi tous les modèles connus des ateliers de mécanique auto.

L'appareil de mesure de CO BOSCH, sur lequel on expliquera plus loin le principe et le déroulement d'une mesure de gaz d'échappement, travaille suivant la procédure infrarouge.

Ce procédé se base sur le fait que les composants des gaz d'échappement absorbent le rayonnement infrarouge à une longueur d'onde propre à chacun d'eux.

Par différentes adaptations de la chambre de mesure, on peut modifier l'appareil pour le composant de gaz à mesurer et la fourchette de mesure désirée (figure 3).

Il existe différents modèles qui permettent la mesure d'un (CO) ou de plusieurs (CO/HC, CO/CO<sub>2</sub>, CO/HC/CO<sub>2</sub>, etc.) composants. Les chambres de mesure fonctionnent néanmoins selon le même principe.

Chambre de mesure (figure 3)

Un radiateur (5) chauffé à environ 700 degrés Celsius envoie une radiation infrarouge à travers une cuvette de mesure (3) dans une chambre de réception (1). La chambre de réception renferme du gaz contenant une proportion définie de CO, qui absorbe la partie du rayonnement infrarouge spécifique au CO. Cette absorption provoque une augmentation de la température du gaz qui elle-même occasionne un flux de gaz du volume V1 dans le volume d'équilibre V2 en passant par un capteur de débit.

Le rayonnement infrarouge est régulièrement interrompu par un disque Chopper en rotation (4). Le rayonnement pulsé provoque une absorption périodique dans la chambre de réception ; il en résulte un flux de base alternatif entre les volumes V1 et V2. Le capteur de débit est constitué d'un montage en pont composé de minuscules résistances en nickel chauffées, qui transforme le flux alternatif en signal électrique alternatif.

Si un flux constitué d'un gaz contenant une proportion variable de CO pénètre, à la place d'air pur, dans la cuvette de mesure (3), une énergie de rayonnement proportionnelle à la quantité de CO sera déjà absorbée dans la cuvette de mesure et sera ainsi perdue pour la chambre de réception. Il s'en suit une diminution du flux de base dans la chambre de réception. Dès lors, la déviation du signal alternatif de base sert de mesure pour la proportion de CO dans les gaz d'échappement.

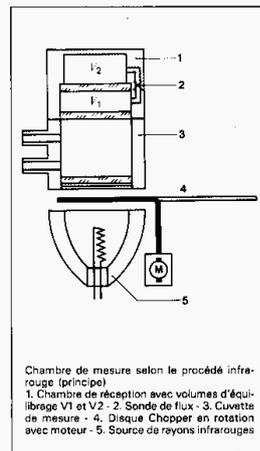


Fig. 3 Chambre de mesure

## Conduit des gaz (figure 4)

Le gaz à mesurer est prélevé à l'aide d'une sonde (1) au niveau de l'échappement du véhicule. Il est aspiré par une pompe à membrane incluse dans l'appareil de mesure au travers d'un filtre décanteur (2) vers un filtre déshydratant (3). L'eau de condensation aspirée, de même que les grosses particules de crasse, sont isolées ici avant que le gaz à mesurer soit à nouveau nettoyé dans un filtre fin (4).

Par la vanne magnétique (5) située avant la pompe à membrane (6), l'entrée de la chambre de mesure est commutée du gaz d'échappement à l'air lorsque s'effectue l'ajustement automatique du zéro qui est commandé par le microprocesseur de l'appareil de mesure. Des filtres de sécurité dans les deux entrées - gaz et air - protègent la chambre de mesure (9) de la pénétration de particules solides. Elle est aussi protégée contre la pénétration d'eau, par exemple lorsque le filtre déshydratant externe n'a pas été vidangé à temps. L'étrangleur dans le vase (10) provoque une montée de pression dans le conteneur de sécurité (8) ce qui dirige le flux à travers la chambre de mesure dans la dérivation. De l'eau éventuellement aspirée tombe par gravitation, au travers du tuyau de connexion, dans le vase (10) et, en passant par la sortie, arrive à nouveau en liberté.

L'interrupteur à pression permet de surveiller que l'on aspire toujours une quantité de gaz suffisante. L'étrangleur dans le vase de sécurité provoque une augmentation de pression à la sortie de la pompe, ce qui enclenche l'interrupteur à pression. Lorsque le chemin des gaz s'interrompt, l'interrupteur à pression déclenche et envoie une information d'erreur qui indique à l'opérateur un fonctionnement défectueux.

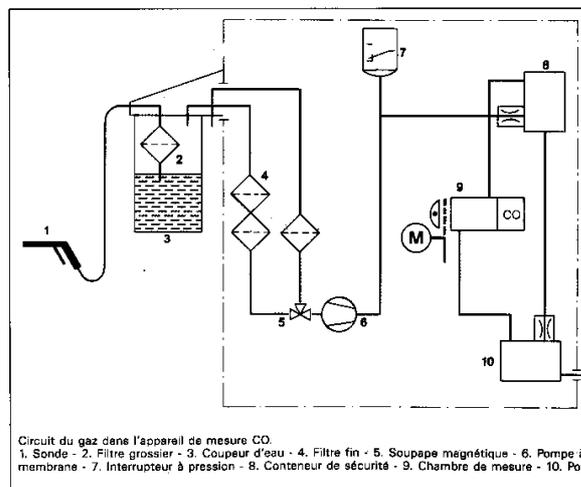


Fig. 4 Conduit des gaz

### § 3.2. Fonction des instruments

L'appareil de mesure de CO BOSCH et tous les autres du système BOSCH CompactTest sont commandés par microprocesseur et travaillent pour l'essentiel de façon automatique. De cette manière, on évite largement les influences de l'opérateur et de l'environnement sur le résultat de la mesure.

Lors de la mise en marche de l'appareil, un auto test suivi d'un cycle d'attente - temps de chauffe - est déclenché. Après le temps de mise à température d'environ trois minutes, il aspire durant environ dix secondes du "gaz zéro", c'est-à-dire de l'air qui rince le conduit de gaz. L'appareil est alors prêt pour la mesure, qui démarre par manœuvrement de l'interrupteur de la pompe, aspire alors d'abord durant environ dix secondes de l'air pur et procède à un ajustage automatique du zéro. La valeur de la mesure ainsi effectuée est mise en mémoire par le microprocesseur comme point zéro valable. La dépendance de la procédure de mesure à la température est intégrée dans le programme de calcul du microprocesseur qui pour cela prend en compte la température dans la chambre de mesure. De la même manière, il tient compte de la pression atmosphérique et de la fréquence du réseau.

Pour le reste, le processeur surveille toutes les fonctions importantes de l'appareil et les valeurs limites fixées ; des écarts intolérables sont signalés immédiatement et entraînent une interruption immédiate de la procédure de mesure.

### Résultats des mesures et interprétation

Après comparaison des résultats obtenus suite à l'analyse des gaz d'échappement à ceux compris dans la réglementation en vigueur dans le pays, le véhicule peut être déclaré avoir réussi ou bien avoir échoué le test.

Au cas où le véhicule émet des gaz d'échappement trop polluants, on peut utiliser des fiches techniques de contrôle – diagnostique (compris par exemple dans les manuels d'atelier pour la marque respective) pour identifier le problème.

Exemple:

Monoxyde de carbone (CO)

On mesure en pour-cent de volume (% Vol).

Témoignage d'un problème de :

- préparation de mélange incorrecte, mélange trop riche ou trop pauvre ;
- mauvais réglage du carburateur ;
- niveau de flotteur incorrect ;
- enrichissement incorrect à l'accélération ;
- mauvais régime de ralenti ;
- enrichissement incorrect lors de la phase de chauffe ;
- aération du reniflard de carter principal défectueuse ;
- joint de culasse brûlé ;
- filtre à air encrassé ;

Hydrocarbures (HC)

On mesure en part par million (ppm)

1.000.000 ppm = 100 % Vol.

Témoignage d'un problème de :

- Combustion incomplète ;
- Préparation de mélange incorrecte, arrêts de combustion mélange trop riche ;

- Allumage défectueux, trous d'allumage, par exemple causés par des bougies encrassées, des câbles défectueux ou un mauvais calage de l'allumage ;
- Des fuites à l'admission, au carburateur, au système d'injection, aux soupapes d'injection, aux soupapes d'admission ou d'échappement.

Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)

On mesure en pour-cent de volume (% Vol)

Témoignage d'un problème de :

- combustion incomplète (en liaison avec CO et HC)
- réglage de la préparation de mélange, lambda (en liaison avec CO et O<sub>2</sub>)

Oxygène (O<sub>2</sub>)

On mesure en pour-cent de volume (% Vol)

Témoignage d'un problème de :

- réglage de la préparation de mélange en liaison avec CO et O<sub>2</sub>.

Oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>)

On mesure en parts par million (ppm).

Témoignage d'un problème de : (uniquement par mesure de puissance au banc moteur)

- système d'épuration des gaz d'échappement (en liaison avec CO et HC) ;
- réinjection des gaz d'échappement.

Mesure Delta-HC

Par la méthode de mesure Delta-HC, on peut juger de la composition du mélange et de la qualité de la combustion sélectivement par cylindre. Pour ce faire, il faut disposer d'un appareil de mesure de taux d'HC et d'un testeur de moteur avec dispositif de mise en court-circuit des cylindres spécialement adapté à la mesure Delta-HC (existe dans la gamme BOSCH MOT 301 et MOT 501). Le principe de la mesure Delta-HC et l'interprétation des résultats de mesure se déroulent de la façon suivante : au régime de ralenti, il se forme dans le gaz d'échappement une valeur "HC ralenti" définie. Si on court-circuite l'allumage d'un cylindre, ce dernier rejette la totalité de son mélange non brûlé qui se mélange au reste des gaz d'échappement. La proportion de HC mesurée dans le gaz augmente donc de manière correspondante. Cette augmentation sert de base à l'interprétation de la composition du mélange de ce cylindre. Un mélange riche entraîne une forte augmentation d'HC, une faible augmentation signifie une composition de mélange pauvre. Une comparaison entre elles des valeurs des différents cylindres fournit une indication sur l'équilibre de la préparation du mélange par cylindre, c'est-à-dire sur des problèmes propres à ceux-ci qui ont une influence sur la proportion d'HC.

Pour être dans la même condition de mesure pour chaque cylindre, la mise en court-circuit de l'allumage et le déroulement de la mesure HC doit suivre un protocole bien précis, comme c'est le cas avec les appareils de test moteurs BOSCH MOT 301 et 501. C'est uniquement ainsi que l'on peut s'assurer d'obtenir des résultats de mesures non équivoques. Il est évident que cette mesure ne peut se faire qu'avant le catalyseur parce que la transformation des hydrocarbures dans celui-ci anéantit l'effet de leur augmentation.

### § 3.3. Application et interprétation du test des gaz d'échappement

**Préparation du test** (en référence à l'appareil de mesure de CO).

**Conditions :**

Un test de gaz d'échappement parfait ne peut se faire que sous certaines conditions. Pour que les mesures soient justes, précises et significatives, il faut respecter certaines conditions préalables.

- Le dispositif d'échappement doit être étanche.
- Le moteur doit être chaud, température minimum d'huile 60° Celsius.
- L'embout de la sonde de prélèvement doit pénétrer dans l'extrémité du tuyau d'échappement d'au moins 25-30 centimètres (voir notice technique de l'appareil).
- Le régime de ralenti et le réglage de l'allumage doivent être conformes aux prescriptions techniques du constructeur du véhicule respectif.
- Les starters des carburateurs (automatiques ou manuels) ne doivent pas être actifs.

En ce qui concerne les véhicules munis d'un dispositif de réduction des substances nocives, il faut procéder à une vérification préalable et systématique de tous les éléments influençant l'émission de substances nocives selon les prescriptions du constructeur.

Pour les véhicules à boîte de vitesse automatique, les mesures doivent s'effectuer au point mort.

Pour les véhicules dont le système d'échappement est constitué d'un pot et de deux tubes de fuite, il faut coupler ceux-ci par un collecteur externe dans lequel on introduira alors la sonde de prélèvement.

**Mise en fonctionnement de l'appareil de mesure des gaz d'échappement**

Avant la mise en marche, il faut vérifier suivant les indications d'entretien du mode d'emploi (voir la notice technique et le manuel d'instructions de l'appareil respectif):

- La sonde de prélèvement ;
- Le conduit extérieur des gaz d'échappement ;
- Le réservoir de condensation ;
- Le filtre grossier ;
- Les filtres fins.

Allumer l'appareil. Pousser l'interrupteur de réseau.

Ensuite, attendre environ trois minutes de temps de chauffe. Durant celui-ci, l'indicateur digital affiche uD. Après le déroulement du temps de chauffe, apparaît : 0.00 % vol CO  
L'appareil est maintenant prêt à l'emploi.

**Mesurer**

Mettre en marche la pompe de mesure des gaz à l'aide du bouton. Il s'en suit automatiquement la mise à zéro et le test de fonctions. Pendant ce temps (environ dix secondes), les valeurs suivantes sont affichées :

Equilibrage du point zéro            0.00

Test des fonctions                    4.50

La sonde de prélèvement sera introduite aussi loin que possible, mais d'au moins trente centimètres, dans le tuyau d'échappement ou le collecteur externe.

La sonde sera fixée au tube par serrage.

Démarrer le moteur et le laisser tourner au régime de ralenti prescrit.

## Interprétation du test des gaz d'échappement

Indications pour l'interprétation correcte des résultats de mesure

Dans toutes les mesures qui suivent, vous mesurez les valeurs effectives. Lors de l'interprétation, ces valeurs effectives sont à comparer aux valeurs théoriques. Vous trouverez les valeurs théoriques, par exemple pour la teneur en CO au ralenti de la plupart des véhicules, dans les feuillets des valeurs de test comme ceux D'AUTODATA.

Si les valeurs pour des véhicules particuliers ou spéciaux n'y sont pas mentionnées, vous trouverez celles-ci dans les manuels d'atelier des constructeurs. Si lors de la description de l'interprétation qui suit, dans des cas particuliers, des valeurs théoriques sont citées, il ne peut s'agir évidemment que de valeurs indicatives. Seules les indications fournies par le constructeur doivent servir de référence.

Si une valeur effective mesurée ne concorde pas avec sa valeur théorique, cela met en lumière une fonction défectueuse de l'élément testé. Pour autant qu'une localisation plus précise des pannes soit possible, celle-ci sera décrite à la suite de l'interprétation du test en question.

## Interprétation de la mesure du seul CO

Teneur en CO au ralenti

(La mesure fait aussi partie de l'examen spécial des gaz d'échappement et doit s'effectuer moteur chaud avec un allumage et un régime de ralenti corrects).

### Bons résultats de test :

La valeur CO mesurée correspond aux indications du constructeur, l'indication est stable et n'évolue pas.

### Mauvais résultat de test :

Teneur en CO trop élevée :

1. Réglage au ralenti trop riche. Régler correctement le mélange du ralenti.
2. Système d'enrichissement à froid encore en action.

Moteur pas encore chaud, starter pas en position zéro.

Système d'enrichissement à froid défectueux.

Sensor de température ou injecteur de départ défectueux (injection).

3. Filtre à air encrassé.

Contrôle du filtre à air : augmenter le régime moteur jusqu'à 2/3 du régime nominal et relever la valeur CO. Enlever la cartouche du filtre à air et répéter la procédure. Si la valeur de CO diminue fortement par rapport au test précédent, renouveler la cartouche du filtre à air, c'est-à-dire nettoyer le filtre à air.

4. Dans le cas de carburateurs, mauvais niveau de flotteur, éventuellement pointe d'arrivée d'essence défectueux.

5. Dans le cas d'injection, pression de carburant trop élevée, contrôler la pression de carburant.

Teneur en CO trop basse

1. Réglage au ralenti trop pauvre. Régler correctement le mélange du ralenti.
2. Système d'admission non étanche. Vérifier l'étanchéité du tube d'admission, du bloc moteur et des connexions des tuyaux.
3. Dans le cas de carburateurs, mauvais niveau de flotteur, éventuellement encrassement des systèmes de ralenti (gicleurs).
4. Dans le cas d'injection, pression de carburant trop faible, contrôler la pression de carburant.

### Interprétation de la mesure CO/HC

Comme l'interprétation de la teneur en CO a déjà été exposée, il sera expliqué dans ce paragraphe-ci quels sont les enseignements que la valeur HC, c'est-à-dire de la combinaison des valeurs CO/HC, apporte au diagnostic.

La teneur en HC est un bon critère pour juger de la qualité de la combustion. Chaque perturbation dans le déroulement ou le déclenchement de la combustion entraîne une augmentation mesurable de la proportion d'hydrocarbures non brûlés. La figure 2 montre comment évolue la teneur en CO et en HC en fonction du rapport carburant/air. Les valeurs numériques présentées sont des grandeurs indicatives, la teneur en HC au ralenti sur un moteur bien réglé n'excède pas 250 à 300 ppm. La grandeur de cette valeur dépend aussi de la construction du moteur, de son âge et de son usure. La température du moteur peut aussi influencer l'émission de HC.

Pour effectuer un jugement correct, il est de bon sens d'examiner la teneur en CO lors d'une évaluation de la teneur en HC.

### Véhicules sans catalyseur ou véhicules avec catalyseur non réglé mesurés avant le catalyseur

#### Bons résultats de test

Teneur en CO correspond aux indications du constructeur. Teneur en HC stable et inférieure à 250-350 ppm.

#### Mauvais résultats de test :

1. Teneur en HC (dans la plage complète de régimes) trop importante ou instable. Teneur en CO à la limite des tolérances inférieures ou trop basse, éventuellement moteur ne "tournant pas rond".
  - Trous d'allumage par allumage défectueux, mauvais contacts de rupteur, câbles de bougies défectueux, mauvais type de bougies ou bougies endommagées.
2. Teneur en HC trop haute au ralenti se réduisant avec l'augmentation du régime. Teneur en CO normale ou trop basse.
  - Mauvaise compression à l'un ou à tous les cylindres ou un manque d'étanchéité à l'admission.
3. Teneur en HC trop haute au ralenti, teneur en CO très basse, tend vers 0 %.
  - Réglage de la préparation du mélange trop pauvre, vérifier et régler correctement.
4. Bonne teneur en HC mais teneur en CO trop élevée dans l'ensemble de la plage des régimes :
  - Filtre à air encrassé ;
  - Enrichisseur à froid encore en fonction.

### Véhicules avec catalyseur réglé et mesure faite avant catalyseur

Pour comprendre ce qui se passe avec un véhicule muni du réglage lambda lors de défauts au moteur, à l'allumage ou dans la préparation du mélange, on doit brièvement donner des précisions sur le fonctionnement du réglage lambda.

La sonde lambda se situe dans le flux de gaz entre moteur et catalyseur. Elle produit une tension électrique qui peut être utilisée comme mesure pour la proportion d'oxygène dans les gaz d'échappement.

Si la composition du mélange s'écarte de la valeur de référence, la sonde lambda le reconnaît à la teneur du surplus en oxygène dans les gaz d'échappement et le signale au boîtier de contrôle électronique de préparation de mélange. Ce dernier corrige alors de façon appropriée la proportion de carburant.

La teneur en oxygène dans les gaz d'échappement est donc le facteur déterminant pour la réaction du réglage lambda, peu importe la provenance de cet oxygène. Que ce soit de l'oxygène restant après une combustion parfaite ou de l'oxygène inutilisé à cause d'un allumage défectueux, la combustion n'a pas eu lieu. Ou encore, par exemple, car des fuites dans le collecteur ou le système d'échappement permettent à de l'air de se mélanger aux gaz de combustion.

Un exemple illustrera la réaction du réglage lambda en cas d'erreur.

Moteur avec réglage lambda et fonctionnement parfait, gaz d'échappement mesurés avant le catalyseur

Teneur en CO 0,65 Vol. %

Teneur en HC 60 ppm

Moteur identique, soupape d'injection d'un cylindre hors fonction, ce qui signifie que ce cylindre pompe uniquement de l'air dans le gaz d'échappement, ce qui équivaut à une non étanchéité extrême du système d'échappement :

la sonde lambda reconnaît une grande proportion d'oxygène dans le gaz d'échappement, comparable à un mélange "pauvre". Dès lors, le réglage lambda ajuste à fond dans la direction riche le mélange des autres cylindres, qui était déjà correct.

Résultat de la composition des gaz d'échappement avant catalyseur :

Teneur en CO monte à près de 5 Vol. %

Teneur en HC monte à plus de 250 ppm

Moteur identique, allumage d'un cylindre en court circuit, ce qui signifie que ce cylindre pompe du mélange non brûlé dans le gaz d'échappement :ici aussi, la sonde lambda reconnaît l'augmentation en oxygène provenant du mélange non brûlé, même réaction que celle décrite plus haut, le mélange est enrichi.

Résultat de la composition du gaz d'échappement avant catalyseur :

Teneur en CO monte à plus de 2.5 Vol.

Teneur en HC monte à plus de 2000 ppm (à cause du mélange non brûlé).

### § 3.4. Appareils de mesure

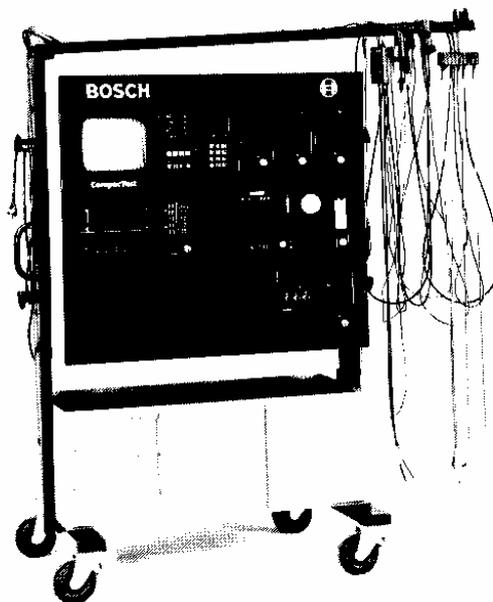


Fig. 5 Appareil de test et contrôle incorporé au chariot (CompacTest de BOSCH)

Il existe une variété d'appareils destinés au contrôle des gaz d'échappement des moteurs à essence. Il y a des constructeurs français, allemands, italiens, etc. qui sont spécialisés dans la conception d'appareils de mesure. Dans les ateliers de mécanique auto, on peut trouver un type ou autre de ces appareils. Nous avons déjà pris l'exemple des testeurs allemands BOSCH. Ensuite, on présente l'exemple d'un appareil d'origine italienne.

Ce qui importe est de connaître les méthodes générales de mesure des gaz d'échappement, d'interprétation des résultats, d'étalonnage et d'entretien d'un analyseur.

Ensuite, on adopte une démarche en fonction du type d'appareil existant à notre disposition, en exploitant la notice technique et le manuel d'instructions de chaque appareil et même des manuels d'atelier.

Il ne faut pas oublier qu'avant d'effectuer le contrôle des gaz d'échappement, on doit inspecter l'état du véhicule.

De plus, les données affichées par l'analyseur peuvent changer d'une voiture à une autre, en fonction de l'état et des caractéristiques de la voiture (avec carburateur ou à injection, catalysée ou non, etc.)

### **Analyseur des gaz d'échappement -TRONIC TEST G 750/A (GRUPPO DIP DIVISION)**

Lambda ( $\lambda$ ) Facteur lambda rapport Stœchiométrique.

L'appareil utilise les valeurs de CO \ CO<sub>2</sub> \ HC \ O<sub>2</sub> mesurées pour établir le facteur LAMBDA exact; sa valeur optimale (comprise entre 0,95 et 1,05) est une confirmation ultérieure d'une carburation parfaitement réalisée (formule brettssneider).

### **Données techniques**

Principe de fonctionnement : absorption des rayons infrarouges à méthode non dispersive (NDIR).

Plage de Mesure : CO, CO<sub>2</sub>, HC, O<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, LAMBDA, etc.

Mesure des Températures : 0 à 150°C

Compte-tours (R.P.M.) : 200 - 9999

Température de Fonctionnement: + 5°C - + 40°C

Tension d'alimentation : monophasée 220 V c.a. + 10% -15% 50\60 Hz

Signalisation de mise sous Tension : LED lumineuses

Temps de Réponse: moins de 6 secondes avec 3 m de câble

Essai d'étanchéité : par débitmètre

Etalonnage : automatique, avec ou sans bouteille

Mise à zéro: automatique

Temps de Chauffage: automatique, maximum 10 Minutes

Compensation Barométrique : automatique

Evacuation de l'eau de Condensation : automatique

Chambre : réglée par thermostat

Visualisation : sur afficheur

Imprimante: 24 colonnes

Nettoyage de la chambre: automatique

Sortie: série RS232 standard IBM compatible, reliée à l'Opacimètre Shady x2000

Résidus HC: essai automatique et manuel.

**Caractéristiques de mesure**

MESURE DE L'O<sub>2</sub> : effectuée à l'aide d'une cellule électrochimique spéciale (livrée d'origine), placée derrière l'appareil ; plus la valeur O<sub>2</sub> est basse, plus la combustion sera meilleure ; une valeur supérieure à 2% indique un rapport non correct.

MESURE NO<sub>x</sub> : effectuée à l'aide d'une cellule électrochimique spéciale placée derrière l'appareil.

MESURE DE LA TEMPERATURE : effectuée à l'aide d'une sonde électronique

MESURE CO - CO<sub>2</sub> - HC : effectuée à l'aide d'une sonde de prélèvement du gaz

MESURE LAMBDA CALCULE: obtenue en mesurant les valeurs des gaz d'échappement en utilisant les valeurs de CO, CO<sub>2</sub>, HC, O<sub>2</sub>. Utilisation de la formule Brettschneider

**Recommandations importantes avant l'essai et mesures de sécurité**

- L'analyseur de gaz d'échappement G750/A est un instrument de précision ; il faut donc l'utiliser avec soin et attention afin d'éviter des dommages pouvant provoquer des ruptures ou des inconvénients de fonctionnement.
- Lisez attentivement les instructions avant de commencer à utiliser l'appareil.
- Branchez l'analyseur à une prise de courant 220 V - 50 Hz avec mise à la terre.
- Respectez ces mêmes précautions lorsque vous utilisez une rallonge en faisant attention à ce que les LED lumineuses sur l'appareil sont allumées en « 220 OK ».
- Avant chaque essai, mettez toujours le levier de changement de vitesses au POINT MORT, tirez le frein à main et bloquez les roues.
- Utilisez un système d'évacuation des gaz d'échappement ou bien travaillez dans un local bien aéré.
- N'exposez pas l'analyseur aux intempéries.

**Pour effectuer la mesure correctement, observez les règles suivantes:**

- Le moteur doit être à la température de fonctionnement.
- Le régime du moteur au ralenti doit être celui indiqué par le Constructeur.
- La sonde de prélèvement du gaz doit être introduite dans le pot d'échappement pour au moins 25 cm.
- Le collecteur et le pot d'échappement doivent être étanches à l'air.
- Vérifiez que l'appareil est parfaitement étanche.

**Test d'étanchéité**

Pour contrôler l'étanchéité de l'installation pneumatique et donc l'exactitude de la mesure, il faut débrancher la sonde de prélèvement du gaz, arrêter la pompe PUMP et fermer l'entrée de l'analyseur avec le bouchon en plastique prévu à cet effet.

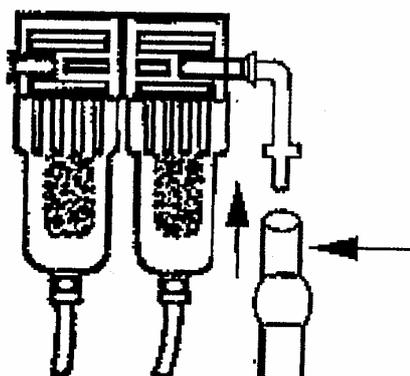


Fig. 6 Obturation de l'entrée de l'analyseur

En appuyant sur la touche "detector aire", l'appareil clignote pendant 20 secondes.

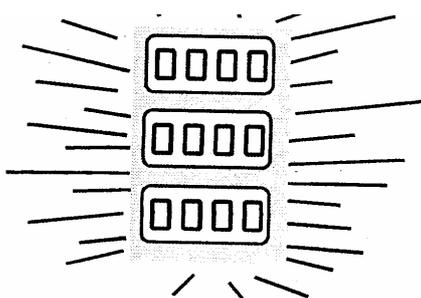


Fig. 7 Afficheurs clignotants



Fig. 8 Afficheurs fixes

Ensuite il se met en attente pendant encore 10 secondes avec les afficheurs fixes.

A la fin du comptage a lieu l'impression (CIRCUIT PNEUMATIQUE EN SERVICE); si tout est régulier, enlevez le bouchon spécial, appuyez sur la touche PUMP ; la boule du débitmètre commence à monter.

Si l'impression est au contraire la suivante (FUITES DANS LE CIRCUIT PNEUMATIQUE, CONTRÔLEZ LES TUYAUX ET LES FILTRES) les afficheurs clignotent et l'appareil se bloque. Vous devrez contrôler les joints et les raccords des filtres. Répétez ensuite le test en appuyant de nouveau sur la touche Detector Aire. L'appareil ne se remet en service que si la fuite est éliminée ; il peut fonctionner de nouveau normalement simplement en l'éteignant et rallumant. Si le problème persiste, contactez le service après-vente le plus proche ou votre Revendeur.

### Essai de pression automatique

L'analyseur des gaz d'échappement G750/A dispose de systèmes automatiques de bon fonctionnement. Dès que le débit de gaz est insuffisant, un capteur interne bloque l'analyseur; l'imprimante écrit alors (DEBIT INSUFFISANT, CONTROLEZ LA SONDÉ ET LES FILTRES). Éliminez les obstructions éventuelles dans la SONDÉ DE PRELEVEMENT DU GAZ et contrôlez si les filtres sont propres. Appuyez ensuite sur PUMP pour reprendre les mesures. Si le défaut persiste, contactez le Services après-vente le plus proche ou votre Revendeur.

### Test des résidus de HC

Il est automatique ou à commande manuelle. Il ne faut pas introduire la SONDÉ DE PRELEVEMENT DU GAZ. Appuyez sur la touche TEST HC. L'analyseur effectue le lavage pendant une minute et aspire par la sonde pendant une autre minute. A la fin du test, si la mesure des HC n'est pas dans la norme, l'appareil clignote (Figure 9) et imprime le message (RESIDUS HC TROP ELEVES, NETTOYEZ LA SONDÉ DE PRELEVEMENT ET LES FILTRES DE L'EAU DE CONDENSATION). Effectuez les opérations conseillées et faites un autre TEST HC.

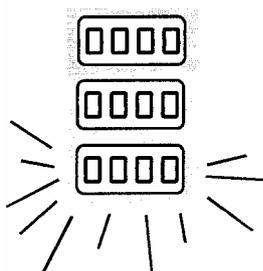


Fig. 9 Afficheur

L'analyseur refait le lavage pendant une minute et aspire pour une autre minute. Si à la fin les HC sont descendus et rentrent dans les limites admises, l'imprimante écrit (RESIDUS HC DANS LA NORME). L'analyseur est prêt à redémarrer en appuyant sur PUMP. L'essai des RESIDUS DE HC peut être effectué à tout moment en appuyant sur la touche TEST HC.

### Mise en service

Allumez l'analyseur en appuyant sur le bouton ON/OFF qui se trouve derrière l'appareil. Sur l'afficheur CO apparaît une numération allant de 01 à 10:00 ; ce comptage va durer environ 10 minutes. Dès que le comptage est terminé, une sonnerie signale que l'appareil est en attente.

**Mesure de la température** : ouvrez le capot du moteur et enlevez la jauge d'huile; mettez à sa place la sonde de mesure de la température. La température devra s'élever à environ 60- 90°C.

**Pince compte - tours** : placez la pince compte-tours dans le siège du moteur et branchez-la sur le câble de la bougie en respectant la polarité du courant indiquée par la flèche. Portez le régime des tours du moteur au ralenti admis par le constructeur. La pince a deux positions de sensibilité (+ et -) ; le petit interrupteur sert à commuter le signal suivant les exigences des différents modèles de voitures.

En appuyant sur le bouton PUMP le témoin ON s'allume (couleur jaune) ; une série de zéros clignotants apparaît sur les afficheurs de CO - CO<sub>2</sub> - HC pendant environ une minute ; ensuite commence la phase de contrôle test de pression et résidus de HC.

Introduisez la sonde de prélèvement du gaz dans le pot d'échappement pour environ 25 cm. Après 6 à 8 secondes, les valeurs des gaz d'échappement seront affichées. Pour visualiser la température sur l'afficheur appuyez sur la touche RPM TEMP et la LED s'allumera. Même procédure pour O<sub>2</sub> \ NO<sub>x</sub> - CO<sub>k</sub> \ LAMBDA.

Vérifiez que la LED (rouge) BENZ est allumée; dans le cas contraire appuyez sur la touche BENZ\OPAC.

**Sélection des carburants** : appuyez sur la touche LAMBDA une ou plusieurs fois pour choisir le carburant utilisé par la voiture. La sélection est indiquée par l'allumage d'une LED ROUGE au niveau du carburant choisi. Ce qui permet d'avoir la lecture du Lambda le plus précis possible.

**N.B.** : Chaque fois que vous appuyez sur une touche vous devez entendre un signal sonore. Si l'appareil ne délivre pas ce signal, les fonctions désirées n'ont pas été exécutées.

### Mise en service et visualisation sur l'afficheur

- 1) Branchez le câble d'alimentation à une prise de 220V.
- 2) Allumez l'appareil au moyen de l'interrupteur.
- 3) Vissez la prise de la pince d'induction R.P.M.
- 4) Vissez la prise de la sonde de température.
- 5) Emboîtez le tuyau en plastique dans le raccord pour activer la sonde Gaz.

**1<sup>ère</sup> Phase** après l'allumage, 1 à 10 minutes, les afficheurs indiquent les données figurant dans la figure 12.

**2<sup>ème</sup> Phase**, après les 10 premières minutes, sur les afficheurs apparaissent les données figurant dans la figure 12.

**3<sup>ème</sup> Phase** en appuyant sur la touche de la pompe (PUMP), les afficheurs montrent les données ci-dessous pendant une minute ; les trois premiers afficheurs clignotent pendant une minute. A la fin, la boule du débitmètre doit dépasser la valeur 4,5.

#### PRET A ANALYSER GAZ D'ECHAPPEMENT APRES AVOIR MESURE LES GAZ, TAPEZ PRINT

**4<sup>ème</sup> Phase**, impression ; les données affichées seront reportées sur la bande en sortie. Contrôlez si l'heure et la date sont exactes, sinon modifiez-les en réglant l'horloge (voir étapes de réglage dans la notice technique de l'appareil).

#### **Entretien de l'appareil de mesure**

Les analyseurs des gaz d'échappement sont des instruments de précision qu'il faut utiliser avec soin et attention afin d'éviter des dommages pouvant influencer d'une manière négative leur fonctionnement, ce qui conduirait à de faux résultats de mesure.

Mis à part les recommandations concernant les tests, les réglages, etc., dans la notice technique de chaque appareil il existe des précisions relatives à la maintenance et aux interventions d'entretien. Ci-dessous, on présente un exemple – G750/A.

#### **Maintenance**

La cellule du NO<sub>x</sub> a une durée d'environ 2 ans ; elle n'est pas comprise dans l'appareil (il faut la demander au fournisseur); son fonctionnement a lieu en la mettant dans l'emplacement prévu derrière l'appareil et en reliant les deux fiches.

La cellule de l'O<sub>2</sub> a une durée d'environ 2 ans. Elle n'est pas couverte par la garantie et doit être demandée au fournisseur de l'appareil. Pour le remplacement de la cellule d'oxygène, suivez les instructions de la notice. Ensuite branchez la fiche Jack à la cellule. Pour une longue durée et un bon fonctionnement de l'instrument, la maintenance soigneuse des filtres placés à l'extérieur de l'instrument est très importante, sous peine d'expiration de la garantie.

#### **Intervention d'entretien**

Contrôler tous les jours les filtres de condensation. Le niveau de l'eau de condensation accumulée ne doit jamais dépasser la moitié du bol.

Après 10 à 20 heures de fonctionnement, il faut démonter les bols et les filtres.

Si ce nettoyage ne suffit pas, remplacez la partie filtrante que vous trouverez auprès de nos revendeurs.

Remplacez le filtre de protection chaque fois qu'il a trop noirci. Lors du remplacement ou du nettoyage des filtres après le remontage, il faut ABSOLUMENT s'assurer qu'ils sont parfaitement étanches.

Il faut nettoyer périodiquement la sonde. Sortez le tuyau de l'analyseur et soufflez de l'air comprimé pour libérer les trous de toute la saleté.

Par entretien obligatoire on entend :

- Remplacement du filtre de protection dès qu'il noircit ;
- Contrôle journalier des filtres à eau de condensation accumulée dont le niveau ne doit jamais dépasser la moitié du bol.
- Après 10 à 20 heures de fonctionnement il faut démonter les bols des filtres, nettoyer avec des savons neutres aussi bien les bols que les filtres en laiton. Si le nettoyage n'est pas satisfaisant, changer la partie en laiton.

**Etalonnage correct de l'appareil de mesure**

Le constructeur recommande un contrôle périodique de l'étalonnage.

L'intervention sur des appareils couverts par la garantie sera effectuée par un technicien autorisé à prêter le service après-vente, si la réparation est possible sur place ; dans le cas contraire, l'appareil devra être expédié au service technique d'assistance, après autorisation, par l'intermédiaire d'un transporteur conventionné, les frais de transport étant à la charge du client.

**Respect des règles de sécurité et d'hygiène**

Pendant les opérations de contrôle des gaz d'échappement des moteurs à essence, il faut respecter les règles de sécurité et d'hygiène.

On doit tenir compte :

- Des règles générales relatives à l'organisation de l'atelier et des postes de travail ;
- Des règles spécifiques, en fonction des opérations à effectuer et de l'appareil utilisé.

Il est recommandable de travailler dans un local bien aéré. Il ne faut pas exposer l'analyseur aux chocs ou bien aux intempéries.

## **CHAPITRE 2**

### **CONTROLE DES GAZ D'ECHAPPEMENT DU MOTEUR DIESEL**

#### **§ 1. Composition des gaz d'échappement du moteur diesel**

##### **La combustion**

Les moteurs diesel font appel à une formation "interne" du mélange, la combustion se produisant pendant et après l'alimentation en carburant. La combustion est donc fortement influencée par le processus très complexe de formation du mélange.

L'injection de carburant dans la chambre de combustion a lieu juste avant le point mort haut, dans de l'air fortement comprimé et chauffé en conséquence. Le carburant s'enflamme alors spontanément après un certain délai d'inflammation. Etant donné que la formation du mélange a lieu en grande partie pendant la combustion, on parle de flamme de diffusion (diffusion : pénétration réciproque).

Le carburant injecté n'a que très peu de temps pour se mélanger avec l'air admis pour la combustion (de l'ordre de la milliseconde) ; c'est pourquoi il se forme un mélange hétérogène de zones pauvres et de zones riches en carburant. L'air n'est donc pas utilisé de manière optimale, ce qui explique que les moteurs diesel ont par définition besoin d'une proportion d'air relativement élevée. Par rapport aux moteurs à essence, ceci permet d'obtenir une pression moyenne plus faible (pression moyenne du piston ou de travail), mais l'émission de polluants gazeux est nettement plus faible. Cette émission est comparable aux valeurs pouvant être obtenues avec un moteur à essence équipé d'un catalyseur.

Un taux de compression élevé peut être retenu pour le moteur diesel fonctionnant par auto-allumage. Ceci implique une architecture plus lourde, mais permet d'obtenir simultanément un meilleur rendement thermodynamique et donc une consommation spécifique de carburant plus faible.

##### **Formation des polluants**

Etant donné que les partenaires, air et carburant, ne se mélangent en partie qu'au cours de la réaction de combustion dans le moteur diesel, la formation du mélange, l'inflammation et la combustion ne sont pas indépendants, mais s'influencent réciproquement. Contrairement aux moteurs à essence, des concentrations de carburant et des coefficients d'air différents se forment dans la chambre de combustion du moteur diesel. Pendant le réchauffage des sections riches à partir de la zone de réaction, les réactions ne se produisent que dans l'enveloppe de vapeur des gouttelettes de carburant. Ceci provoque l'apparition de carbone libre. Si la combustion de ces particules de carbone ne se poursuit pas au cours de la réaction, par exemple en raison d'un mauvais brassage, de défaut local d'oxygène ou d'extinction de la flamme aux points froids, ces particules se retrouvent dans les gaz d'échappement sous forme de particules de suie.

Ces processus complexes, qui se déroulent dans la chambre de combustion, montrent donc que les paramètres agissant sur la formation du mélange - ceux-ci sont influencés par les composants d'injection et la configuration de la chambre de combustion - doivent être adaptés parfaitement l'un à l'autre, afin de limiter l'émission de particules à une valeur aussi faible que possible. Mais ces conditions imposent également un compromis pour l'optimisation d'un moteur.

Les mesures, qui agissent de manière positive sur l'émission de suie et de particules, ont généralement des conséquences négatives sur la consommation de carburant ainsi que sur l'émission des oxydes d'azote et de bruit. La stabilité à long terme des émissions de polluants est très favorable dans le cas du moteur diesel. Les valeurs correspondantes ne varient pas pendant la totalité de la durée de vie du moteur.

## Propriétés des polluants

### Polluants gazeux

Les émissions de polluants gazeux d'un moteur diesel sont relativement faibles. En effet, le coefficient d'air élevé minimise le monoxyde de carbone (CO) ainsi que les hydrocarbures (HC) et la faible température de combustion les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>). Dans tous les cas, il est possible d'obtenir des émissions inférieures aux limites légales actuelles, grâce à des mesures spécifiques au niveau du moteur.

### Particules :

L'émission de particules est par contre typique du moteur diesel ; elle est nettement supérieure à celle du moteur à essence. Ces composés sont essentiellement des particules de carbone (suie) dont la quantité dépend du procédé de combustion et du régime du moteur. Pour le reste, il s'agit de combinaisons d'hydrocarbures (absorbées en partie par la suie) et, en moindre proportion, de sulfates sous forme d'aérosols (substances solides ou liquides réparties dans les gaz). Ces sulfates sont dus à la teneur en soufre supérieure du carburant diesel.

Les particules de suie constituent des chaînes de composés de carbone ayant une surface spécifique très grande, auxquelles s'associent des hydrocarbures non brûlés ou semi-brûlés. Il s'agit le plus souvent d'aldéhydes (composés ayant un nombre important de molécules) dégageant une forte odeur.

Les émissions de particules dues au moteur diesel peuvent nuire à l'environnement en raison de l'effet polluant, de la gêne visuelle et olfactive. S'y ajoute l'hypothèse répétée d'un éventuel risque pour la santé, dû à certains hydrocarbures aromatiques associés à la suie.

Compte tenu de leur diamètre infiniment petit (de l'ordre du micron), les particules contenues dans les gaz d'échappement diesel restent en suspension dans l'air. Elles peuvent donc être inhalées par l'être humain, mais la majeure partie est également rejetée par voie respiratoire pour la même raison.

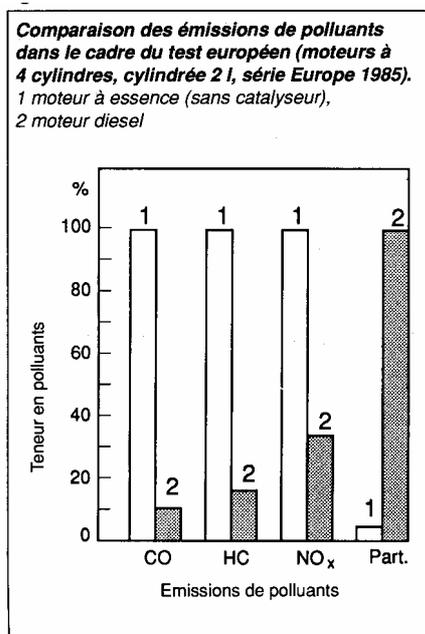


Fig. 10 Comparaison des émissions de polluants

## § 2. Procédure de mesure de l'opacité

Législation antipollution : De nombreux pays limitent les émissions de polluants par les véhicules équipés de moteur diesel grâce à une législation antipollution adéquate.

Cette législation prévoit des méthodes d'essai, des techniques de mesure et des valeurs limites appliquées de manière unique dans certains pays ou présentant des différences plus ou moins importantes dans d'autres pour des raisons écologiques, économiques, climatiques, voire politiques. Des valeurs limites ne devant pas être dépassées ont été fixées pour les composants suivants des gaz d'échappement :

- Hydrocarbures (HC) ;
- Monoxyde de carbone (CO) ;
- Oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) ;
- Substances solides et suie (substance solide générant une opacité).

Les émissions de polluants englobent :

- les émissions provenant de la combustion à l'intérieur du moteur (gaz, composés du soufre, substances solides, odeurs) et
- les émissions provenant du dégazage du carter (gaz, composés du soufre, odeurs).

Les polluants émis par les moteurs diesel ne sont pas tous concernés par le contrôle antipollution. Les émissions provenant du carter sont négligeables dans le cas du moteur diesel. Pendant le temps de compression, seul est comprimé de l'air pur et les gaz de fuite, qui arrivent au carter au cours de la détente, ne représentent qu'environ 1 % de la quantité de polluants produits par un moteur à essence. Contrairement au moteur à essence, le moteur diesel n'est pas concerné par le contrôle des émissions par évaporation, car le circuit de carburant est fermé et le gazole ne contient pas de composants très volatils. Les composés du soufre présents dans les gaz d'échappement proviennent de la teneur en soufre du carburant. Ils ne sont pas dus à la combustion dans le moteur diesel. Le problème des odeurs dégagées par le diesel n'est pas encore résolu ; les phénomènes spécifiques du moteur diesel et les émissions sources d'odeurs ne sont clarifiés que partiellement. Il n'existe pas de méthode de mesure faisant l'unanimité.

Les pays ayant adopté une législation antipollution pour le contrôle des gaz d'échappement des moteurs diesel ne limitent pas tous les émissions de substances solides. Mais cela n'est qu'une question de temps ; des valeurs limites relatives aux substances solides seront prévues dans toutes les réglementations antipollution pour moteurs diesel. Les techniques de dépollution et de mesure des gaz d'échappement font l'objet d'une évolution permanente et conduisent donc à une amélioration continue de la législation antipollution au niveau mondial.

### **Méthodes d'essai**

Après les Etats-Unis, les états de la Communauté européenne et le Japon ont mis au point des méthodes d'essai pour le contrôle des gaz d'échappement des véhicules automobiles. D'autres pays ont également adopté ces méthodes, parfois sous une forme modifiée. L'évolution des différentes méthodes et techniques d'essai vise à obtenir une harmonisation par rapport aux méthodes d'essai appliquées aux Etats-Unis.

Donc, dans chaque pays, il y a une législation antipollution et des normes spécifiques à respecter. En France, par exemple, depuis le 01/01/1996, la norme NFR 10.025 a défini des valeurs de contrôle en après-vente de l'opacité des fumées du moteur diesel.

Ces contrôles doivent être effectués avec des appareils à absorption (OPACIMÈTRES), homologués et contrôlés périodiquement, portant une vignette en vigueur.

Dans les normes relatives au contrôle de l'opacité des fumées, on précise, entre autres :

- Le domaine d'application (type de véhicule) ;
- Le type de moteur ;

- La température d'huile minimum ;
- Les valeurs du coefficient d'opacité admissible ;
- Des remarques.

La méthode de mesure de l'opacité est définie selon une procédure précise et stricte, et l'opérateur est guidé durant tout l'essai par un logiciel ne permettant pas l'erreur.

### Conditions du contrôle

- Ligne d'échappement étanche.
- Boîte de vitesse au point mort (ou position parking pour boîte automatique).
- Température d'huile moteur MINIMUM = 80 °C.
- Compte-tours fortement recommandé durant l'essai (non obligatoire).
- Mesures effectuées par des accélérations libres (rapides mais sans brutalité) du régime de ralenti au régime maximum de régulation du moteur.

### Procédure de contrôle de l'opacité des fumées selon la norme NFR 10.025

Cette procédure se déroule en 4 phases, après un minimum de contrôles effectués auparavant, pour éviter une avarie moteur éventuelle.

a) Phase contrôles de base : (rappel des points importants à vérifier)

- Étanchéité de la ligne d'échappement.
- Niveau d'huile moteur correct.
- Kilométrage de la courroie de distribution si tel est le cas (TRÈS IMPORTANT).
- Enclenchement du moto-ventilateur.
- Moteur à température (huile à 80 °C mini).
- Fuites éventuelles visibles ayant été colmatées (contrôle visuel).

b) Phase préparatoire :

- Raccorder la sonde de température d'huile à la place de la jauge du moteur, et éventuellement le dispositif de compte-tours existant.
- L'appareil OPACIMÈTRE est mis en fonctionnement, le préchauffage de la chambre de mesure, et la mise à zéro s'effectuent. Mettre en place la sonde de prélèvement dans la sortie d'échappement du véhicule sur message du logiciel.
- Saisir les données (client, véhicule, régime moteur maxi avec les tolérances, type de moteur (atmo/turbo), en suivant le logiciel.
- Valider les données, et s'assurer que les raccordements fonctionnent.

c) Phase 1 :

- Déclencher le début de la procédure officielle par le moyen prévu sur la télécommande ou le clavier de l'appareil. À partir de cet instant, l'opérateur est tenu de suivre les indications du logiciel et ne peut en déroger. Un chronomètre apparaît et un décomptage de 60 secondes commence.

Message = accélérer le moteur par paliers jusqu'au régime maximum, puis redescendre et maintenir un régime moyen jusqu'à la remise à zéro du chronomètre. Cette phase permet de vérifier la conformité du régime maximum, et de s'apercevoir d'une éventuelle anomalie (T° eau, régime moteur non conforme, bruit anormal moteur, etc.). L'essai doit être interrompu immédiatement par l'opérateur si un problème ou un doute apparaît.

Phase 2 : Le logiciel bascule automatiquement en phase 2 en fin de phase 1.

- Cycle de deux accélérations libres dites "de décrassage de l'échappement", l'opérateur doit suivre les messages du logiciel, avec les temporisations suivantes (un cycle = 16 secondes max.) ;
- Accélérez (durée maxi de la mise en accélération = 5 secondes);
- Relâchez (maintient du régime à vide = 2 à 5 sec.) Retour au ralenti = 2 sec. Intervalle entre 2 accélérations = 4 sec. Pas de mesure officielle pendant cette phase.

d) Phase 3 :

- Contrôle de l'opacité des fumées (le logiciel continue à guider l'opérateur, et passe en mode mesure officielle) ;
- 2 accélérations libres sont accordées, avec les mêmes temporisations que la phase précédente.

Cas N° 1 si les valeurs obtenues sont chacune inférieures à la norme : *Essai terminé, véhicule accepté.*

Cas N° 2 si les valeurs obtenues sont 1,5 fois au-dessus de la norme : *Essai terminé, véhicule refusé.*

Cas N° 3 si les valeurs obtenues sont comprises entre la norme et 1,5 fois celle-ci : *Passage en phase 4.*

f) Phase 4

Le logiciel donne 3 accélérations supplémentaires et effectue la moyenne des 5 accélérations. Si le résultat est inférieur à la norme, le véhicule est accepté.

### § 3. Appareils à absorption (opacimètres)

Avant la mesure, la soupape à 3/2 voies laisse pénétrer l'air pur dans la chambre de mesure, permettant le calibrage.

Pendant la mesure, une quantité de gaz bien définie est prélevée par la soupape 3/2 voies (un système de chauffage maintient la température des gaz prélevés à un minimum de 50°C).

L'opacité des gaz empêche le récepteur de recevoir l'intégralité du faisceau lumineux émis par la source.

La gêne à la réception correspond à un coefficient d'absorption "K" qui s'exprime en mètre à la puissance -1.

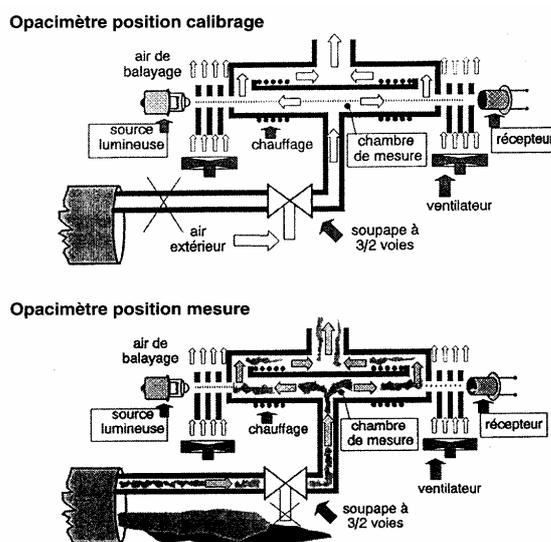


Fig. 11 Principe de fonctionnement d'un opacimètre à absorption (3.015 ou 3.110 BOSCH)

### **Opacimètre SHADI X2000 (GRUPPO DIP DIVISION)**

Il existe plusieurs types d'appareils de mesure destinés au contrôle des gaz d'échappement du moteur Diesel. Chaque appareil est muni d'une notice technique et d'un manuel d'instructions qui doivent être étudiés et dont les consignes doivent être respectées.

On prend comme exemple l'opacimètre SHADI X2000 (GRUPPO DIP DIVISION).

Son manuel d'instructions comprend 18 parties, parmi lesquelles celles présentées ci-dessous.

#### **Description de l'instrument**

Cet instrument est prévu pour le contrôle de l'opacité des gaz d'échappement du moteur Diesel, conformément aux dispositions de la loi n. 653194 (CUNA) et aux directives CEE n. 721306.

L'opacimètre est constitué de deux parties: une unité de mesure, qui contient la chambre des fumées et les systèmes optiques, et l'unité de traitement et de visualisation avec le clavier de commande.

Les gaz d'échappement du véhicule sont envoyés, à travers un tuyau flexible, dans la chambre de mesure réchauffée à 70° où ils forment une colonne de fumée d'une épaisseur de 20 cm; la fumée est ensuite évacuée à l'extérieur.

L'instrument visualise les valeurs d'opacité sur un afficheur à 5 colonnes de 20 caractères. Il est possible de choisir entre : une échelle linéaire d'une absorption % de 0 à 99 et une échelle logarithmique à 8 chiffres, en unités absolues d'absorption lumineuse  $k$  exprimée en ( $m^{-1}$ ). Les deux échelles vont de 0, pour le faisceau lumineux total, jusqu'au maximum de l'échelle pour l'absorption complète.

L'instrument indique sur l'écran de l'unité de traitement le type d'essai en cours, la phase d'étalonnage et de mise à zéro automatique, le nombre des essais mémorisés; l'unité de mesure indique, à travers un signal lumineux, la bonne valeur de la tension d'alimentation.

Les capteurs de température et de pression se trouvent à l'intérieur de la chambre des fumées.

La température de la chambre est visualisée sur l'afficheur de l'unité de traitement; la pression est indiquée par une aiguille sur le panneau frontal de l'unité de mesure.

L'unité de traitement dispose de toutes les touches de commande.

L'étalonnage est effectué au moyen des touches de commande prévues sur une unité d'étalonnage amovible. Les commandes d'étalonnage sont protégées contre les activations accidentelles et les déplacements de l'instrument.

#### **Principe de fonctionnement**

L'instrument mesure l'opacité du gaz d'échappement en débit partiel continu. La colonne effective de gaz mesurée est de 20 cm, mais les valeurs affichées correspondent à un parcours optique de 40 cm, conformément aux normes en vigueur.

La source lumineuse, blanche et artificielle, est une lampe halogène dont la température de couleur est de 3000° Kelvin.

Un système de lentilles et la lampe forment un faisceau lumineux d'environ 5 mm qui est envoyé, à travers la chambre de lavage et la chambre de la fumée, réchauffée à 70° au détecteur optique qui se trouve du côté opposé au système de mesure.

Les orifices d'un diamètre de 4 mm, créés au niveau du parcours optique, sur les parois latérales des chambres de la fumée et de lavage, permettent le passage du faisceau lumineux. Le détecteur optique est constitué d'un élément photosensible dont la réponse spectrale à la radiation incidente présente un maximum d'environ 550 nm ; il crée donc un courant électrique proportionnel à l'intensité du faisceau lumineux.

Le système optique ne risque pas le dépôt d'impuretés grâce à la protection réalisée par des verres transparents placés le long du parcours optique, à l'extérieur des chambres de lavage. Un autre système de ventilation forcée d'air propre dans les chambres de lavage empêche le dépôt d'impuretés sur les verres de protection ; l'entretien est donc minime et l'efficacité de l'instrument est optimale.

Le signal électrique généré par le capteur optique est conditionné électriquement et il est traité par un système à microprocesseur; il est donc visualisé sous forme d'absorption % ou de  $k$  ( $m^{-1}$ ) suivant les dispositions de la loi et les modalités d'essai sélectionnées par l'opérateur.

La température de la chambre est maintenue constante par un circuit de réglage par thermostat avec visualisation de la température sur un afficheur.

### Préparation de l'opacimètre

- Mettre le SHADYX2000 sous tension au moyen du câble d'alimentation fourni avec la machine.
- Brancher la sonde de prélèvement du gaz à l'entrée de la chambre des fumées.
- Relier le DUAL TESTER à l'aide du câble spécial livré d'origine.
- Si nécessaire, relier le clavier d'étalonnage au connecteur prévu à cet effet. Si vous n'utilisez pas les boutons, débranchez le clavier de l'instrument.
- Mettre l'interrupteur d'allumage sur ON.
- Attendre la phase de chauffage de l'instrument.

### Description de l'essai

Procédure de mesure de l'opacité (mesure adéquate de la densité de la fumée)

- Chauffer le moteur. Amener le moteur à la température de fonctionnement normal.
- Vérifier l'étalonnage au moyen du filtre de service.
- Effectuer 4 - 5 accélérations au ralenti, sans mettre la sonde à l'échappement.
- Régler le Dual Tester pour l'essai CUNA.
- Introduire la sonde dans le pot d'échappement de la voiture et brancher l'autre extrémité sur le tuyau prévu sur la partie frontale de l'opacimètre.
- Accélérer à fond.
- Appuyer et relâcher tout de suite la touche <ENTER> du Dual Tester, pour mémoriser l'essai.
- Relâcher l'accélérateur et remettre le moteur au ralenti.
- Répéter 4 autres essais, pour un total de 5. Après le cinquième, attendre l'impression et puis détacher les tickets demandés.

### Normes CEE

Avant d'effectuer les mesures, accélérer au moins 6 fois à fond pour amener le moteur au régime de puissance maximum ou bien au régime maximum du régulateur; maintenir ce régime pendant au moins 2 secondes. Revenir ensuite au ralenti et le maintenir pour une durée de 3 secondes.

Les mesures sont effectuées au cours des accélérations suivantes en respectant les modalités déjà indiquées. Les accélérations sont obtenues en appuyant sur la pédale "rapidement mais en douceur" et toujours dans un délai qui ne doit jamais dépasser 0,4 secondes, afin de commander le refoulement maximum de la pompe d'injection. Cette position est maintenue jusqu'à obtenir la vitesse maximale de rotation du moteur ou l'intervention du régulateur pour au moins 2 secondes. Ensuite relâcher l'accélérateur jusqu'à ce que le moteur puisse reprendre sa vitesse de rotation au ralenti, qui sera maintenue pour une durée de 3 s. Pour chaque accélération, la valeur de la mesure correspond à la valeur maximum du coefficient d'absorption "k" lu sur l'opacimètre.

Il faut exclure la lecture de l'opacité en phase de relâchement de l'accélérateur. Les accélérations seront répétées jusqu'à obtenir la stabilité des valeurs mesurées. Les valeurs sont considérées stables quand les 4 dernières forment une série décroissante et rentrent dans un intervalle de 0,25 m. Si vous n'obtenez pas ces deux conditions, faire des accélérations ultérieures, jusqu'à 10 au maximum.

### **Étalonnage correct de l'appareil de mesure - opérations d'étalonnage**

- Relier le clavier d'étalonnage au connecteur prévu derrière l'opacimètre.
- Placer l'instrument dans le menu de choix du test diesel, monter les deux filtres pour obtenir le maximum de lumière (mettre le filtre de service à un trou à la droite, le verre blanc en bas, et le filtre d'étalonnage à deux trous à gauche, le trou vide vers le bas).
- Appuyer en même temps sur les touches <A> et <C>. Appuyer aussi sur la touche <O> (le zéro du clavier numérique du Dual Tester) sans relâcher les deux premières.
- A la fin de la phase d'auto - étalonnage, l'afficheur indique la lecture de l'opacité. La température doit rester à zéro.
- Enlever le filtre à deux trous, qui se trouve à gauche, et le remettre à sa place avec le verre fumé tourné vers le bas.
- Vérifier la valeur de l'opacité sur l'afficheur. Le filtre fumé correspond à une valeur d'absorption pourcentage de 58%.
- Si le numéro affiché ne correspond pas à  $58 \pm 1$ , il faudra obtenir la bonne valeur en appuyant sur la touche <C> pour l'augmenter ou la touche <A> pour le diminuer.
- Appuyer sur la touche <B> pour confirmer.
- Vérifier la valeur de la température sur l'afficheur, l'opacité doit rester à zéro.
- Utiliser un thermomètre au mercure ou numérique comme référence, pour mesurer avec précision la température extérieure. Procéder ensuite de la manière décrite ci-avant et régler la température affichée à la même valeur que la température extérieure.
- Appuyer sur la touche <B> pour confirmer et puis débrancher le clavier.
- Appuyer sur <ESC> pour quitter l'affichage du Dual Tester.

### **Interprétation correcte des résultats de mesure**

Toutes les mesures relatives aux gaz d'échappement sont affectées aussi bien d'erreurs aléatoires (statistiques) que d'erreurs dues au système.

Les erreurs aléatoires peuvent être supprimées par répétition des mesures.

Les erreurs systématiques sont prépondérantes lorsqu'un seul équipement de test est disponible. L'apparition de ce type d'erreur ne peut être limitée que par l'utilisation de moyens de mesure supplémentaires (par exemple en utilisant un second banc d'essais). Seule la valeur moyenne des résultats de plusieurs mesures permet de donner une appréciation plausible sur les émissions d'échappement.

Dans des ateliers de mécanique auto on trouve normalement des manuels d'atelier, spécifiques à chaque type de véhicule, qui comprennent des tableaux de diagnostic. En fonction des résultats et suite à leur interprétation, on peut adopter la démarche à suivre pour remédier aux problèmes éventuels.

### **Entretien de l'appareil de mesure**

Dans les documents techniques qui accompagnent chacun opacimètre, il y a des instructions concernant son entretien. Pour l'opacimètre SHADI X2000, par exemple, on recommande, entre autres :

- Le remplacement de la lampe, si nécessaire ;
- Le nettoyage des verres de protection toutes les semaines ;

- Le remplacement du rouleau de papier pour l'imprimante ;
- Contrôle et / ou changement des filtres, etc.

Toutes les recommandations du constructeur doivent être respectées.

### **Respect des règles de sécurité et d'hygiène**

Dans un atelier de réparation automobile, il faut toujours respecter les règles de sécurité et d'hygiène.

Pendant les opérations de contrôle des gaz d'échappement du moteur Diesel, on doit tenir compte :

- Des règles générales relatives à l'organisation de l'atelier et des postes de travail
- Des règles spécifiques, en fonction des opérations à effectuer et de l'appareil utilisé.

Il est recommandable de travailler dans un local bien aéré. Il ne faut pas exposer l'opacimètre aux chocs ou bien aux intempéries.

## **CHAPITRE 3**

### **SYSTEMES DE DEPOLLUTION DES EMISSIONS POLLUANTES**

#### **§1. Conséquences des pollutions**

L'influence des facteurs de nocivité est très importante. Ils peuvent déclencher, favoriser ou amplifier les phénomènes de pollution et leurs effets.

Principaux effets

Par leurs effets souvent très nocifs, les polluants menacent gravement l'équilibre biologique et compromettent dangereusement la survie des espèces humaines, animales et végétales.

Effets sur l'homme

- Altération de la santé : troubles, malaises, fatigue, allergies, affections du système respiratoire, troubles et maladies cardio-vasculaires, affections et troubles du système digestif et de la vue, maladie de la peau, etc.
- Mutations biologiques.
- Défaillances ou déficiences psychiques.
- Nuisances relatives à l'odorat.

Effets sur les animaux

Ils sont analogues à ceux qui menacent les hommes.

Effets sur le climat

Formation de brouillards denses et persistants, très gênants et dangereux comme le smog de Londres (acide, par temps brumeux) ou le smog de Los Angeles (oxydant, se formant par beau temps). Diminution de l'ensoleillement, provoquée par la présence trop fréquente ou trop longue de vapeurs, fumées, brouillards et nuages. Elévation de la température du globe terrestre et la manifestation d'un phénomène particulier : l'effet de serre. Formation des pluies acides, phénomène particulièrement dévastateur.

Effets sur les végétaux

Les variations climatiques, l'air pollué notamment par l'ozone, les fluorures, les hydrocarbures, etc., l'effet de serre, les pluies acides provoquent de nombreuses lésions sur les arbres, les plantes et les cultures. Ce qui entraîne une diminution du rendement et de la qualité des récoltes, la destruction lente et progressive des forêts, ainsi qu'un ralentissement de la régénération de l'atmosphère par les espaces verts.

Effets sur les matériaux

Certains polluants peuvent déterminer une action mécanique (érosion, usure) ou une action chimique superficielle ou interne sur la plupart des matériaux : la pierre, le ciment, le plâtre, le bois, les métaux (rouille), et par suite l'altération de l'aspect (couleurs, formes) et de la solidité des édifices, des immeubles et des monuments.

#### **Procédures de dépollution des émissions**

Les techniques antipollution classiques

Il s'agit de techniques étudiées spécialement pour, et montées sur les moteurs conventionnels, c'est-à-dire les moteurs à carburateur qui ne comportent pas d'organes ou de systèmes électroniques et de micro-ordinateur de contrôle et de commande.

Ces techniques reposent sur des structures et des fonctions relativement simples mais astucieuses, semi-automatiques, électromécaniques, électriques, pneumatiques parmi lesquelles il faut citer principalement :

- Les correcteurs spéciaux d'avance à l'allumage ;
- Les organes de décélération ;
- Les dispositifs de recirculation des gaz brûlés.

Les techniques classiques ne sont maintenant que peu ou plus utilisées.

Les techniques antipollution modernes

Les techniques nouvelles, automatisées et informatisées, complètes et précises, très efficaces et très fiables, sont de plus en plus employées sur les véhicules modernes. Elles comprennent notamment :

- L'intégration des mono-systèmes antipollution dans les poly-systèmes à commande centrale électronique ;
- L'injection d'essence ou de supercarburant ;
- La régulation automatique de richesse du mélange carburé (régulation Lambda) ( $\lambda$ ) (sonde d'oxygène) ;
- L'allumage électronique ;
- Le contrôle électronique du cliquetis ;
- Le contrôle électronique de la suralimentation ;
- La catalyse et les pots catalytiques ;
- L'injection de gasoil (moteurs diesels).

## § 2. Régulation Lambda

### La sonde à oxygène - sonde Lambda (fig. 12)

La sonde Lambda transmet, à la centrale de commande, un signal caractéristique de la composition instantanée du mélange.

La sonde Lambda est montée à un point du collecteur d'échappement du moteur où règne la température nécessaire au fonctionnement de la sonde sur l'ensemble de la plage des régimes du moteur.

### Fonctionnement

La sonde plonge dans le courant des gaz d'échappement. Elle est conçue de telle sorte que la face extérieure de l'électrode est exposée aux gaz d'échappement, tandis que sa face intérieure est au contact avec l'air ambiant.

La sonde est constituée, principalement, d'un corps en céramique spéciale, dont les surfaces sont pourvues d'électrodes en platine, perméables aux gaz d'échappement. L'effet de la sonde repose sur le principe suivant : le matériau en céramique est poreux et permet la diffusion de l'oxygène de l'air (électrolyte solide). La céramique devient conductrice à des températures assez élevées. Si la teneur en oxygène est différente des deux côtés des électrodes, une tension électrique est engendrée aux électrodes. Pour une composition stœchiométrique du mélange air-carburant de  $\lambda = 1,00$ , la courbe caractéristique présente un coude brusque. Cette tension représente le signal de mesure.

### Construction

La partie en céramique de la sonde est logée dans un culot fileté. Elle est munie de tubes de protection et de connexions électriques. La surface de la céramique de la sonde est constituée d'une couche de platine micro poreuse qui, d'une part, a une influence décisive sur la caractéristique de la sonde grâce à son effet catalytique et qui, d'autre part, sert d'interconnexion. Une couche de céramique adhérente, extra-poreuse, est superposée à la couche de platine sur le côté gaz d'échappement de la sonde. Cette couche protectrice empêche l'érosion de la couche de platine catalytique par les résidus de combustion contenus dans les gaz d'échappement.

Une enveloppe de protection métallique, qui est matée sur le culot, recouvre le côté connexion de la sonde.

Elle possède un orifice de dégazage et sert de contre logement à la rondelle Belleville. Le fil de connexion est serti sur le talon de contact et sort de la sonde à travers un manchon isolant. Afin de ne pas exposer la céramique aux résidus de combustion contenus dans les émissions, le côté gaz d'échappement de la sonde est recouvert d'un tube de protection. Ce tube comporte des fentes (chicanes) conçues de manière à éviter l'impact direct des gaz sur la céramique. Outre cette protection mécanique, les variations de température sont atténuées efficacement lors du passage d'un état de fonctionnement à un autre.

La tension et la résistance interne de la sonde dépendent de la température. L'efficacité de la régulation est assurée pour des températures dépassant 350°C (sonde non-chauffée) ou 200°C (sonde chauffée).

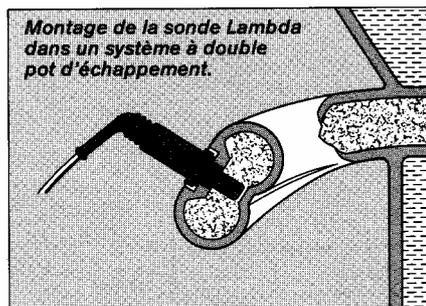
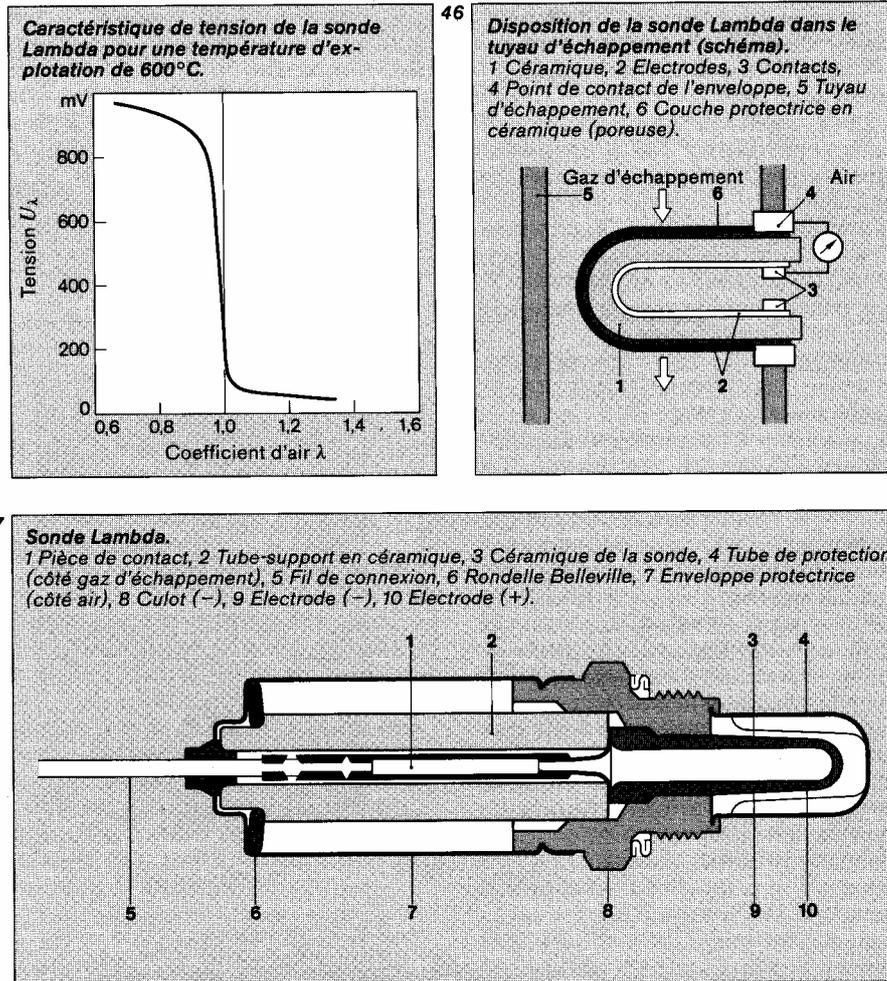


Fig. 12 Sonde Lambda

### Sonde Lambda chauffée

Le principe de construction de la sonde chauffée se rapproche de celui de la sonde non-chauffée.

La céramique active est chauffée par un élément thermique en céramique de sorte que la température de la sonde dépasse en permanence le seuil de fonctionnement de 350°C, indépendamment de la température des gaz d'échappement.

La sonde chauffée dispose d'un tube de protection avec moins de fentes. Cette formule empêche, entre autres, le refroidissement de la céramique lorsque les gaz sont froids.

La sonde chauffée offre des avantages substantiels : régulation efficace aux basses températures des gaz d'échappement (exemple : au ralenti), sensibilité moins marquée aux variations de température des gaz, réduction des temps d'intervention de la régulation Lambda, amélioration de la dynamique de la sonde, d'où meilleure exploitation des valeurs des émissions, et plus grande flexibilité de montage, indépendante du réchauffement externe.

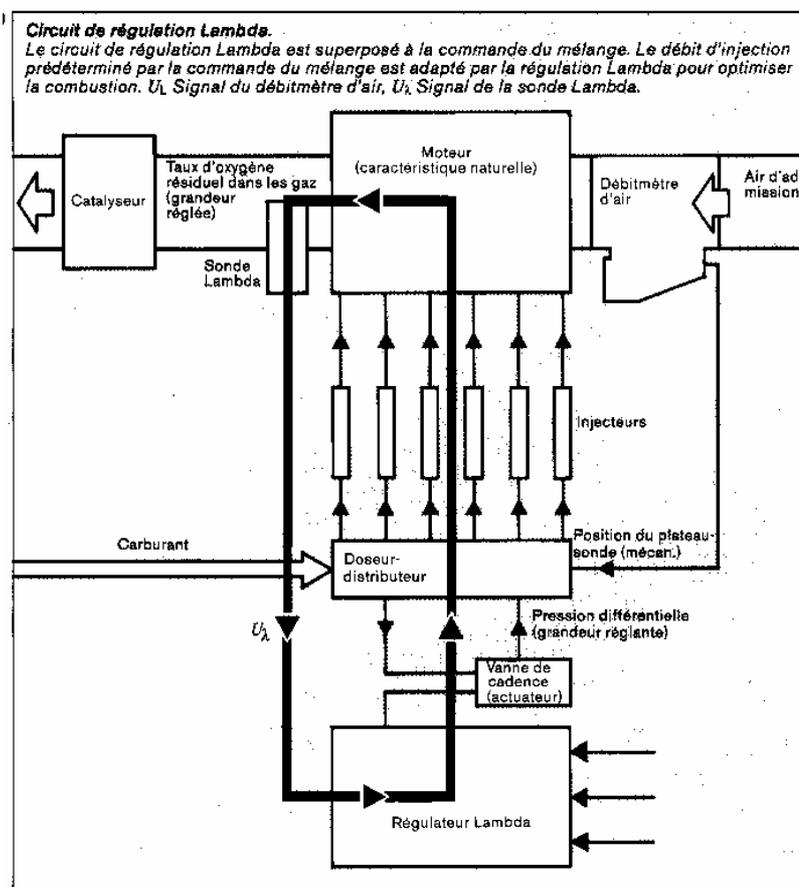


Fig. 13 Circuit de régulation Lambda

### Circuit de régulation Lambda

La régulation Lambda permet de maintenir très exactement le rapport air / carburant à la valeur  $\lambda = 1,00$ .

La régulation Lambda constitue une fonction adaptative qui, en principe, peut compléter chaque système de commande du mélange à conduite électronique. Elle convient surtout aux dispositifs d'injection d'essence ou au Motronic.

Le circuit de régulation, réalisé à l'aide de la sonde Lambda, permet de détecter et de corriger les divergences par rapport à un dosage air-carburant bien défini. Le principe de régulation repose sur la mesure de la teneur d'oxygène résiduel dans les gaz d'échappement au moyen de la sonde Lambda.

Le taux d'oxygène résiduel représente un paramètre de la composition du mélange air-carburant distribué au moteur. La sonde Lambda, un détecteur de mesure placé dans le collecteur d'échappement, indique si le mélange est plus riche ou plus pauvre que  $\lambda = 1,00$ .

En cas de différence par rapport à ce coefficient, le signal de sortie de la sonde fait un bond de tension qui est exploité par la centrale de commande. L'alimentation en carburant du moteur est modulée par le système de carburation en fonction de l'information sur la composition du mélange, transmise par la sonde Lambda, de manière à obtenir un rapport air/carburant de  $\lambda = 1,00$ . La tension de la sonde sert de critère à la correction du volume de carburant lors de la carburation. Le signal conditionné par le circuit de régulation est exploité pour influencer les actionneurs du système Jetronic.

Dans le cas de l'injection d'essence K-Jetronic (ou des dispositifs à carburateur), la régulation du mélange est assurée par un régulateur annexe et par un actionneur électromagnétique (électrovanne de cadence).

Le dosage exact du carburant permet donc d'optimiser le rapport air / carburant dans toutes les conditions de service, en fonction de la charge et de la vitesse de rotation. Les tolérances de fabrication et l'âge du moteur ne jouent pratiquement aucun rôle. Le dosage de carburant augmente pour des valeurs  $\lambda > 1,00$  et il diminue pour  $\lambda < 1,00$ .

Cette modulation continue et précise du mélange sur  $\lambda = 1,00$  constitue le préalable essentiel à la dépollution efficace des gaz d'échappement par le catalyseur.

### Fonctions de régulation à différents états de marche

#### Démarrage

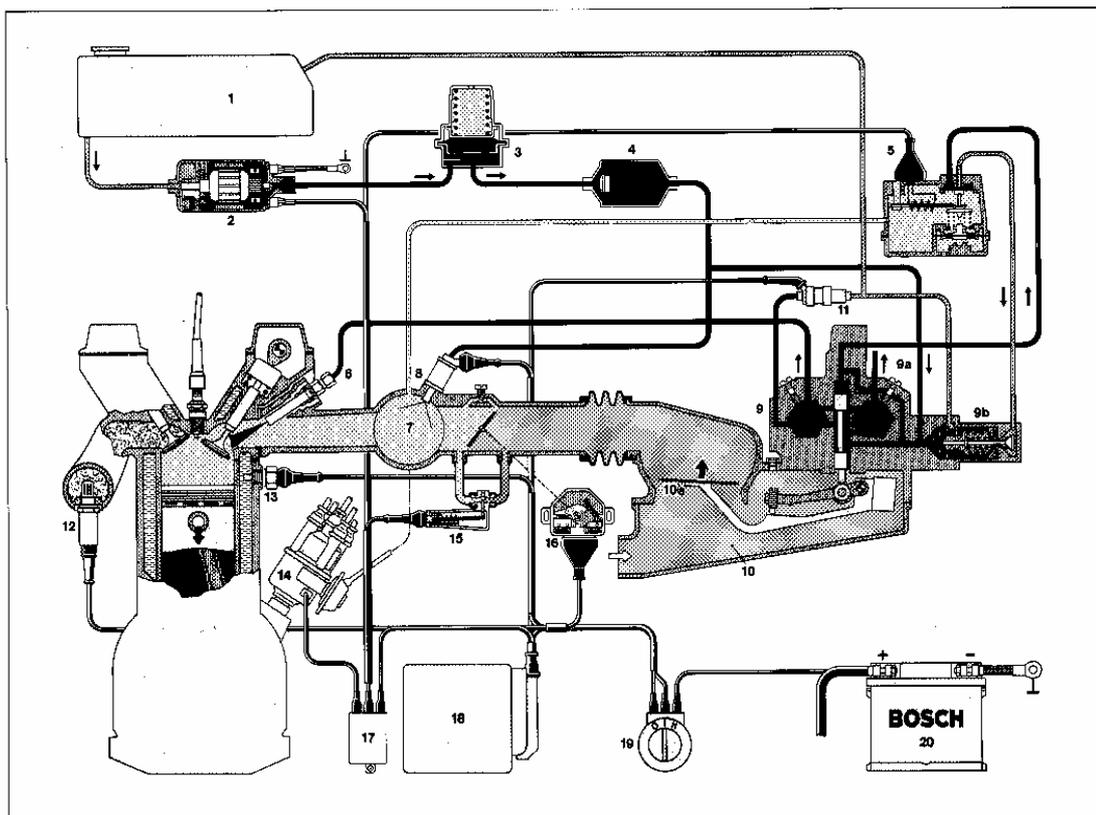
La sonde Lambda ne donne un signal exploitable que pour des températures supérieures à 350°C environ. La fonction de régulation n'intervient pas tant que ce seuil n'est pas atteint ; le mélange air-carburant est adapté à une valeur  $\lambda$  moyenne. L'enrichissement du mélange au démarrage est réalisé par des composants appropriés, comme sur les systèmes d'injection Jetronic sans régulation.

#### Accélération et pleine charge

L'enrichissement à l'accélération peut être assuré par le régulateur. L'exploitation d'un moteur au régime de pleine charge peut cependant imposer le choix d'un rapport air/carburant différent de  $\lambda = 1,00$ . Comme pour la phase d'accélération, cet état de fonctionnement est signalé par un capteur au régulateur électronique, qui commute l'alimentation en carburant sur « commande asservie » et module le débit d'injection en fonction d'une valeur pré-réglée.

#### Variations du mélange

La régulation Lambda fonctionne dans une plage opérationnelle  $\lambda = 0,8$  à 1,2 et compense les perturbations qui apparaissent normalement (p. ex. influence de l'altitude) avec une précision de  $\pm 1 \%$  autour de  $\lambda = 1,00$ . Le régulateur dispose d'un circuit de surveillance de la sonde Lambda, qui empêche la régulation de rester trop longtemps sur une valeur limite. Dans un tel cas, le système commute sur « Commande asservie », et le moteur fonctionne à une valeur  $\lambda$  moyenne.



**Fig. 14 Schéma de l'installation**

1. Réservoir à carburant
2. Pompe électrique à carburant
3. Accumulateur de carburant
4. Filtre à carburant
5. Correcteur de réchauffage
6. Injecteur
7. Collecteur d'admission
8. Injecteur de départ à froid
9. Régulateur de mélange
- 9a. Doseur-distributeur de carburant
- 9b. Régulateur de pression d'alimentation
10. Débitmètre d'air
- 10a. Plateau-sonde
11. Electrovanne de cadence
12. Sonde Lambda
13. Thermocontact temporisé
14. Allumeur
15. Commande d'air additionnel
16. Contacteur de papillon
17. Relais de commande
18. Centrale de commande électronique
19. Commutateur d'allumage-démarrage
20. Batterie

### Contrôle correct de la sonde Lambda (sonde à oxygène)

La sonde à oxygène est placée sur la tuyauterie d'échappement entre le moteur et le pot catalytique. Dans la partie (C) de la sonde se trouve une céramique active, le matériau utilisé devient conducteur d'ions d'oxygène à partir d'une température de 350°C. Pour assurer une mise en température rapide, la sonde a été équipée d'une résistance électrique chauffante (injection monopoint BOSCH). La sonde est ainsi activée au bout de 20 à 30 secondes. En fonction de la teneur en oxygène résiduelle des gaz d'échappement (composition du mélange air / essence) la sonde transmet au module électronique de commande un signal de tension compris entre 0,1 et 1,0 Volt par l'intermédiaire des deux bornes du petit faisceau (B) équipé d'un connecteur blanc.

Contrôle une fois la sonde débranchée (fig. 15)

A l'aide d'un multimètre, contrôler tout d'abord la résistance de l'enroulement chauffant entre les deux bornes du connecteur rouge (A)  $R = 4$  ohms ; contrôler ensuite l'isolement par rapport à la masse. Contrôler l'alimentation électrique (tension 12 Volts) entre les deux bornes mais côté faisceau (contact établi).

Contrôle une fois la sonde débranchée "MA 1.7" (fig. 16)

Contrôler la résistance de l'enroulement chauffant entre les bornes 3 et 4 du connecteur. Contrôler ensuite la tension (variant avec le régime) entre les bornes 1 et 2 allant de 0,1 volt (mélange pauvre) à 0,9 volt (mélange riche).

Contrôle de la boucle de régulation de la sonde à l'aide de l'appareil spécifique "BOSCH" (fig. 17)

Rebrancher la sonde et raccorder le petit faisceau en 'Y' (livré avec l'appareil de contrôle) en série avec la broche (B) ; puis la pince rouge (E) sur le + Batterie et la pince noire (F) à la masse.

**1<sup>er</sup> contrôle** : le moteur froid et à l'arrêt, établir le contact et vérifier la tension fixe = 0,45 Volt.

**2<sup>ème</sup> contrôle** : moteur chaud et au ralenti la tension doit osciller entre 0,1 et 0,9 Volt.

Appuyer ensuite sur la touche simulation 0,1V le module réagit et la tension monte à 0,9V.

Appuyer ensuite sur la touche simulation 0,9V le module réagit et la tension chute à 0,1V.

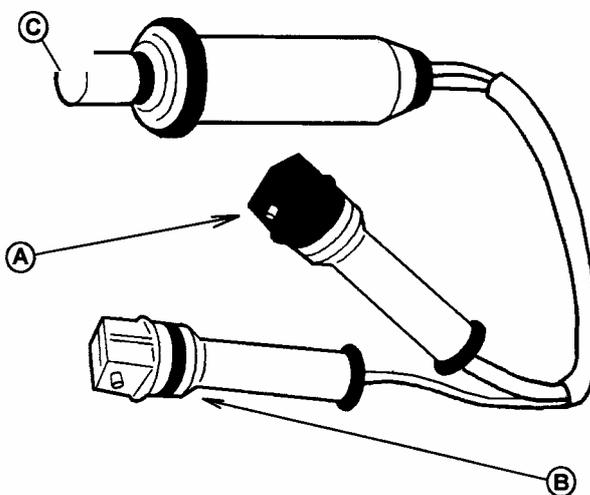


Fig. 15 Sonde Lambda

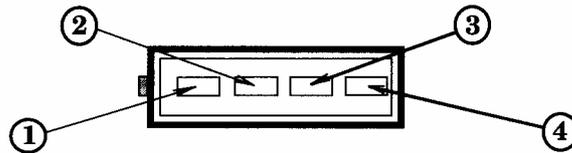


Fig. 16 Connecteur

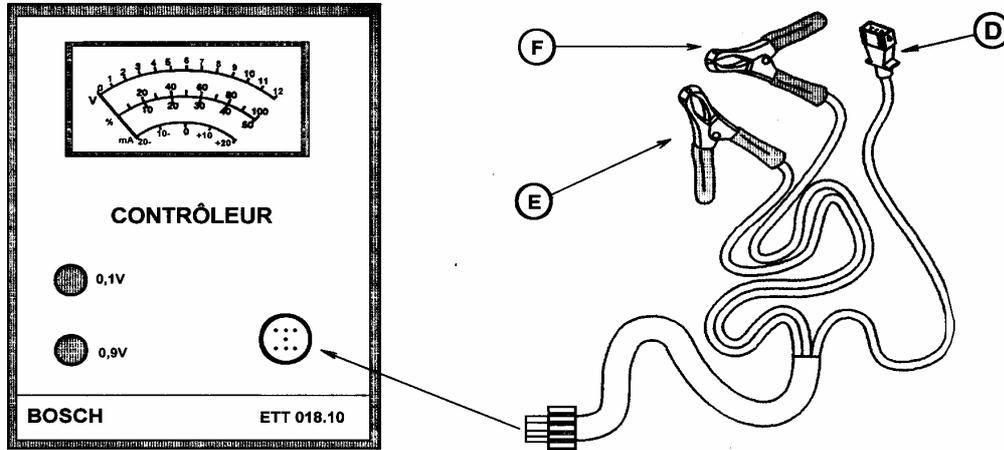


Fig. 17 Appareil de contrôle BOSCH

Dans les ateliers de mécanique automobile, on utilise des manuels d'atelier spécifiques à chaque marque.

Dans le manuel de SEAT, on trouve toutes les instructions nécessaires au contrôle de la sonde Lambda qui équipe ce type de voiture. A titre d'exemple, voir ci-dessous.

### Contrôle aux bornes

- Débrancher la connexion à 4 voies de la sonde Lambda (G39) (A) située près de la transmission
- Vérifier la continuité des fils avec la broche de connexion du calculateur :
  - a. voie 3 et voie 15 (calculateur) ;
  - b. voie 4 et voie 38 (calculateur) ;
  - c. résistance maxi : 1,5  $\Omega$ .

### Vérification du chauffage de la sonde Lambda (fusible n° 8 correct)

- Faire démarrer le moteur et mesurer la tension aux bornes 1 et 2 du connecteur  
Elle doit être de 11 V minimum

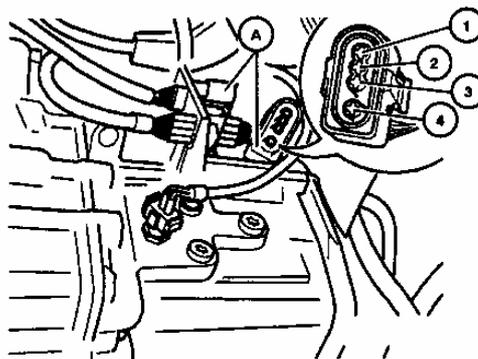


Fig. 18 Bornes du connecteur – Seat

### § 3. Epuration catalytique des émissions

#### Les catalyseurs

On distingue trois types de catalyseurs suivant le concept de dépollution et l'application choisis.

#### Catalyseur d'oxydation

Le catalyseur d'oxydation (appelé aussi catalyseur à lit unique) fonctionne en mélange pauvre et transforme les hydrocarbures et le monoxyde de carbone en vapeur d'eau et dioxyde de carbone par oxydation, c'est-à-dire combustion. Le catalyseur d'oxydation ne peut pratiquement pas réduire la concentration d'oxydes d'azote. Sur les moteurs à injection, l'oxygène nécessaire à l'oxydation est obtenu la plupart du temps en appauvrissant le mélange. Sur les moteurs à carburateur, des pompes centrifuges entraînées par le moteur ou des électrovalves auto-aspirantes introduisent de l'air secondaire en amont du catalyseur.

Les catalyseurs d'oxydation ont été utilisés pour la première fois en 1975 afin de satisfaire à la réglementation antipollution en vigueur alors aux Etats-Unis.

#### Catalyseur à double lit

Le catalyseur à double lit se compose de deux catalyseurs consécutifs (d'où son nom). Dans ce cas, le moteur doit être alimenté en mélange riche. Les gaz d'échappement passent tout d'abord par un catalyseur de réduction, puis par un catalyseur d'oxydation. De l'air est introduit entre les deux lits catalytiques. Le premier catalyseur assure la transformation des oxydes d'azote, le second des hydrocarbures et du monoxyde de carbone. En raison du réglage nécessairement riche du moteur, le concept à double lit constitue la solution catalytique la moins intéressante du point de vue de la consommation. Il peut être toutefois utilisé en association avec un système de carburation simple sans commande électronique. Autre désavantage : l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ), qui se forme par réduction des oxydes d'azote en mélange riche, peut partiellement se réoxyder pour former des oxydes d'azote lors de l'injection d'air entre les deux lits catalytiques.

La conversion des  $\text{NO}$ , est nettement moins bonne avec ce système qu'avec le catalyseur trois voies associé à une régulation Lambda.

Le catalyseur à double lit n'est pratiquement pas utilisé par les constructeurs automobiles européens, même pas pour les véhicules destinés à l'exportation. Aux Etats-Unis par contre, il est souvent employé par les constructeurs automobiles américains. Très souvent, ce type de catalyseur est associé à la régulation Lambda. Le catalyseur fonctionne en mélange stœchiométrique, ce qui supprime la surconsommation due au mélange riche. Cette formule est toutefois très complexe et présente les inconvénients que nous avons déjà décrits pour l'émission d'oxydes d'azote.

#### Catalyseur trois voies

Le catalyseur trois voies (appelé aussi catalyseur trifonctionnel) a la propriété d'éliminer efficacement les trois polluants (d'où son nom). Seul préalable : le mélange et donc les gaz d'échappement doivent être en rapport stœchiométrique, comme décrit dans le chapitre «Régulation Lambda». Le catalyseur trois voies, associé à la régulation Lambda, constitue à l'heure actuelle le système d'épuration le plus efficace. Il est d'ailleurs de plus en plus employé pour satisfaire aux valeurs d'émissions les plus sévères.

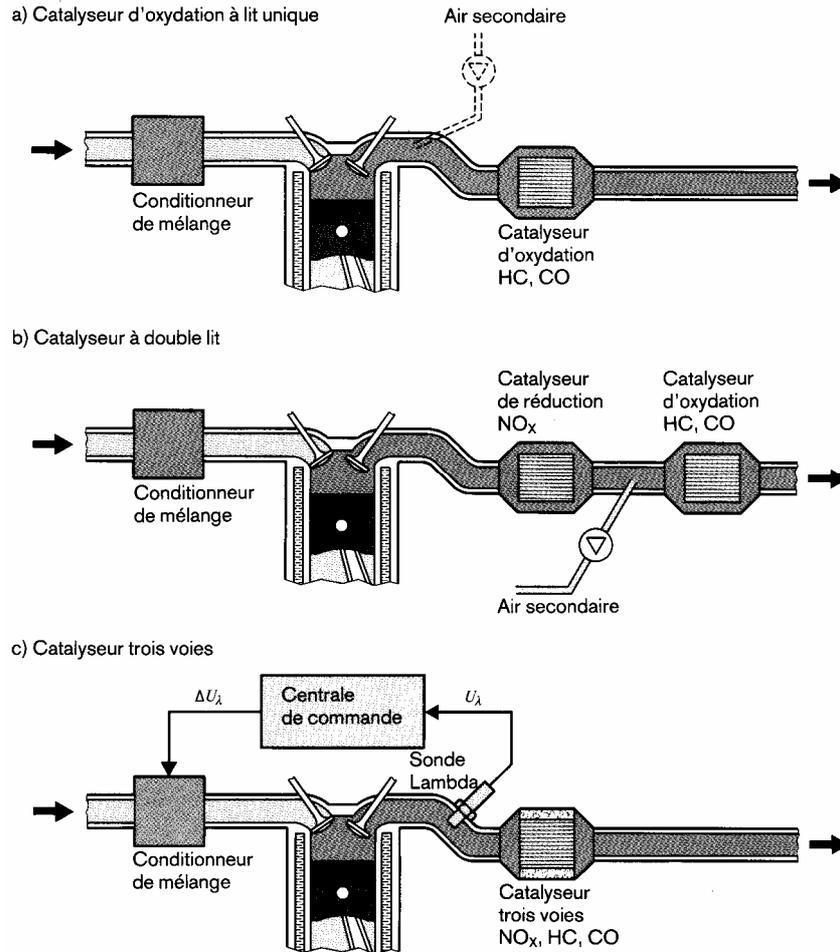


Fig. 19 Catalyseurs

### Supports

Le catalyseur (ou plus exactement le convertisseur catalytique des gaz d'échappement) se compose d'une enveloppe de tôle, d'un support et d'une couche active catalytique.

Il existe trois types de supports :

#### Supports à billes

Les supports à billes sont utilisés principalement aux Etats-Unis et au Japon, mais ils ne cessent de perdre en importance. Les constructeurs automobiles européens ne les emploient pratiquement pas.

#### Supports monolithiques céramiques

Ces supports sont des corps céramiques en silicate de magnésium et d'aluminium résistant aux hautes températures. Ils sont parcourus par plusieurs milliers de petits canaux et traversés par les gaz d'échappement.

Le bloc monolithique, particulièrement sensible aux tensions mécaniques, est fixé dans une enveloppe de tôle. Entre cette enveloppe et le support se trouve une grille métallique souple en fils d'acier fortement allié, qui permet de respecter les tolérances de fabrication, de compenser les coefficients différents de dilatation de l'enveloppe et du support et enfin d'absorber les sollicitations mécaniques en fonctionnement et les forces exercées par les gaz sur le corps en céramique.

A l'heure actuelle, les supports monolithiques céramiques sont les plus utilisés.

#### Supports monolithiques métalliques

La diffusion des supports monolithiques métalliques est très limitée.

Le plus souvent ils sont montés à proximité du moteur et servent de pré-catalyseur ou catalyseur de démarrage complétant le catalyseur principal afin d'accélérer la conversion catalytique au départ à froid. L'utilisation en tant que catalyseur principal entraîne des coûts trop élevés.

### Revêtement

Alors que le support à billes peut être directement recouvert avec les substances actives catalytiques, les supports monolithiques céramiques et métalliques nécessitent l'application d'une couche d'alumine («wash-coat») qui multiplie par env. 7000 la surface active du catalyseur. La couche catalytique active recouvrant la «wash-coat» se compose des métaux précieux platine et palladium pour les catalyseurs d'oxydation, platine et rhodium pour les catalyseurs trois voies. Le platine accélère l'oxydation des hydrocarbures et du monoxyde de carbone, le rhodium la réduction des oxydes d'azote. Un catalyseur contient env. 2 à 3 g de métaux précieux.

### Conditions de fonctionnement

La conversion des polluants commence véritablement à une température supérieure à env. 250°C. La plage de température idéale pour des taux de conversion élevés et une longue durée de vie est comprise entre env. 400°C et 800°C. Le vieillissement thermique est aggravé dans la plage de 800°C - 1 000°C par le frittage des métaux précieux et de la couche d'Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ce qui se traduit par une réduction de la surface active. La durée de fonctionnement exerce également une grande influence dans cette plage de température. A plus de 1000°C, le vieillissement thermique s'amplifie jusqu'à rendre le catalyseur presque inefficace.

Ces propriétés limitent les possibilités de montage. L'implantation du catalyseur dans le système d'échappement doit faire l'objet d'un compromis qui sera plus facile à trouver à l'avenir grâce à l'amélioration de la stabilisation thermique du revêtement (température critique à env. 950°C). Dans des conditions d'utilisation favorables, la durée de vie du catalyseur peut atteindre 100000 km au maximum.

Des anomalies du moteur, ratés d'allumage, peuvent porter la température du catalyseur à plus de 1400°C. De telles températures provoquent la destruction complète du catalyseur par fonte du support. C'est pourquoi le système d'allumage des véhicules à pot catalytique doit être fiable et ne nécessiter aucun entretien, objectif atteint dans une large mesure depuis l'avènement de l'électronique dans l'allumage. L'utilisation de carburant sans plomb est une autre condition préalable au fonctionnement fiable du moteur à long terme. Les composés du plomb s'introduisent dans les pores de la surface active ou se déposent directement au-dessus, ce qui en réduit le nombre. Les résidus provenant de l'huile moteur peuvent également provoquer la contamination du catalyseur.

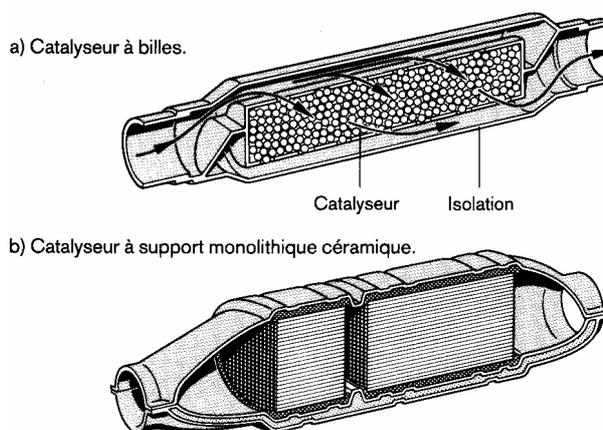


Fig. 20 Supports

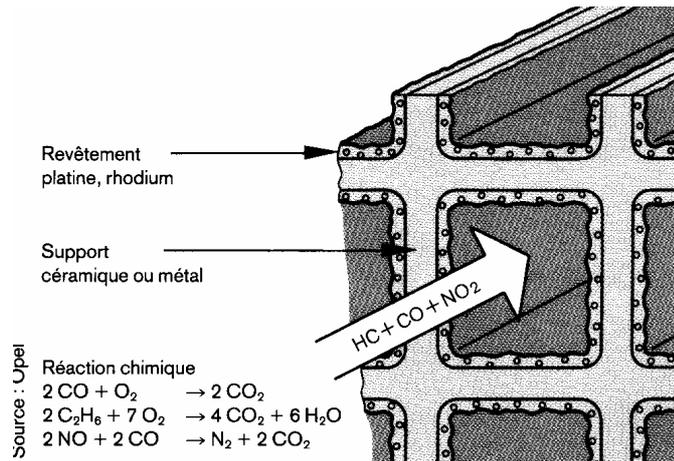


Fig. 21 Fonctionnement du catalyseur trois voies

Conditions d'exploitation du catalyseur

Pour l'utilisation des catalyseurs, deux conditions sont d'une importance particulière :

- Le moteur doit être utilisé avec de l'essence sans plomb. Du carburant au plomb « empoisonne » la couche de métaux précieux du catalyseur et entraîne dans un délai très bref une incapacité permanente de fonctionnement du système.
- Des catalyseurs efficaces et suffisamment durants présentant une tolérance au plomb, comme il en faudrait pour les carburants au plomb, ne sont toujours pas envisageables et ne seront ainsi toujours pas disponibles dans un délai proche.
- Pour obtenir la proportion d'air optimale pour le processus de transformation dans le catalyseur, on devrait régler le mélange carburant/air exactement au point stœchiométrique  $\lambda = 1$  à l'aide d'une sonde Lambda.

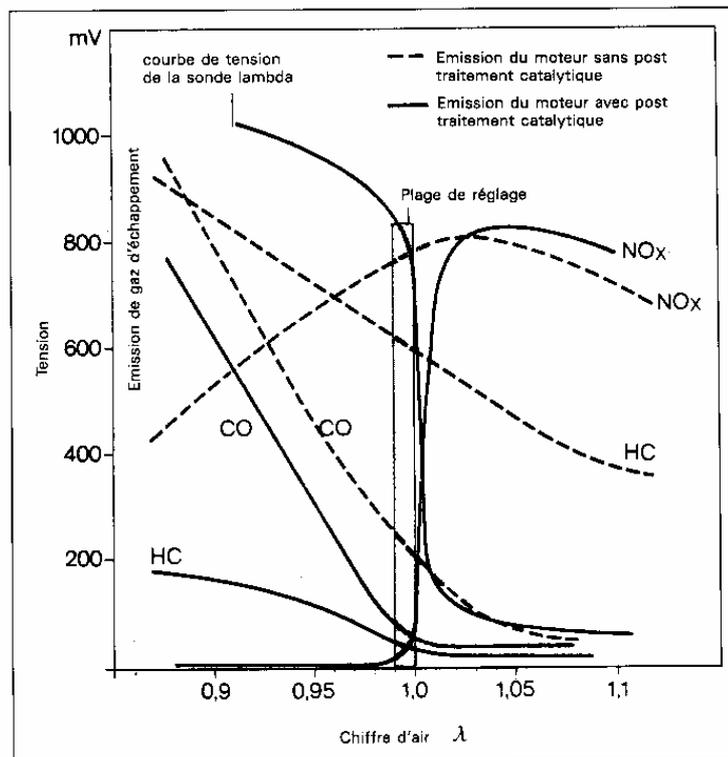


Fig. 22 Emission de gaz d'échappement sans et avec post traitement catalytique

Conjointement à des catalyseurs spéciaux, la régulation lambda permet une diminution de l'émission des substances nocives atteignant des valeurs qui permettent de respecter les normes de pollution les plus sévères. Depuis 1976, on utilise le régulateur lambda en série sur les véhicules qui sont prévus pour la vente aux Etats-Unis et au Japon.

#### § 4. Le pot catalytique du moteur Diesel

##### Principe et structure

Le monoxyde de carbone et les hydrocarbures imbrûlés non encore déposés sur le noyau de carbone des particules peuvent être transformés, dans un pot catalytique d'oxydation, en vapeur d'eau et en bioxyde de carbone, qui n'est pas considéré comme un polluant dangereux si sa teneur est inférieure à 10 %.

Dans un pot catalytique pour moteur diesel le phénomène d'oxydation du CO et des HCl est favorisé par la teneur en oxygène élevée des gaz d'échappement dégagés par la combustion du gasoil.

La structure de base de ce pot catalytique est analogue à celle d'un pot catalytique à trois voies pour moteur à essence. La composition de la couche en métal précieux est différente.

Exemple : Pot catalytique d'un moteur VAG Catadiesel 1,6 l à injection directe.

Le corps de céramique en nids d'abeilles est recouvert d'oxyde d'aluminium qui sert de couche porteuse. La surface rugueuse de cette couche détermine pratiquement une surface active 7 000 fois plus grande que la surface théorique de base.

Sur la couche porteuse, un dépôt obtenu par vaporisation de 0,8 grammes de platine sert de catalyseur pour la transformation chimique du CO et des HCl.

Efficacité d'un pot catalytique « diesel »

Un pot catalytique «diesel» à oxydation peut éliminer environ 90 % du CO et 65 % des HC contenus dans les gaz d'échappement.

Surveillance du pot catalytique

Un catalyseur détérioré provoque une émission de pollution supérieure à celle d'une voiture sans catalyseur. Un peu d'attention permet toutefois de détecter une avarie du pot catalytique. La surchauffe des gaz d'échappement détériore la structure cellulaire.

##### Montage correct d'un pot catalytique

Position du pot catalytique sur le tuyau d'échappement.

Le pot catalytique ne doit pas être trop loin ou trop près du moteur.

Il doit être assez près du moteur pour bénéficier d'une température élevée des gaz d'échappement afin d'atteindre plus rapidement la température d'amorçage des réactions chimiques, puis la température d'efficacité maximale, car la conversion des polluants commence vers 250°C, les taux de conversion sont les plus élevés entre 400°C et 800°C, la durée de vie du pot catalytique sera plus longue (maximale entre 100000 et 120000 km).

Le pot catalytique ne doit pas être trop près du moteur, car :

- Les gaz d'échappement sont encore très chauds ( > 900°C ) ;
- A la chaleur qu'ils dégagent s'ajoute celle émise par les réactions chimiques ;
- Entre 800°C et 1 000°C le vieillissement thermique est plus rapide en raison d'une altération de la couche active résultant du frittage des métaux précieux et de l'alumine. Il est aggravé par un fonctionnement trop fréquent, trop long et trop forcé du moteur .

- Au-dessus de 1000°C, son vieillissement s'amplifie à un tel point que le pot catalytique devient inefficace et peut être complètement détruit, la couche active fond et coule au fond du pot.

On peut réduire ces risques en utilisant un petit pot catalytique intermédiaire à support métallique, assez près du moteur, et un deuxième pot catalytique ou pot principal, à support céramique, monté assez loin du moteur.

Utilisation d'un dispositif de protection et de sécurité entre un pot catalytique et le dessous de la carrosserie

Ce dispositif évite les inconvénients inhérents éventuellement à :

- Un dégagement excessif de chaleur, surtout en cas de surchauffe du pot catalytique, des fuites de gaz (pot détérioré, percé, fêlé), des risques d'incendie.

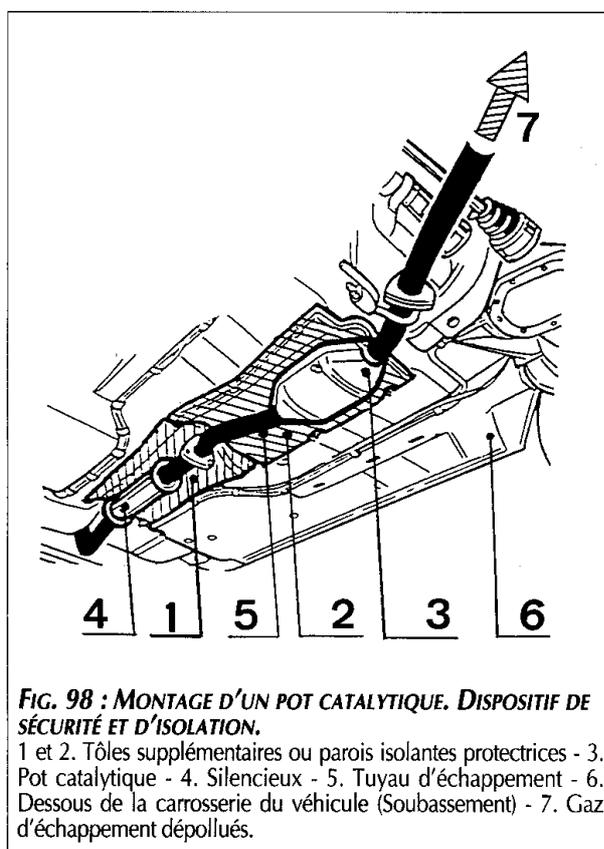
Il s'agit principalement :

- De parois isolantes et protectrices ;
- D'un dispositif d'alerte de surchauffe.

Exemple. Dispositif Peugeot.

Un thermostat fixé près du pot catalytique allume un témoin situé sur le tableau de bord du véhicule, lorsque la température ambiante dépasse 90°C. Le conducteur doit alors prendre deux précautions impératives :

- Arrêter le véhicule et le moteur pour laisser refroidir ce dernier. Puis repartir à faible vitesse.
- Faire contrôler sans tarder le dispositif de dépollution et faire remplacer éventuellement le pot catalytique.



**Fig. 23 Montage d'un pot catalytique**

Afin de monter correctement un pot d'échappement, il faut suivre les instructions de montage pour le type respectif. On doit respecter le sens de montage, bien serrer les colliers, utiliser les outils appropriés, s'assurer que le dispositif de sécurité et d'isolation est en bon état et vérifier l'étanchéité du système après montage.

### **Contrôle efficace du bon fonctionnement d'un pot catalytique**

Processus de contrôle

Exemple : processus Renault.

1. Faire chauffer le moteur de telle sorte que le moto-ventilateur se mette en marche à deux reprises successives.
2. Brancher un analyseur de gaz sur la sortie du tuyau d'échappement.
3. Relever les teneurs des polluants à un régime moteur compris entre 2000 et 2500 tr/mn. Attendre la stabilisation des teneurs indiquées.
4. Si la teneur de CO est supérieure à 0,5 %, débrancher la sonde d'oxygène (sonde Lambda).
5. Si la teneur de CO ne varie pas, sonde Lambda débranchée ou branchée, vérifier le fonctionnement de la sonde avec l'appareil de contrôle approprié, conformément au mode d'emploi.
6. Changer éventuellement la sonde ou (et) le pot catalytique, après avoir préalablement, impérativement et soigneusement :
  - a. vérifié que le carburant contenu dans le système d'alimentation ne renferme pas de plomb.
  - b. rincé, s'il y a lieu, le système d'alimentation en carburant avec un carburant sans plomb, en faisant consommer par le moteur une quantité de carburant (sans plomb) équivalente à plusieurs pleins du réservoir.
7. Si avec une sonde Lambda neuve la teneur de CO est toujours supérieure à 0,5 %, il faut vérifier :
  - a. si le pot catalytique ne fait pas de bruit :
    - a1. lorsqu'on le secoue, le véhicule étant arrêté ;
    - a2. lorsque le véhicule roule.
  - b. après dépose du pot catalytique, l'absence ou la présence :
    - b1. de détériorations (examen visuel : s'assurer que son enveloppe extérieure ne porte ni fissure, ni écrasement, ni trace de surchauffe - bleuissement) ;
    - b2. de bruits (lorsqu'on secoue le pot, tout bruit suspect trahit une avarie qui impose le remplacement de l'équipement) ;
    - b3. d'obstruction partielle ou totale (entrée, sortie ... ) du pot ;
  - c. si le pot catalytique n'est pas détérioré par du plomb.

### **Remplacement d'un pot catalytique**

Conditions préalables

Avant de contrôler et de remplacer intempestivement un pot catalytique, il est indispensable de vérifier préalablement et soigneusement :

1. L'état de marche du moteur et plus particulièrement le bon (ou le mauvais) fonctionnement des systèmes :
  - D'alimentation en air (le filtre notamment), et en carburant (système d'injection) ;
  - D'allumage (bougies, allumeur, etc.) ;
  - De régulation de richesse.
2. Les performances du moteur (puissance, consommation).
3. L'étanchéité et l'état du dispositif d'échappement (usure, trous, fêlures, ruptures, déformations).

4. La concentration (teneur, taux ou pourcentage) des polluants émis dans les gaz d'échappement, au ralenti, puis à un régime compris entre 2 500 et 3 000 tr/mn, ainsi que la température du moteur.
5. L'état de fonctionnement de l'appareil d'analyse.

### Risques particuliers. Précautions importantes

Ces précautions ont pour but d'éviter les risques d'incendie et de surchauffe.

Les risques d'incendie

Il est impératif de ne pas laisser fonctionner un moteur dans un espace où des matériaux ou des matières volatiles combustibles pourraient venir en contact avec le tuyau d'échappement du moteur et s'enflammer.

Les risques de surchauffe

Une surchauffe du moteur, la surchauffe et la détérioration du pot catalytique qui en résulte peuvent être provoquées par un mauvais état du moteur, l'utilisation trop fréquente ou trop prolongée du démarreur ou par un essai de démarrage par remorquage (le moteur reçoit un mélange beaucoup trop riche qui ne s'allume pas ou qui brûle incomplètement).

### § 5. Le recyclage des gaz

Rôle du recyclage

Ce dispositif empêche le rejet à l'air libre des vapeurs d'essence provenant du réservoir à carburant. Il est installé en complément du pot catalytique.

#### Fonctionnement (fig. 24)

- Les vapeurs de carburant sont amenées (1) dans un filtre à charbon actif, où elles sont stockées.
- L'air frais aspiré par le moteur (2) traverse le filtre pour le dégazer. Le charbon de bois contenu dans le filtre absorbe les vapeurs d'essence à sa surface.
- L'air de balayage du moteur est modulé par une vanne électro-pneumatique.
- Cette vanne est ouverte en l'absence d'une tension à ses bornes, pourtant une faible dépression est nécessaire pour la rendre passante (clapet anti-retour : sécurité moteur à l'arrêt).

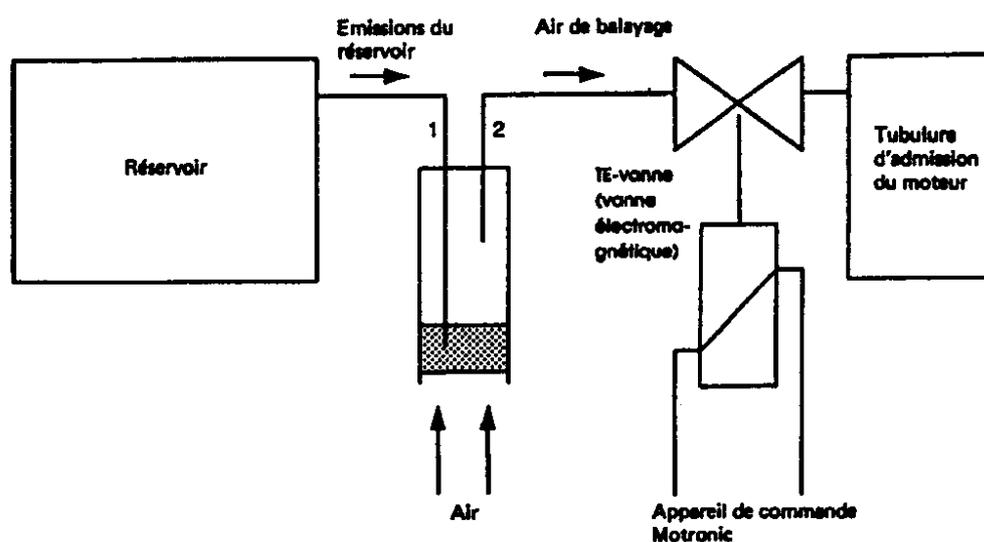


Fig. 24 Système de recyclage des gaz

L'électrovanne de dégazage (fig. 25).

- La vanne est alimentée dès la mise sous contact (position fermée). Le calculateur commande l'électrovanne en appliquant ou en supprimant un courant négatif, en fonction des paramètres moteur tels que, la température, le régime et la charge moteur (fig. 26).
- La majeure partie du dégazage s'effectue à des régimes élevés.
- Le cadencement de l'électrovanne peut débuter dès le ralenti.
- Le calculateur utilise donc une cartographie spécifique pendant la phase de dégazage.
- Elle est située sur le passage de roue avant gauche, en aval du filtre à charbon actif.
- Elle est alimentée dès la mise sous contact via le relais principal du calculateur.

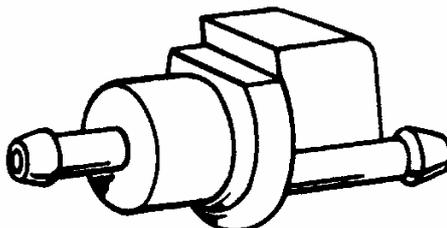


Fig. 25 L'électrovanne de dégazage

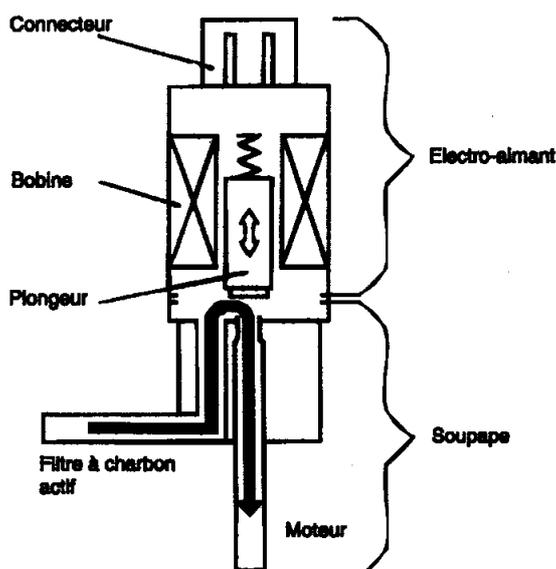


Fig. 26 Fonctionnement de l'électrovanne

### § 5.1. Différenciation des différents types de recyclage

Les différences entre les divers types de dispositifs de recyclage sont inhérentes à deux fonctions fondamentales : la commande et la modulation du débit des gaz mis en recirculation. Ces deux fonctions peuvent être assurées par l'une des 3 grandeurs ou paramètres suivants :

- Position du papillon d'admission des gaz frais;
- Dépression dans le collecteur d'admission;
- Pression des gaz d'échappement.

Dispositifs classiques

Montages anciens ou de base

Le clapet qui ouvre le circuit de recyclage est un clapet tout ou rien. La prise de dépression s'effectue sur la zone haute du papillon des gaz frais, comme pour la correction d'avance à l'allumage par dépression.

Ce type de dispositif a un inconvénient majeur irrégularité fonctionnelle du moteur et désagrément de conduite du véhicule, car le recyclage n'est plus suffisamment proportionnel à la charge, les taux importants de recirculation étant obtenus à faible charge en raison des grandes dépressions qui règnent dans le collecteur d'admission.

#### Dispositifs améliorés

Ils sont encore à commande mécanique ou pneumatique qui permet de régler convenablement la quantité de gaz recyclé en fonction de:

- La position angulaire du papillon;
- La pression d'admission ou
- La contre-pression dans l'échappement.

L'ouverture d'un clapet (ou valve) de mise en recirculation est commandée par une prise de dépression ( $\Delta p$ ) sur la zone basse du papillon, soit directement soit par l'intermédiaire d'un amplificateur. Le recyclage est ainsi mieux adapté aux conditions de fonctionnement du moteur.

#### Principal défaut de ces dispositifs

C'est un taux (T) de recyclage imprécis qui se traduit par :

- une augmentation des émissions d'HCi lorsque T croît;
- un fonctionnement médiocre du moteur.

D'où le grand intérêt des dispositifs perfectionnés à commande électronique.

#### Dispositif particulier

Ce dispositif permet de bien adapter la recirculation des gaz d'échappement à la charge du moteur en modulant la dépression de commande du clapet de mise en recirculation des gaz en fonction de la contre-pression dans l'échappement.

On utilise un clapet spécial : le clapet de recirculation à contre-pression (fig. 27).

Lorsque la contre-pression ( $c_p$ ) des gaz d'échappement (1) qui se combine avec la dépression ( $\Delta p$ ) atteint une certaine valeur, elle soulève le diaphragme (4) et comprime le ressort (5). Le diaphragme (4) bouche l'orifice (05) et comprime le ressort (7) par l'intermédiaire de son siège. Le clapet (11) se soulève, ouvre le canal (2) par lequel les gaz d'échappement (1) se dirigent vers le circuit de recirculation (12).

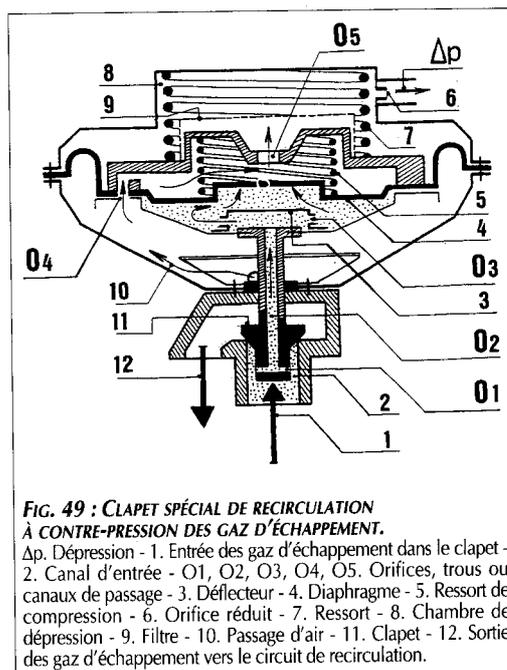
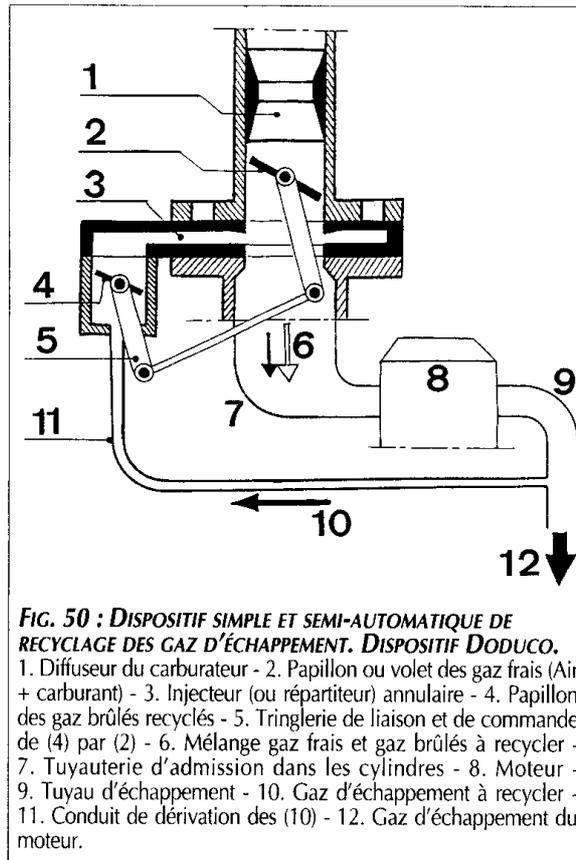


FIG. 49 : CLAPET SPÉCIAL DE RECIRCULATION À CONTRE-PRESSION DES GAZ D'ÉCHAPPEMENT.

$\Delta p$ . Dépression - 1. Entrée des gaz d'échappement dans le clapet - 2. Canal d'entrée - 01, 02, 03, 04, 05. Orifices, trous ou canaux de passage - 3. Déflecteur - 4. Diaphragme - 5. Ressort de compression - 6. Orifice réduit - 7. Ressort - 8. Chambre de dépression - 9. Filtre - 10. Passage d'air - 11. Clapet - 12. Sortie des gaz d'échappement vers le circuit de recirculation.

Fig. 27 Clapet spécial de recirculation

Le dispositif Doduco  
Structure schématisée (fig. 28).



**Fig. 28 Dispositif de recyclage des gaz d'échappement (DODUCO)**

#### Utilité

Ce dispositif mécanique, simple et semi-automatique, permet de réduire le phénomène de formation d'oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ) et de composés nitreux.

Rappelons que l'azote ( $\text{N}_2$ ) qui se trouve dans les chambres de combustion des moteurs ne subit pas de transformation lorsque la température n'est pas assez élevée. Mais lorsque la température s'élève fortement, l'azote et l'oxygène se combinent pour former du monoxyde d'azote ( $\text{NO}$ ) qui avec l'oxygène se transforme en bioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ), lequel avec l'humidité de l'air peut donner de l'acide nitrique ( $\text{NO}_3\text{H}$ ), produits polluants qu'il faut réduire ou éliminer.

#### Fonctionnement

La dérivation (11) fait passer directement une partie (10) des gaz d'échappement (12) dans le collecteur d'admission par :

- Un orifice variable déterminé par un petit papillon (4) dont la position angulaire est liée à celle du papillon des gaz frais (2) par la tringlerie (5);
- Une sorte d'injecteur annulaire (3).

#### Avantages du dispositif Doduco

- Le dispositif Doduco réduit jusqu'à 70 % l'émission des  $\text{NO}_x$ .
- La perte d'énergie qui pourrait être engendrée par la réadmission de gaz chauds est compensée par une meilleure homogénéisation des gouttelettes de carburant dans la veine gazeuse, en raison de l'accélération communiquée à cette veine par la pression des gaz d'échappement en recyclage.

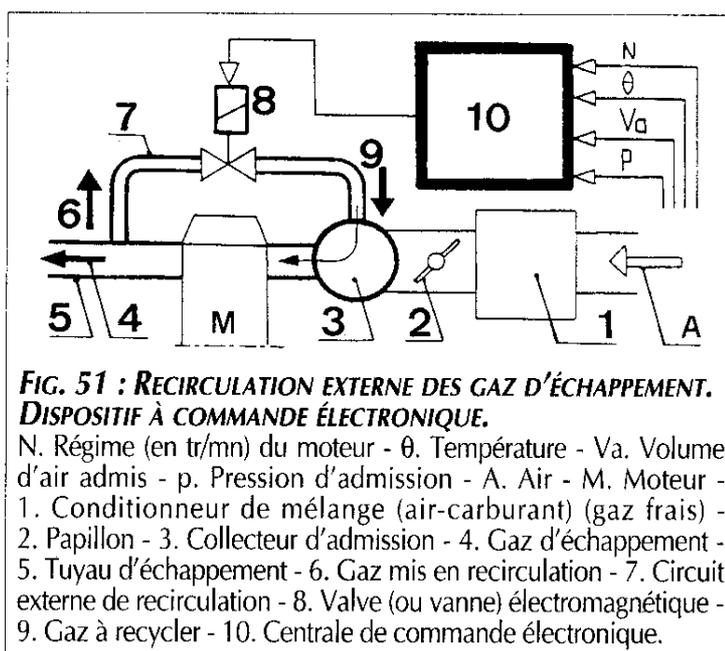
- Un moteur équipé d'un dispositif Doduco peut fonctionner avec de l'essence contenant du plomb.

#### Inconvénients

Si les gaz d'échappement recyclés renferment une proportion trop grande d'hydrocarbures imbrûlés (HCi), ils peuvent modifier le dosage du mélange (air + carburant) (admis) en augmentant sa richesse ( $r$ ) et par suite altérer la combustion, si le moteur ne comporte pas de dispositif de régulation de richesse.

Dispositif de recirculation à commande électronique (fig. 29).

Ce dispositif détermine et réalise le taux ( $T$ ) optimal de recirculation des gaz d'échappement, pour chaque état de fonctionnement du moteur en fonction de divers paramètres :  $N$ ,  $\theta$ ,  $V_a$ ,  $p$ , etc.



**Fig. 29 Dispositif à commande électronique de recyclage des gaz d'échappement**

## **CHAPITRE 4 Guide de travaux pratiques**

### **TP n° 1 Contrôler les gaz d'échappement des moteurs à essence**

*Objectifs visés :*

- Apprendre à contrôler les gaz d'échappement des moteurs à essence, en utilisant l'analyseur des gaz disponible dans l'atelier.
- Apprendre à interpréter correctement les résultats de mesure.

*Durée du TP :* 2 heures (à répartir par équipes)

*Matériel (Equipement et matière d'œuvre) :*

- Un véhicule automobile équipé d'un moteur à essence ;
- Un analyseur des gaz d'échappement pour les moteurs à essence ;
- Des outils spécifiques ;
- Des documents techniques (notices techniques, manuels d'instructions, manuels d'atelier, extraits de la législation en vigueur, des tableaux de diagnostic) ;
- Essence, chiffon.

*Description du TP :*

En utilisant les explications comprises dans le chapitre n° 1 ainsi que les instructions comprises dans les documents techniques spécifiques à l'automobile et à l'analyseur utilisé, le stagiaire apprendra à effectuer le contrôle des gaz d'échappement des moteurs à essence.

Ensuite, il apprendra à interpréter correctement les résultats de mesure.

*Déroulement du TP :*

1. Organisation du groupe des stagiaires par équipes.
2. Organisation des postes de travail.
3. Vérification des conditions préalables nécessaires avant l'application des tests:
  - De point de vue automobile ;
  - De point de vue appareil d'analyse.
4. Préparation de l'appareil.
5. Mise en service de l'appareil.
6. Mesure adéquate du monoxyde de carbone, des hydrocarbures, des oxydes d'azote, du dioxyde de carbone et d'oxygène. Respect des étapes décrites dans la documentation technique, en fonction du type d'appareil disponible dans l'atelier.
7. Comparaison entre les résultats obtenus suite à l'analyse et les données prévues dans la réglementation en vigueur.
8. Interprétation correcte des résultats de mesure.
9. Réalisation d'un tableau comprenant les étapes, les résultats et les conclusions du TP.
10. Pendant le déroulement des travaux pratiques, on doit s'assurer du respect des règles de sécurité et d'hygiène (générales et spécifiques).

**TP n° 2 Contrôler les gaz d'échappement du moteur Diesel**

*Objectifs visés :*

- Apprendre à contrôler les gaz d'échappement des moteurs Diesel, en utilisant l'opacimètre disponible dans l'atelier.
- Apprendre à interpréter correctement les résultats de mesure.

*Durée du TP : 2 heures (à répartir par équipes)*

*Matériel (Équipement et matière d'œuvre) :*

- Un véhicule automobile équipé d'un moteur Diesel ;
- Un opacimètre ;
- Des outils spécifiques ;
- Des documents techniques (notices techniques, manuels d'instructions, manuels d'atelier, extraits de la législation en vigueur, des tableaux de diagnostic) ;
- Gasoil, chiffon.

*Description du TP :*

En utilisant les explications comprises dans le chapitre n° 2 ainsi que les instructions comprises dans les documents techniques spécifiques à l'automobile et à l'opacimètre utilisés, le stagiaire apprendra à effectuer le contrôle des gaz d'échappement des moteurs Diesel.

Ensuite, il apprendra à interpréter correctement les résultats de mesure.

*Déroulement du TP :*

1. Organisation du groupe des stagiaires par équipes.
2. Organisation des postes de travail.
3. Vérification des conditions préalables nécessaires avant l'application des tests:
  - De point de vue automobile ;
  - De point de vue opacimètre.
4. Préparation de l'opacimètre.
5. Mise en service de l'opacimètre.
6. Mesure adéquate de l'opacité. Respect des étapes décrites dans la documentation technique, en fonction du type d'appareil disponible dans l'atelier.
7. Comparaison entre les résultats obtenus suite à l'analyse et les données prévues dans la réglementation en vigueur.
8. Interprétation correcte des résultats de mesure.
9. Réalisation d'un tableau comprenant les étapes, les résultats et les conclusions du TP.
10. Pendant le déroulement des travaux pratiques, on doit s'assurer du respect des règles de sécurité et d'hygiène (générales et spécifiques).

### **TP n° 3 Intervenir sur des systèmes de dépollution des émissions**

#### **Contrôle correct de la sonde Lambda**

*Objectifs visés :*

- Apprendre à contrôler correctement la sonde Lambda.
- Apprendre à interpréter correctement les résultats de mesure.

*Durée du TP : 2 heures*

*Matériel (Equipement et matière d'œuvre) :*

- Un véhicule automobile équipé d'une sonde Lambda ;
- Des outils et appareils de contrôle spécifiques ;
- Des outils appropriés ;
- Des documents techniques (notices techniques, manuels d'instructions, manuels d'atelier, des tableaux de diagnostic).

*Description du TP :*

En utilisant les explications comprises dans le chapitre n° 3 ainsi que les instructions comprises dans les documents techniques spécifiques à l'automobile et au type de sonde, le stagiaire apprendra à effectuer le contrôle correct de la sonde Lambda. Ensuite, il apprendra à interpréter les résultats obtenus suite au contrôle.

*Déroulement du TP :*

1. Organisation du groupe des stagiaires par équipes.
2. Organisation des postes de travail.
3. Vérification des conditions préalables nécessaires avant l'application des tests:
  - De point de vue automobile ;
  - De point de vue sonde Lambda ;
  - De point de vue appareils de contrôle ;
4. Préparation de l'appareil de contrôle.
5. Mise en service de l'appareil de contrôle.
6. Contrôle correct de la sonde Lambda.
7. Comparaison entre les résultats obtenus suite au contrôle et les données prévues par le constructeur, dans la documentation technique.
8. Interprétation correcte des résultats de contrôle.
9. Réalisation d'un tableau comprenant les étapes, les résultats et les conclusions du TP.
10. Pendant le déroulement des travaux pratiques, on doit s'assurer du respect des règles de sécurité et d'hygiène (générales et spécifiques).

**TP n° 4 : Intervenir sur des systèmes de dépollution des émissions  
Montage correct d'un pot catalytique à trois voies**

*Objectif visé :*

- Apprendre à monter correctement un pot catalytique à trois voies.

*Durée du TP : 4 heures*

*Matériel (Équipement et matière d'œuvre) :*

- Un véhicule automobile à équiper d'un pot catalytique à trois voies;
- Un pot catalytique à trois voies;
- Des outils spécifiques ;
- Des documents techniques (notices techniques, manuels d'instructions, manuels d'atelier).

*Description du TP :*

En utilisant les explications comprises dans le chapitre n° 3 ainsi que les instructions comprises dans les documents techniques spécifiques à l'automobile et au type de pot catalytique, le stagiaire apprendra à effectuer le montage correct du pot catalytique à trois voies.

*Déroulement du TP :*

1. Organisation du groupe des stagiaires par équipes.
2. Organisation des postes de travail.
3. Vérification des conditions préalables nécessaires avant l'opération :
  - De point de vue automobile ;
  - De point de vue pot catalytique ;
4. Préparation du pot catalytique.
5. Montage correct du pot catalytique à trois voies.
6. Réalisation d'un tableau comprenant les étapes et les conclusions du TP.
7. Pendant le déroulement des travaux pratiques, on doit s'assurer du respect des règles de sécurité et d'hygiène (générales et spécifiques).

## **TP n° 5 : Intervenir sur des systèmes de dépollution des émissions Contrôle efficace du bon fonctionnement d'un pot catalytique**

*Objectifs visés :*

- Apprendre à contrôler efficacement le bon fonctionnement d'un pot catalytique.
- Apprendre à interpréter correctement les résultats de mesure.

*Durée du TP : 2 heures*

*Matériel (Équipement et matière d'œuvre) :*

- Un véhicule automobile équipé d'un pot catalytique ;
- Un appareil de contrôle spécifique ;
- Des outils spécifiques ;
- Des documents techniques (notices techniques, manuels d'instructions, manuels d'atelier, extraits de la législation en vigueur, des tableaux de diagnostic).

*Description du TP :*

En utilisant les explications comprises dans le chapitre n° 3 ainsi que les instructions comprises dans les documents techniques spécifiques à l'automobile et au type de catalyseur, le stagiaire apprendra à effectuer le contrôle efficace du bon fonctionnement d'un pot catalytique.

Ensuite, il apprendra à interpréter les résultats obtenus suite au contrôle.

*Déroulement du TP :*

1. Organisation du groupe des stagiaires par équipes.
2. Organisation des postes de travail.
3. Vérification des conditions préalables nécessaires avant l'application du contrôle :
  - De point de vue automobile ;
  - De point de vue appareil de contrôle ;
  - De point de vue pot catalytique ;
4. Préparation de l'appareil de contrôle.
5. Mise en service de l'appareil de contrôle.
6. Contrôle correct du pot catalytique.
7. Comparaison entre les résultats obtenus suite au contrôle et les données prévues par le constructeur dans la documentation en vigueur.
8. Interprétation correcte des résultats de contrôle.
9. Réalisation d'un tableau comprenant les étapes, les résultats et les conclusions du TP.
10. Pendant le déroulement des travaux pratiques, on doit s'assurer du respect des règles de sécurité et d'hygiène (générales et spécifiques).

## Bibliographie

N°	Ouvrage	Auteur/Nature du document	Edition
1.	Les techniques antipollution	M. Delanette	E.T.A.I. 1997
2.	Technique des gaz d'échappement des moteurs à essence	Cahier technique BOSCH	BOSCH 1985
3.	Système mécanique d'injection d'essence à régulation Lambda K-Jetronic	Cahier technique BOSCH	BOSCH 1985
4.	Panorama de la technique d'injection diesel	Cahier technique BOSCH	BOSCH 1990
5.	Analyse et contrôle des gaz d'échappement	Cahier technique BOSCH	BOSCH 1990
6.	Tronic Test G750/A	Notice technique	DIP DIVISION 1999
7.	Tronic Test Opacimètre SHADI X2000	Manuel d'instructions	DIP DIVISION 1999
8.	Injection essence, gestion moteur Citroën – Peugeot - Renault	Manuel d'entretien et de diagnostic Tome 1	E.T.A.I. 1998
9.	Diesel Révision du matériel d'injection	B. Vieux R. Armao	FOUCHER 1993