

15 décembre 1995

ACCORD

CONCERNANT L'ADOPTION DE CONDITIONS UNIFORMES D'HOMOLOGATION ET LA RECONNAISSANCE RÉCIPROQUE DE L'HOMOLOGATION DES ÉQUIPEMENTS ET PIÈCES DE VÉHICULES À MOTEUR */

en date, à Genève, du 20 mars 1958

Additif 95: Règlement No. 96

Date d'entrée en vigueur : 15 décembre 1995

Comprenant:

Rectificatif 1 au Règlement faisant l'objet de la notification dépositaire C.N.355.1995.TREATIES-74 du 13 novembre 1995

**PRESCRIPTIONS UNIFORMES RELATIVES À L'HOMOLOGATION DES MOTEURS À ALLUMAGE PAR
COMPRESSION DESTINÉS AUX TRACTEURS AGRICOLES ET FORESTIERS EN CE QUI CONCERNE
LES ÉMISSIONS DE POLLUANTS PROVENANT DU MOTEUR**



NATIONS UNIES

*/ **Note:** Nouveau titre de l'Accord :

Accord concernant l'Adoption de prescriptions techniques uniformes applicables aux véhicules à roues, aux équipements et aux pièces susceptibles d'être montés ou utilisés sur un véhicule à roues et les conditions de reconnaissance réciproque des homologations délivrées conformément à ces prescriptions.

GE.95-25243

Règlement No 96

PRESCRIPTIONS UNIFORMES RELATIVES À L'HOMOLOGATION DES MOTEURS À ALLUMAGE PAR
COMPRESSION DESTINÉS AUX TRACTEURS AGRICOLES ET FORESTIERS EN CE QUI CONCERNE
LES ÉMISSIONS DE POLLUANTS PROVENANT DU MOTEUR

Table des matières

	<u>Page</u>
REGLEMENT	
1. Domaine d'application	5
2. Définitions et abréviations	5
3. Demande d'homologation	10
4. Homologation	10
5. Prescriptions et essais	12
6. Installation sur le véhicule	13
7. Conformité de la production	14
8. Sanctions pour non-conformité de la production	16
9. Modification et extension de l'homologation du type de moteur	16
10. Arrêt définitif de la production	16
11. Noms et adresses des services techniques chargés des essais d'homologation et des services administratifs	17

ANNEXES

Annexe 1A - Caractéristiques essentielles du moteur et renseignements sur la
conduite des essais

Annexe 1B - Caractéristiques essentielles de la famille de moteurs

Annexe 1B - Appendice - Caractéristiques essentielles des types
de moteurs d'une même famille

Annexe 2 - Communication concernant l'homologation ou l'extension, ou le
refus, ou le retrait d'une homologation, ou l'arrêt définitif de
la production pour un type de moteur à allumage par compression
ou une famille de types de moteur à allumage par compression
constituant des unités techniques séparées en ce qui concerne les
émissions de polluants, en application du Règlement No 96

Annexe 3 - Exemples de marques d'homologation

Annexe 4 - Procédure d'essai

Annexe 4 - Appendice 1 - Méthodes de mesure et d'échantillonnage

Annexe 4 - Appendice 2 - Etalonnage des instruments d'analyse

Annexe 4 - Appendice 3 - Evaluation et calculs de données

Annexe 4 - Appendice 4 - Système d'analyse et d'échantillonnage

Annexe 5 - Caractéristiques techniques du carburant de référence prescrits pour les essais d'homologation et le contrôle de la conformité de la production; Carburant de référence pour tracteur agricole et forestier

1. DOMAINE D'APPLICATION

Le présent Règlement s'applique aux émissions de polluants gazeux et particulaires provenant des moteurs à allumage par compression utilisés sur des véhicules de la catégorie T 1/, d'une puissance nette supérieure à 37 kW, à condition qu'ils n'aient pas été homologués conformément aux dispositions du Règlement No 49, tel que modifié.

2. DEFINITIONS ET ABREVIATIONS

Au sens du présent Règlement, on entend par :

- 2.1. "homologation d'un moteur", l'homologation d'un type ou d'une famille de moteurs quant au niveau des émissions de polluants gazeux et particulaires du moteur;
- 2.2. "moteur à allumage par compression", un moteur qui fonctionne selon le principe de l'allumage par compression (par exemple un moteur diesel);
- 2.3. "type de moteur", une catégorie de moteurs ne présentant pas entre eux de différences en ce qui concerne les caractéristiques essentielles définies aux paragraphes 1 à 4 de l'annexe 1A du présent Règlement;
- 2.4. "famille de moteurs", un groupe de moteurs d'un constructeur qui, de par leur conception, sont censés posséder des caractéristiques communes en ce qui concerne les émissions de gaz d'échappement et satisfaire aux prescriptions du paragraphe 7 du présent Règlement;
- 2.5. "moteur type", un moteur choisi dans une famille de moteurs parce qu'il satisfait aux prescriptions énoncées à l'annexe 1B du présent Règlement;
- 2.6. "polluants gazeux", monoxyde de carbone, hydrocarbures (exprimés en équivalent $C_1H_{1,85}$) et oxydes d'azote, ces derniers étant exprimés en équivalent dioxyde d'azote (NO_2);
- 2.7. "polluants particulaires", toute substance recueillie sur une matière filtrante déterminée, après dilution, avec de l'air filtré propre, des gaz d'échappement du moteur à allumage par compression, de sorte que la température ne dépasse pas 325 K (52 °C);
- 2.8. "puissance nette", la puissance en "kW CEE" recueillie au banc d'essai, en bout de vilebrequin ou de l'organe équivalent, mesurée conformément à la méthode de mesure de la Commission économique pour l'Europe de la puissance des moteurs à combustion interne

1/ Selon la description de la Résolution d'ensemble sur la construction des véhicules (R.E.3.) (TRANS/SC.1/WP.29/78/Amend.3).

utilisés sur les véhicules routiers 2/, sauf qu'il n'est pas tenu compte de la puissance du ventilateur de refroidissement du moteur et qu'il ait satisfait aux prescriptions énoncées dans le présent Règlement en ce qui concerne les conditions d'essai et le carburant de référence;

- 2.9. "régime nominal", le régime maximal à pleine charge permise par le régulateur et spécifiée par le constructeur;
- 2.10. "taux de charge", la proportion du couple maximal disponible utilisé à un régime donné du moteur;
- 2.11. "régime de couple maximal", le régime du moteur auquel on obtient le couple maximal, tel que spécifié par le constructeur;
- 2.12. "régime intermédiaire", le régime du moteur répondant à l'une des conditions suivantes :

Pour les moteurs conçus pour fonctionner dans une plage de régimes sur une courbe de couple à pleine charge, le régime intermédiaire doit être le régime de couple maximal déclaré, s'il est compris entre 60 % et 75 % du régime nominal;

Si le régime de couple maximal déclaré est inférieur à 60 % du régime nominal, le régime intermédiaire doit être égal à 60 % du régime nominal;

Si le régime de couple maximal déclaré est supérieur à 75 % du régime nominal, le régime intermédiaire doit être égal à 75 % du régime nominal.

2.13. Symboles et abréviations

2.13.1. Symboles des paramètres d'essai

<u>Symbole</u>	<u>Unité</u>	<u>Terme</u>
A_p	m ²	Section transversale de la sonde de prélèvement isocinétique.
A_T	m ²	Section transversale du tuyau d'échappement
aver		Valeurs moyennes pondérées pour :
	m ³ /h	le débit volumique;
	kg/h	le débit massique;
	g/kWh	une émission spécifique.
α	-	Rapport hydrogène/carbone du carburant

2/ Selon les dispositions du Règlement No 85 de la CEE.

C1	-	Hydrocarbure exprimé en équivalent carbone 1.
conc	ppm Vol %	Concentration (avec le suffixe de l'élément qui est à l'origine de la dénomination).
conc _c	ppm Vol %	Concentration naturelle corrigée.
conc _d	ppm Vol %	Concentration de l'air de dilution.
DF	-	Facteur de dilution.
f _a	-	Facteur atmosphérique de laboratoire.
F _{FH}	-	Facteur spécifique au carburant utilisé pour les calculs de concentrations en milieu humide, à partir des concentrations en milieu sec (rapport hydrogène/carbone).
G _{AIRW}	kg/h	Débit massique d'air d'admission (conditions humides).
G _{AIRD}	kg/h	Débit massique d'air d'admission (conditions sèches).
G _{DILLW}	kg/h	Débit massique d'air de dilution (conditions humides).
G _{EDFW}	kg/h	Equivalent du débit massique de gaz d'échappement dilués (conditions humides).
G _{EXHW}	kg/h	Débit massique de gaz d'échappement (conditions humides).
G _{FUEL}	kg/h	Débit massique de carburant.
G _{TOTW}	kg/h	Débit massique de gaz d'échappement dilués (conditions humides).
H _{REF}	g/kg	Valeur de référence de l'humidité absolue égale à 10,71 g/kg pour le calcul des facteurs de correction d'humidité pour les NO _x et les particules.
H _a	g/kg	Humidité absolue de l'air d'admission.
H _d	g/kg	Humidité absolue de l'air de dilution.
i	-	Indice désignant un des modes de l'essai.
K _H	-	Facteur de correction d'humidité pour les NO _x .
K _P	-	Facteur de correction d'humidité pour les particules.
K _{w,a}	-	Facteur de correction pour l'air d'admission (passage d'un milieu sec à un milieu humide).
K _{w,d}	-	Facteur de correction pour l'air de dilution (passage d'un milieu sec à un milieu humide).
K _{w,e}	-	Facteur de correction pour les gaz d'échappement dilués (passage d'un milieu sec à un milieu humide).

$K_{w,r}$	-	Facteur de correction pour les gaz d'échappement bruts (passage d'un milieu sec à un milieu humide).
L	%	Proportion du couple maximal pour la vitesse d'essai.
mass	g/h	Indice désignant le débit massique des émissions.
M_{DIL}	kg	Masse de l'échantillon d'air de dilution passé à travers les filtres à particules.
M_{SAM}	kg	Masse de l'échantillon de gaz d'échappement dilués passé à travers les filtres à particules.
M_d	mg	Masse de l'échantillon de particules de l'air de dilution recueilli.
M_f	mg	Masse de l'échantillon de particules recueilli.
p_a	kPa	Pression de vapeur à saturation de l'air admis dans le moteur (ISO 3046 p_{sy} = essai PSY, pression ambiante).
p_B	kPa	Pression barométrique totale (ISO 3046 : P_x = site PX, pression totale ambiante; P_y = essai PY, pression totale ambiante).
p_d	kPa	Pression de vapeur à saturation de l'air de dilution.
p_s	kPa	Pression atmosphérique (conditions sèches).
P	kW	Puissance au frein, non corrigée.
P_{AE}	kW	Puissance totale déclarée absorbée par les accessoires prévus pour l'essai qui ne sont pas requis par les dispositions du paragraphe 2.7. du présent Règlement.
P_M	kW	Puissance maximale mesurée au régime d'essai dans les conditions d'essai (voir annexe 1A).
P_m	kW	Puissance mesurée aux différents modes d'essai.
q	-	Coefficient de dilution.
r	-	Rapport entre les sections transversales de la sonde isocinétique et du tuyau d'échappement.
R_a	%	Humidité relative de l'air d'admission.
R_d	%	Humidité relative de l'air de dilution.
R_f	-	Facteur de réaction du FID.
S	kW	Réglage du dynamomètre.
T_a	K	Température absolue de l'air d'admission.
T_{Dd}	K	Température absolue au point de rosée.
T_{sc}	K	Température de l'air d'admission après le refroidissement intermédiaire.

T_{ref}	K	Température de référence (de l'air de combustion à 298K (25 °C)).
T_{SRef}	K	Température de référence de l'air d'admission après le refroidissement intermédiaire.
V_{AIRD}	m ³ /h	Débit volumique d'air d'admission (conditions sèches).
V_{AIRW}	m ³ /h	Débit volumique d'air d'admission (conditions humides).
V_{DIL}	m ³	Volume de l'échantillon d'air de dilution passé à travers les filtres à particules.
V_{DILW}	m ³ /h	Débit volumique d'air de dilution (conditions humides).
V_{EDFW}	m ³ /h	Equivalent du débit volumique de gaz d'échappement dilués (conditions humides).
V_{EXHD}	m ³ /h	Débit volumique de gaz d'échappement (conditions sèches).
V_{EXHW}	m ³ /h	Débit volumique de gaz d'échappement (conditions humides).
V_{SAM}	m ³	Volume de l'échantillon passé à travers les filtres à particules.
V_{TOTW}	m ³ /h	Débit volumique de gaz d'échappement dilués (conditions humides).
WF	-	Facteur de pondération.
WF_E	-	Facteur de pondération effectif.

2.13.2. Symboles des composés chimiques

CO	Monoxyde de carbone
CO ₂	Dioxyde de carbone
HC	Hydrocarbures
NO _x	Oxydes d'azote
NO	Oxyde nitrique
NO ₂	Dioxyde d'azote
O ₂	Oxygène
C ₂ H ₆	Ethane
PT	Particules
DOP	Diphthalate octylique
CH ₄	Méthane
C ₃ H ₈	Propane
H ₂ O	Eau

2.13.3. Abréviations

FID Détecteur à ionisation de flamme
HFID Détecteur chauffé à ionisation de flamme
NDIR Analyseur non dispersif à absorption dans l'infrarouge
CLD Détecteur à chimiluminescence
HCLD Détecteur à chimiluminescence, chauffé
PDP Pompe à déplacement positif
CFV Tube Venturi à débit critique

3. DEMANDE D'HOMOLOGATION

3.1. Demande d'homologation d'un moteur en tant qu'entité technique séparée

3.1.1. La demande d'homologation pour un moteur ou une famille de moteurs du point de vue du niveau des émissions de polluants gazeux et particulaires est présentée par le constructeur du moteur ou par un représentant dûment accrédité.

3.1.2. Elle doit être accompagnée des pièces mentionnées ci-après, en triple exemplaire, et donner les précisions suivantes :

Description du type de moteur avec les détails mentionnés à l'annexe 1A du présent Règlement et, le cas échéant, celle de la famille de moteurs avec les détails mentionnés à l'annexe 1B du présent Règlement.

3.1.3. Un moteur possédant les caractéristiques du type de moteur décrit à l'annexe 1A doit être présenté au service technique chargé des essais d'homologation décrits au paragraphe 5. Si le service technique décide que le moteur n'est pas tout à fait représentatif de la famille de moteurs décrite à l'annexe 1B, un moteur de remplacement et, si nécessaire, un moteur supplémentaire doivent être présentés pour procéder aux essais conformément au paragraphe 5.

3.2. Dispositions relatives au contrôle de la conformité de production

3.2.1. L'autorité compétente doit vérifier l'existence de dispositions satisfaisantes pour assurer un contrôle efficace de la qualité de la conformité de production avant que l'homologation du type ne soit accordée.

4. HOMOLOGATION

4.1. Si le moteur présenté à l'homologation en application du paragraphe 3.1. du présent Règlement satisfait aux prescriptions du paragraphe 5.2. ci-après, l'homologation pour ce type ou cette famille de moteurs est accordée.

4.2. A chaque type ou famille de moteurs homologué est attribué un numéro d'homologation dont les deux premiers chiffres indiquent

la série d'amendements englobant les modifications techniques majeures les plus récentes apportées au Règlement à la date de délivrance de l'homologation. Une même Partie contractante ne peut attribuer ce numéro à un autre type ou une autre famille de moteurs.

- 4.3. L'homologation ou l'extension ou le refus de l'homologation d'un type ou d'une famille de moteurs, en application du présent Règlement, est communiquée aux Parties à l'Accord de 1958 appliquant le présent Règlement, au moyen d'une fiche conforme au modèle visé à l'annexe 2, le cas échéant, du présent Règlement. Les valeurs obtenues au cours de l'essai du type seront également indiquées.
- 4.4. Sur tout moteur conforme à un type ou à une famille de moteurs homologués en application du présent Règlement, il est apposé de manière bien visible et en un endroit facilement accessible une marque internationale d'homologation composée :
- 4.4.1. d'un cercle à l'intérieur duquel est placée la lettre "E", suivi du numéro distinctif du pays qui a accordé l'homologation 3/;
- 4.4.2. du numéro du présent Règlement, suivi de la lettre "R", d'un tiret et du numéro d'homologation, placé à droite du cercle prescrit au paragraphe 4.4.1.
- 4.5. Si le moteur est conforme à un type ou à une famille homologués en application d'un ou de plusieurs autres Règlements annexés à l'Accord, dans le pays qui a accordé l'homologation en application du présent Règlement, il n'est pas nécessaire de répéter le symbole prescrit; en pareil cas, les numéros de règlement et d'homologation et les symboles additionnels de tous les Règlements pour lesquels l'homologation a été accordée en application du présent Règlement sont inscrits l'un au-dessous de l'autre, à droite du symbole prescrit au paragraphe 4.4.2.

3/ 1 pour l'Allemagne, 2 pour la France, 3 pour l'Italie, 4 pour les Pays-Bas, 5 pour la Suède, 6 pour la Belgique, 7 pour la Hongrie, 8 pour la République tchèque, 9 pour l'Espagne, 10 pour la Yougoslavie, 11 pour le Royaume-Uni, 12 pour l'Autriche, 13 pour le Luxembourg, 14 pour la Suisse, 15 (libre), 16 pour la Norvège, 17 pour la Finlande, 18 pour le Danemark, 19 pour la Roumanie, 20 pour la Pologne, 21 pour le Portugal, 22 pour la Fédération de Russie, 23 pour la Grèce, 24 (libres), 25 pour la Croatie, 26 pour la Slovénie, 27 pour la Slovaquie, 28 pour le Bélarus et 29 pour l'Estonie. Les chiffres suivants seront attribués aux autres pays selon l'ordre chronologique de leur ratification de l'Accord concernant l'adoption de conditions uniformes d'homologation et la reconnaissance réciproque de l'homologation des équipements et pièces de véhicules à moteur ou de leur adhésion à cet Accord, et les chiffres ainsi attribués seront communiqués par le Secrétaire général de l'Organisation des Nations Unies aux Parties contractantes à l'Accord.

- 4.6. La marque d'homologation est placée à côté de la plaque ou sur la plaque apposée par le constructeur sur le type de moteur homologué.
- 4.7. L'annexe 3 du présent Règlement donne des exemples de marques d'homologation.
- 4.8. Le moteur homologué en tant qu'unité technique doit porter, en plus de la marque d'homologation :
- 4.8.1. la marque de fabrique ou l'appellation commerciale du constructeur du moteur;
- 4.8.2. le numéro de code du moteur attribué par le constructeur.
- 4.9. Ces marques doivent être parfaitement lisibles et indélébiles.

5. PRESCRIPTIONS ET ESSAIS

5.1. Généralités

Les éléments susceptibles d'influer sur l'émission des polluants gazeux et particulaires doivent être conçus, construits et montés de telle façon que le moteur continue, en utilisation normale, de satisfaire aux prescriptions du présent Règlement malgré les vibrations auxquelles il peut être soumis.

5.2. Prescriptions concernant les émissions de polluants

Les émissions de polluants gazeux et particulaires provenant du moteur soumis aux essais doivent être mesurées par la méthode décrite à l'appendice 4 de l'annexe 4.

D'autres systèmes ou analyseurs peuvent être agréés s'ils donnent des résultats équivalents à ceux qui sont obtenus avec les systèmes de référence suivants :

pour les émissions de gaz d'échappement bruts, le système illustré par la figure 2 de l'appendice 4 de l'annexe 4;

pour les émissions de gaz d'échappement dilués d'un système de dilution en circuit principal, le système illustré par la figure 3 de l'appendice 4 de l'annexe 4;

pour les émissions de particules, le système de dilution en circuit principal, équipé d'un filtre distinct pour chaque mode, illustré par la figure 13 de l'appendice 4 de l'annexe 4.

L'établissement de l'équivalence des systèmes doit être fondé sur une étude de corrélation comprenant un cycle de sept essais (ou plus) et portant sur le système à l'examen et un ou plusieurs des systèmes de référence ci-dessus.

Il y a équivalence lorsque les moyennes des valeurs pondérées des émissions libérées pendant le cycle d'essais se situent dans une marge de $\pm 5\%$ par rapport aux résultats obtenus avec les systèmes de référence. Le cycle à utiliser est celui du paragraphe 3.6.1. de l'annexe 4.

Pour pouvoir inclure un nouveau système dans le Règlement, l'équivalence sera celle définie d'après le calcul de la répétabilité et de la reproductibilité d'une méthode d'essai normalisée, décrite dans la norme ISO 5725.

- 5.2.1. Les émissions de monoxyde de carbone, d'hydrocarbures et d'oxydes d'azote, ainsi que les émissions de particules, ne doivent pas dépasser les quantités suivantes :

Puissance nette (P) (kW)	Monoxyde de carbone (CO) (g/kWh)	Hydrocarbures (HC) (g/kWh)	Oxydes d'azote (NOx) (g/kWh)	Particules (PT) (g/kWh)
$P \geq 130$	5	1,3	9,2	0,54
$75 \leq P \leq 130$	5	1,3	9,2	0,70
$37 \leq P \leq 75$	6,5	1,3	9,2	0,85

- 5.2.2. Les limites applicables aux émissions indiquées au paragraphe 5.2.1. sont des limites à la sortie du moteur, et elles ne doivent pas être dépassées, avant tout dispositif de post-traitement des gaz d'échappement.

6. INSTALLATION SUR LE VEHICULE

- 6.1. L'installation du moteur sur le véhicule devra être conforme aux caractéristiques suivantes en ce qui concerne l'homologation du type de moteur :

- 6.1.1. la dépression à l'admission ne doit pas dépasser celle spécifiée pour le type de moteur homologué décrit à l'appendice 1 de l'annexe 1;
- 6.1.2. la contrepression dans le système d'échappement ne doit pas dépasser celle spécifiée pour le type de moteur homologué décrit à l'appendice 1 de l'annexe 1.

7. CONFORMITE DE LA PRODUCTION

- 7.1. Tout moteur portant une marque d'homologation en application du présent Règlement doit être construit conformément au type de moteur homologué décrit dans la fiche d'homologation et ses annexes.
- 7.2. Pour vérifier que les conditions stipulées au paragraphe 5.2. sont respectées, on procédera à des contrôles appropriés de la production.
- 7.3. Le titulaire de l'homologation est notamment tenu :
 - 7.3.1. de veiller à l'existence de procédures de contrôle efficace de la qualité des produits;
 - 7.3.2. d'avoir accès à l'équipement nécessaire au contrôle de la conformité à chaque type homologué;
 - 7.3.3. de veiller à ce que les données concernant les résultats d'essai soient enregistrées et à ce que les documents annexés soient disponibles pendant une période à déterminer avec le service administratif;
 - 7.3.4. d'analyser les résultats de chaque type d'essai afin de contrôler et d'assurer la constance des caractéristiques du moteur, compte tenu des variations admissibles en fabrication industrielle;
 - 7.3.5. de s'assurer que tout prélèvement d'échantillons de moteurs ou de composants mettant en évidence une non-conformité pour le type d'essai considéré soit suivi d'un nouveau prélèvement et d'un nouvel essai. Toutes les dispositions nécessaires doivent être prises pour rétablir la conformité de la production correspondante.
- 7.4. Les autorités compétentes qui ont délivré l'homologation du type peuvent vérifier à tout moment les méthodes de contrôle de la conformité applicables à chaque unité de production :
 - 7.4.1. lors de chaque inspection, les registres d'essai et de suivi de la production doivent être remis à l'inspecteur;
 - 7.4.2. lorsque le niveau de qualité paraît insuffisant ou qu'il semble nécessaire de vérifier la validité des données présentées en application du paragraphe 5.2., on adopte la procédure suivante :
 - 7.4.2.1. un moteur est choisi dans la série et soumis à l'essai décrit à l'annexe 4. Les émissions de monoxyde de carbone, d'hydrocarbures et d'oxydes d'azote ainsi obtenues, de même que les émissions de particules, ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées dans le tableau du paragraphe 5.2.1., sous réserve des prescriptions du paragraphe 5.2.2.

7.4.2.2. Si le moteur choisi dans la série n'est pas conforme aux prescriptions du point 7.4.2.1., le constructeur peut demander que des mesures soient effectuées sur un échantillon de plusieurs moteurs possédant les mêmes caractéristiques, prélevés dans la série et comprenant le moteur choisi initialement. Le constructeur fixe la dimension n de l'échantillon en accord avec le service technique. Les moteurs autres que le premier moteur choisi sont soumis à un essai. On calcule ensuite pour chaque polluant la moyenne arithmétique (\bar{x}) des résultats obtenus avec l'échantillon. La production de la série est jugée conforme si la condition suivante est satisfaite :

$$\bar{x} + kS \leq l \quad 4/$$

où :

l est la valeur limite fixée au paragraphe 5.2.1. pour chaque polluant considéré;

k est un facteur statistique dépendant de n et donné par le tableau suivant :

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
k	0,973	0,613	0,489	0,421	0,376	0,342	0,317	0,296	0,279
n	11	12	13	14	15	16	17	18	19
k	0,265	0,253	0,242	0,233	0,224	0,216	0,210	0,203	0,198

$$\text{si } n \geq 20 \quad k = \frac{0,860}{\sqrt{n}}$$

7.4.3. Le service technique chargé du contrôle de la conformité de la production effectuera des essais sur des moteurs partiellement ou complètement rodés, selon les indications du constructeur.

7.4.4. La fréquence normale des inspections approuvées par l'autorité compétente sera d'une inspection par an. Si les prescriptions du paragraphe 7.4.2.1. ne sont pas satisfaites, l'autorité compétente doit veiller à ce que toutes les mesures nécessaires soient prises pour rétablir la conformité de la production aussi rapidement que possible.

4/
$$S^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}$$
 où x est l'un quelconque des résultats obtenus avec l'échantillon n.

8. SANCTIONS POUR NON-CONFORMITE DE LA PRODUCTION

8.1. L'homologation délivrée pour un type ou famille de moteurs conformément au présent Règlement peut être retirée si les prescriptions du paragraphe 7.4. ne sont pas satisfaites ou si le ou les moteurs choisis n'ont pas subi avec succès les vérifications prévues au paragraphe 7.4.2.1.

8.2. Si une Partie contractante à l'Accord appliquant le présent Règlement retire une homologation qu'elle a précédemment accordée, elle doit en informer aussitôt les autres Parties contractantes appliquant le présent Règlement au moyen d'une fiche de communication conforme au modèle de l'annexe 2 du présent Règlement.

9. MODIFICATION ET EXTENSION DE L'HOMOLOGATION DU TYPE DE MOTEUR

9.1. Toute modification d'un type ou d'une famille de moteurs homologués est portée à la connaissance du service administratif qui a accordé l'homologation. Ce service peut alors :

9.1.1. soit considérer que les modifications apportées ne risquent pas d'avoir des conséquences fâcheuses notables et qu'en tout cas le type modifié satisfait encore aux prescriptions,

9.1.2. soit exiger un nouveau procès-verbal du service technique chargé des essais.

9.2. La confirmation ou le refus de l'homologation, avec indication des modifications, doit être notifié aux Parties à l'Accord appliquant le présent Règlement, selon la procédure indiquée.

9.3. L'autorité compétente ayant délivré l'extension d'homologation attribue un numéro de série à ladite extension et en informe les autres Parties à l'Accord de 1958 appliquant le présent Règlement au moyen d'une fiche de communication conforme au modèle de l'annexe 2 du présent Règlement.

10. ARRET DEFINITIF DE LA PRODUCTION

Si le titulaire d'une homologation arrête définitivement la production du type ou de la famille de moteurs homologués conformément au présent Règlement, il doit en informer l'autorité qui a délivré l'homologation, laquelle, à son tour, le notifiera aux autres Parties à l'Accord appliquant le présent Règlement au moyen d'une fiche de communication conforme au modèle de l'annexe 2 du présent Règlement.

11. NOMS ET ADRESSES DES SERVICES TECHNIQUES CHARGES DES ESSAIS
D'HOMOLOGATION ET DES SERVICES ADMINISTRATIFS

Les Parties à l'Accord de 1958 appliquant le présent Règlement doivent communiquer au Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies les noms et adresses des services techniques chargés des essais d'homologation et ceux des services administratifs qui délivrent l'homologation et auxquels doivent être envoyées les fiches d'homologation ou d'extension ou de refus d'homologation émises dans d'autres pays.

Annexe 1A

CARACTERISTIQUES ESSENTIELLES DU MOTEUR ET RENSEIGNEMENTS
SUR LA CONDUITE DES ESSAIS

1. Description du moteur
- 1.1. Constructeur :
- 1.2. Le numéro de code du moteur attribué par le constructeur :
- 1.3. Cycle : quatre temps/deux temps 1/
- 1.4. Alésage: mm
- 1.5. Course : mm
- 1.6. Nombre et disposition des cylindres :
- 1.7. Cylindrée : cm³
- 1.8. Régime nominal :
- 1.9. Régime de couple maximal :
- 1.10. Rapport volumétrique de compression 2/ :
- 1.11. Système de combustion :
- 1.12. Dessin(s) de la chambre de combustion et de la face supérieure du piston :
- 1.13. Section minimale des conduits d'admission et d'échappement
- 1.14. Système de refroidissement
- 1.14.1. Liquide
- 1.14.1.1. Nature du liquide
- 1.14.1.2. Pompe(s) de circulation : avec/sans 1/
- 1.14.1.3. Caractéristiques ou marque(s) et type(s) (le cas échéant) :
.....
- 1.14.1.4. Rapport(s) d'entraînement (le cas échéant) :
- 1.14.2. Air
- 1.14.2.1. Soufflante : avec/sans 1/

- 1.14.2.2. Caractéristiques ou marque(s) et type(s) (le cas échéant) :
- 1.14.2.3. Rapport(s) d'entraînement (le cas échéant) :
- 1.15. Température admise par le constructeur :
- 1.15.1. Refroidissement par liquide : température maximale à la sortie K
- 1.15.2. Refroidissement par air : point de référence
Température maximale au point de référence : K
- 1.15.3. Température maximale de l'air d'alimentation à la sortie de l'échangeur intermédiaire (le cas échéant) : K
- 1.15.4. Température maximale des gaz d'échappement au niveau du (des) tuyau(x) d'échappement adjacent(s) à la (les) bride(s) de sortie du (des) collecteur(s) : K
- 1.15.5. Température du carburant : min K max K
- 1.15.6. Température du lubrifiant : min K max K
- 1.16. Suralimentation : avec/sans 1/ :
- 1.16.1. Marque :
- 1.16.2. Type :
- 1.16.3. Description du système (par exemple, pression maximale, soupape de décharge, le cas échéant) :
- 1.16.4. Echangeur intermédiaire : avec/sans 1/ :
- 1.17. Système d'admission : dépression maximale admissible à l'entrée, au régime nominal du moteur et à pleine charge : kPa
- 1.18. Système d'échappement : contre-pression maximale admissible au régime nominal du moteur et à pleine charge : kPa
- 2. Dispositifs antipollution additionnels (s'ils existent et s'ils ne font pas l'objet d'une autre rubrique) - Description et/ou schéma(s) :

3. Alimentation en carburant

3.1. Pompe d'alimentation

Pression 2/ ou schéma : kPa

3.2. Système d'injection

3.2.1. Pompe

3.2.1.1. Marque(s) :

3.2.1.2. Type(s) :

3.2.1.3. Débit : mm³ 2/ par injection ou par cycle pour un régime de la pompe de tr/min à plein régime, ou schéma.

Indiquer la méthode utilisée : sur moteur/sur banc 1/

3.2.1.4. Avance à l'injection

3.2.1.4.1. Courbe d'avance à l'injection 2/ :

3.2.1.4.2. Calage 2/ :

3.2.2. Tuyauterie d'injection

3.2.2.1. Longueur : mm

3.2.2.2. Diamètre intérieur : mm

3.3. Système d'injection

3.3.1. Injecteur(s) :

3.3.1.1. Marque(s) :

3.3.1.2. Type(s) :

3.3.1.3. Pression d'ouverture 2/ ou schéma : kPa

3.3.2. Régulateur

3.3.2.1. Marque(s) :

3.3.2.2. Type(s) :

3.3.2.3. Régime de début de coupure à pleine charge 2/ : tr/min

3.3.2.4. Régime maximal à vide 2/ : tr/min

- 3.3.2.5. Régime de ralenti 2/ : tr/min
- 3.4. Systeme de démarrage à froid
- 3.4.1. Marque(s) :
- 3.4.2. Type(s) :
- 3.4.3. Description :
- 4. Caractéristiques de distribution
- 4.1. Levées maximales des soupapes et angles d'ouverture et de fermeture rapportés au point mort haut, ou caractéristiques équivalentes :
.....
- 4.2. Référence et/ou gamme de réglage 1/
- 5. Renseignements complémentaires sur les conditions d'essai
- 5.1. Carburant de référence utilisé pour l'essai
- 5.1.1. Indice de cétane :
- 5.1.2. Teneur en soufre :
- 5.2. Lubrifiant
- 5.2.1. Lubrifiant utilisé :
- 5.2.2. Marque(s) :
- 5.2.3. Type(s) :

(indiquer le pourcentage d'huile dans le mélange si lubrifiant et carburant sont mélangés)
- 5.3. Equipement entraîné par le moteur (le cas échéant)
- 5.3.1. Enumération et caractères distinctifs :

5.3.2. Puissance absorbée aux différents régimes (selon les indications du constructeur) :

Equipement	Puissance absorbée (kW) aux différents régimes 3/	
	Intermédiaire	Nominal
Total :		

5.4. Réglages du dynamomètre

L'admission et la contrepression des gaz d'échappement doivent être réglées aux valeurs maximales fixées par le constructeur, conformément aux paragraphes 2.3. et 2.4. de l'annexe 4.

Les valeurs du couple maximal aux régimes d'essai indiqués doivent être déterminées par voie d'expérimentation afin de calculer les valeurs du couple pour les modes d'essai spécifiés. Pour les moteurs qui n'ont pas été conçus pour fonctionner dans une plage de régimes sur une courbe de couple à pleine charge, le couple maximal aux régimes d'essai doit être déclaré par le constructeur.

Pour chaque mode d'essai, il doit être procédé au réglage du moteur en utilisant la formule suivante :

$$S = \left((P_M + P_{AE}) \times \frac{L}{100} \right) - P_{AE}$$

Si le rapport $\frac{P_{AE}}{P_M} \geq 0,03$,

la valeur de la P_{AE} peut être vérifiée par l'autorité technique accordant l'homologation du type.

5.5. Calibrage du dynamomètre (kW)

Taux de charge (%)	Calibrage du dynamomètre (kW) aux différents régimes	
	Intermédiaire	Nominal
10	XXXXXXX	
50		
75		
100		

6. Performances du moteur

6.1. Régimes :

Régime de ralenti : min⁻¹
Intermédiaire : min⁻¹
Nominal : min⁻¹

6.2. Puissance du moteur 4/

Conditions d'essai	Réglage de la puissance (kW) aux différents régimes	
	Intermédiaire	Nominal
Puissance maximale mesurée pendant l'essai (P _M) (kW) (a)		
Puissance totale absorbée par l'équipement entraîné par le moteur, conformément au paragraphe 5.3. de la présente annexe (P _{AE}) (kW) (b)		
Puissance nette du moteur telle qu'indiquée au paragraphe 2.8. du présent Règlement (kW) (c)		

c = a + b

- 1/ Biffer la mention inutile.
- 2/ Spécifier la tolérance.
- 3/ Ne doit pas être supérieure à 10 % de la puissance mesurée pendant l'essai.
- 4/ Puissance non corrigée mesurée conformément aux dispositions du paragraphe 2.8. du présent Règlement.

Annexe 1B

CARACTERISTIQUES ESSENTIELLES DE LA FAMILLE DE MOTEURS

1. PARAMETRES DEFINISSANT LA FAMILLE DE MOTEURS

La famille de moteurs peut être définie par des paramètres de base qui doivent être communs à tous les moteurs de la famille et se rapportent à leur conception. Dans certains cas, les paramètres peuvent être interdépendants. Il faut aussi en tenir compte pour faire en sorte que seuls les moteurs possédant des caractéristiques d'émission similaires soient inclus dans une même famille.

Des moteurs ne peuvent être considérés comme appartenant à une même famille que si les paramètres de base ci-après leur sont communs :

1.1. Cycle de combustion :

deux temps
quatre temps

1.2. Agent de refroidissement :

air
eau
huile

1.3. Course de chaque cylindre :

Les moteurs doivent être compris dans une fourchette de 15 %.

1.4. Méthode d'aspiration de l'air :

moteur atmosphérique
moteur suralimenté
moteur suralimenté avec refroidissement de l'air
de suralimentation

1.5. Type de chambre de combustion :

chambre de précombustion
chambre de turbulence
chambre à circuit ouvert

1.6. Configuration des soupapes, des chapelles/lumières et des culasses

1.7. Système d'alimentation en carburant :

pompe rotative
pompe en ligne
élément unique
injecteur pompe

1.8. Systèmes de gestion des moteurs :

alimentation
admission d'air
recirculation des gaz d'échappement
injection d'eau
injection d'air

Traitement des gaz d'échappement :

catalyseur d'oxydation
catalyseur de réduction
réacteur thermique
filtre à particules

2. CHOIX DU MOTEUR TYPE

2.1. Le moteur type de la famille doit être choisi en utilisant comme premier critère la plus forte alimentation par temps moteur au régime de couple maximal déclaré. Dans le cas où l'on ne pourrait pas ainsi départager deux moteurs ou plus, le moteur type doit être choisi en prenant comme critère secondaire la plus forte alimentation par temps moteur au régime nominal. Dans certains cas, l'autorité chargée d'accorder l'homologation peut estimer que la mise à l'essai d'un deuxième moteur est le meilleur moyen de déterminer le cas le plus défavorable vis-à-vis des émissions de gaz d'échappement le plus faible. Ainsi, l'autorité en question peut choisir un moteur supplémentaire pour effectuer des essais en se fondant sur les caractéristiques qui lui font penser qu'il pourrait être, de tous les moteurs de la famille, celui dont le niveau d'émissions des gaz d'échappement est le plus élevé.

2.2. Si les moteurs d'une famille possèdent d'autres caractéristiques variables qui pourraient être considérées comme ayant une incidence sur les émissions de gaz d'échappement, ces caractéristiques devront également être définies et prises en considération lors du choix du moteur type.

3. LISTE DES MOTEURS D'UNE MEME FAMILLE

3.1. Nom de la famille de moteurs :

3.2. Fiche technique des moteurs de cette famille :

Type de moteur	Nombre de cylindres	Régime nominal	Puissance nominale nette (kw)	Régime de couple maximal	Couple maximal	Régime de ralenti
MOTEUR TYPE (POUR PLUS DE PRECISIONS, VOIR L'ANNEXE 1A)						

3.3. Pour chaque type de moteur de la famille, les renseignements requis dans l'appendice de la présente annexe seront également communiqués à l'autorité chargée d'accorder l'homologation.

Appendice

CARACTERISTIQUES ESSENTIELLES DES TYPES DE MOTEURS D'UNE MEME FAMILLE

1. Description du moteur
- 1.1. Constructeur :
- 1.2. Le numéro de code du moteur attribué par le constructeur :
- 1.3. Cycle : quatre temps/deux temps 1/
- 1.4. Alésage : mm
- 1.5. Course : mm
- 1.6. Nombre et disposition des cylindres :
- 1.7. Cylindrée : cm³
- 1.8. Régime nominal :
- 1.9. Régime de couple maximal :
- 1.10. Rapport volumétrique de compression 2/ :
- 1.11. Système de combustion :
- 1.12. Dessin(s) de la chambre de combustion et de la face supérieure du piston
- 1.13. Section minimale des conduites d'admission et d'échappement :
- 1.14. Système de refroidissement
- 1.14.1. Liquide
- 1.14.1.1. Nature du liquide :
- 1.14.1.2. Pompe(s) de circulation : avec/sans 1/
- 1.14.1.3. Caractéristiques ou marque(s) et type(s) (le cas échéant) :
- 1.14.1.4. Rapport(s) d'entraînement (le cas échéant) :
- 1.14.2. Air
- 1.14.2.1. Soufflante : avec/sans 1/

- 1.14.2.2. Caractéristiques ou marque(s) et type(s) (le cas échéant) :
.....
- 1.14.2.3. Rapport(s) d'entraînement (le cas échéant) :
- 1.15. Température admise par le constructeur
- 1.15.1. Refroidissement par liquide : température maximale
à la sortie : K
- 1.15.2. Refroidissement par air : point de référence :
Température maximale au point de référence : K
- 1.15.3. Température maximale de l'air d'alimentation à la sortie de
l'échangeur intermédiaire d'admission (le cas échéant) : K
- 1.15.4. Température maximale des gaz d'échappement au niveau du ou des
tuyaux d'échappement adjacents à la ou les brides de sortie du
ou des collecteurs : K
- 1.15.5. Température du carburant : min. K max. K
- 1.15.6. Température du lubrifiant : min. K max. K
- 1.16. Suralimentation : avec/sans 1/
- 1.16.1. Marque :
- 1.16.2. Type :
- 1.16.3. Description du système (par exemple, pression maximale, soupape
de décharge, le cas échéant) :
- 1.16.4. Echangeur intermédiaire : avec/sans 1/
- 1.17. Système d'admission : dépression maximale admissible
à l'entrée, au régime nominal du moteur et à pleine
charge : kPa
- 1.18. Système d'échappement : contre-pression maximale admissible
au régime nominal du moteur et à pleine charge : kPa
2. Dispositifs antipollution additionnels (s'ils existent et s'ils
ne sont pas couverts par une autre rubrique) - Description
et/ou schéma(s) :
3. Alimentation en carburant
- 3.1. Pompe d'alimentation
Pression 2/ : kPa ou schéma

3.2. Systeme d'injection

3.2.1. Pompe

3.2.1.1. Marque(s) :

3.2.1.2. Type(s) :

3.2.1.3. Débit : mm³ 2/ par injection ou par cycle pour un régime de pompe de : tr/min à plein régime, ou schéma

Indiquer la méthode utilisée : sur moteur/sur banc 1/

3.2.1.4. Avance à l'injection

3.2.1.4.1. Courbe d'avance à l'injection 2/ :

3.2.1.4.2. Calage 2/ :

3.2.2. Tuyauterie d'injection

3.2.2.1. Longueur : mm

3.2.2.2. Diamètre intérieur : mm

3.3. Systeme d'injection

3.3.1. Injecteur(s)

3.3.1.1. Marque(s) :

3.3.1.2. Type(s) :

3.3.1.3. Pression d'ouverture 2/ : kPa ou schéma

3.3.2. Régulateur

3.3.2.1. Marque(s) :

3.3.2.2. Type(s) :

3.3.2.3. Régime de début de coupure à pleine charge 2/ : tr/min

3.3.2.4. Régime maximal à vide 2/ : tr/min

3.3.2.5. Régime de ralenti 2/ : tr/min

3.4. Systeme de démarrage à froid

3.4.1. Marque(s) :

- 3.4.2. Type(s) :
- 3.4.3. Description :
4. Caractéristiques de distribution
- 4.1. Levées maximales des soupapes et angles d'ouverture et de fermeture rapportés au point mort haut, ou caractéristiques équivalentes :
- 4.2. Référence et/ou gamme de réglage 1/

1/ Biffer la mention inutile.

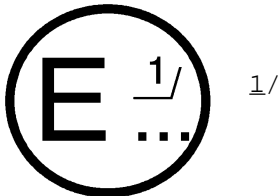
2/ Spécifier la tolérance.

Annexe 2

COMMUNICATION

(Format maximal : A4 (210 x 297 mm))

de : Nom de l'administration
.....
.....
.....



Objet 2/ : DELIVRANCE D'UNE HOMOLOGATION
EXTENSION D'HOMOLOGATION
REFUS D'HOMOLOGATION
RETRAIT D'HOMOLOGATION
ARRET DEFINITIF DE LA PRODUCTION

pour un type de moteur à allumage par compression ou une famille de types de moteur à allumage par compression constituant des unités techniques séparées, en ce qui concerne les émissions de polluants, en application du Règlement No 96

Homologation No

Extension No

1. Marque de fabrique ou de commerce du moteur :
2. Type(s) du moteur :
3. Nom et adresse du constructeur :
4. Le cas échéant, nom et adresse de son représentant :
.....
5. Dépression maximale admissible d'admission : kPa
6. Contrepression maximale admissible : kPa
7. Puissance maximale admissible absorbée par l'équipement entraîné par le moteur : intermédiaire : kW; nominale : kW
8. Restriction d'utilisation du moteur (le cas échéant) :

9. Niveaux d'émission - valeurs mesurées lors de l'essai à 8 modes :
- CO g/kWh; HC g/kWh;
NO_x g/kWh; particules g/kWh.
10. Moteur présenté aux essais le :
11. Service technique chargé des essais d'homologation :
-
12. Date du procès-verbal délivré par ce service :
13. Numéro du procès-verbal délivré par ce service :
14. Emplacement de la marque d'homologation sur le moteur :
15. Lieu :
16. Date :
17. Signature :
18. Sont annexées à la présente communication les pièces suivantes, portant le numéro d'homologation indiqué ci-dessus :
- Un formulaire conforme à l'annexe 1A ou à l'annexe 1B du présent Règlement, dûment rempli et accompagné des dessins et schémas prescrits.

1/ Numéro distinctif du pays qui a délivré/étendu/réfusé/retiré l'homologation (voir les dispositions du Règlement relatives à l'homologation).

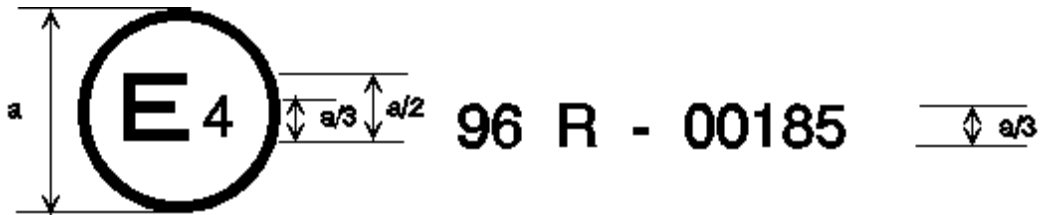
2/ Biffer la mention inutile.

Annexe 3

EXEMPLES DE MARQUES D'HOMOLOGATION

Modèle A

(Voir le paragraphe 4.4. du présent Règlement)

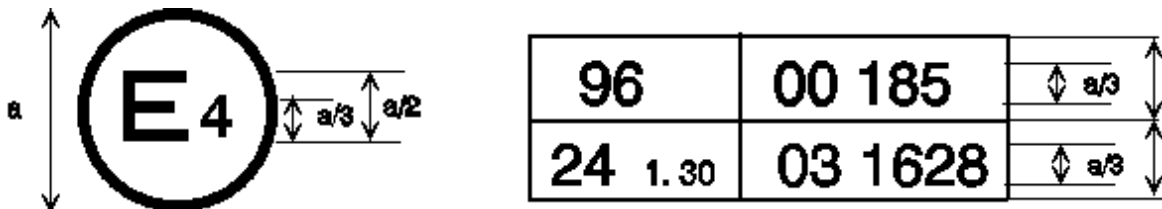


a = 8 mm min

La marque d'homologation ci-dessus, apposée sur un moteur, indique que le type de ce moteur a été homologué aux Pays-Bas (E4), en application du Règlement No 96 et sous le numéro d'homologation 00185. Les deux premiers chiffres du numéro d'homologation signifient que le Règlement No 96 était encore sous sa forme originale lorsque l'homologation a été délivrée.

Modèle B

(Voir le paragraphe 4.5 du présent Règlement)



a = 8 mm min

La marque d'homologation ci-dessus, apposée sur un moteur, indique que le type de ce moteur a été homologué aux Pays-Bas (E4), en application des Règlements Nos 96 et 24 ^{1/}. Les deux premiers chiffres du numéro d'homologation signifient qu'aux dates où les homologations respectives ont été délivrées, le Règlement No 96 était encore sous sa forme originale et le Règlement No 24 comprenait déjà la série 03 d'amendements.

^{1/} Le deuxième numéro n'est donné qu'à titre d'exemple. Le coefficient d'absorption corrigé est de 1,30 m⁻¹.

Annexe 4

PROCEDURE D'ESSAI

1. Introduction

- 1.1. La présente annexe décrit la méthode servant à mesurer les émissions de polluants gazeux et particulaires provenant des moteurs soumis à l'essai.
- 1.2. L'essai s'effectuera avec le moteur monté sur un banc d'essai et relié à un dynamomètre.

2. Conditions d'essai

2.1. Prescriptions générales

Tous les volumes et les débits volumétriques seront corrigés à une température de 273 K (0 °C) et à une pression de 101,3 kPa.

2.2. Conditions d'essai du moteur

- 2.2.1. Les valeurs à mesurer sont la température absolue T_a de l'air à l'entrée du moteur, exprimée en Kelvin, et la pression atmosphérique sèche p_s , exprimée en kPa; le paramètre f_a sera déterminé selon la méthode suivante :

Moteurs à aspiration normale et moteurs à suralimentation mécanique :

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s} \right) \times \left(\frac{T}{298} \right)^{0.7}$$

Moteurs à turbocompresseur avec ou sans refroidissement de l'air d'admission :

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s} \right)^{0.7} \times \left(\frac{T}{298} \right)^{1.5}$$

2.2.2. Validité de l'essai

Pour que l'essai soit valable, le paramètre f_a devra être tel que :

$$0,98 \leq f_a \leq 1,02.$$

2.2.3. Moteurs avec refroidissement de l'air de suralimentation

La température de l'agent de refroidissement et celle de l'air de suralimentation doivent être enregistrées.

2.3. Système d'admission d'air du moteur

Le moteur soumis à l'essai doit être équipé d'un système d'admission d'air bridé en fonction de la limite supérieure spécifiée par le constructeur pour un filtre à air propre et un moteur fonctionnant dans des conditions normales, telles qu'indiquées par le constructeur, de façon à obtenir un débit d'air maximal.

Un système d'atelier d'essai peut être utilisé, à condition qu'il recrée des conditions d'utilisation normales.

2.4. Système d'échappement du moteur

Le moteur soumis à l'essai doit être équipé d'un système d'échappement dans lequel la contrepression des gaz est réglée à la valeur supérieure indiquée par le constructeur pour un moteur fonctionnant dans des conditions normales, de façon à obtenir la puissance maximale déclarée.

2.5. Système de refroidissement

Un système de refroidissement capable de maintenir le moteur aux températures d'exploitation normales prescrites par le constructeur.

2.6. Huile lubrifiante

Les caractéristiques de l'huile lubrifiante utilisée pour l'essai doivent être enregistrées et présentées avec les résultats de l'essai.

2.7. Carburant utilisé pour l'essai

Le carburant sera le carburant de référence indiqué à l'annexe 5.

L'indice de cétane et la teneur en soufre du carburant de référence utilisé pour l'essai seront indiqués au paragraphe 5.1. de l'annexe 1A.

La température du carburant à l'entrée de la pompe à injection doit être comprise entre 306 et 316 K (33-43 °C).

3. Exécution de l'essai

3.1. Préparation des filtres d'échantillonnage

Une heure au moins avant l'essai, mettre chaque (paire de) filtre(s) dans un récipient Petri fermé mais non scellé, et placer celui-ci dans la chambre de pesée afin de stabiliser le filtre. A la fin de la période de stabilisation, peser chaque (paire de) filtre(s) et enregistrer le poids de la tare. Le (La paire de) filtre(s) est alors stocké(e) dans un récipient Petri fermé ou dans un porte-filtre jusqu'au moment de l'essai. Si le (la paire de) filtre(s) n'est pas utilisé(e) dans les huit heures qui suivent son retrait de

la chambre de pesée, il (elle) devra être pesé(e) à nouveau avant d'être utilisé(e).

3.2. Installation du matériel de mesure

L'appareillage et les sondes de prélèvement doivent être mis en place selon les instructions. Lorsqu'on utilise un système de dilution des gaz d'échappement en circuit principal, le système doit être relié à l'extrémité du tuyau.

3.3. Mise en marche du système de dilution et du moteur

Le système de dilution et le moteur doivent être mis en marche et mis en température jusqu'à ce que toutes les températures et les pressions soient stabilisées à pleine charge et au régime nominal (par. 3.6.2.).

3.4. Réglage du coefficient de dilution

Le système d'échantillonnage des particules doit être mis en marche et équipé d'un dispositif de dérivation pour la méthode à filtre unique (facultatif pour la méthode à filtres multiples). La concentration de fond des particules présentes dans l'air de dilution peut être déterminée en faisant passer cet air à travers les filtres à particules. Si de l'air de dilution filtré est utilisé, il suffit de procéder à une seule mesure avant, pendant ou après l'essai. Si l'air de dilution n'est pas filtré, trois mesures au moins doivent être effectuées, au début, à la fin et vers le milieu du cycle, et il faut faire la moyenne des chiffres obtenus.

La température de l'air de dilution à l'entrée du filtre ne doit pas dépasser 325 K (52 °C) dans chaque mode. Le coefficient de dilution total ne doit pas être inférieur à quatre.

Pour la méthode à filtre unique, le débit massique de l'échantillon à travers le filtre doit représenter en permanence une proportion donnée du débit massique des gaz d'échappement dilués pour les systèmes de dilution en circuit principal et dans tous les modes. Ce rapport de masse doit être maintenu à $\pm 5\%$, sauf pendant les dix premières secondes de chaque mode pour les systèmes non dotés d'un dispositif de dérivation. Pour les systèmes de dilution en circuit partiel, le débit massique à travers le filtre doit être maintenu à $\pm 5\%$, sauf pendant les dix premières secondes de chaque mode pour les systèmes non dotés d'un dispositif de dérivation.

Pour les systèmes avec mesure des concentrations de CO₂ ou de NO_x, la teneur de l'air de dilution en CO₂ ou NO_x doit être mesurée au début et à la fin de chaque essai. L'écart entre les concentrations de fond de CO₂ ou de NO_x dans l'air de dilution, avant et après l'essai, ne doit pas être supérieur à 100 ppm ou 5 ppm, respectivement.

Lorsqu'on utilise un système d'analyse des gaz d'échappement dilués, les concentrations de fond en question seront déterminées en faisant passer l'air de dilution dans un filtre à sacs pendant toute la durée de l'essai.

La mesure de la concentration de fond (sans filtre à sacs) peut être effectuée au moins trois fois, au début, à la fin et vers le milieu du cycle, et il faut faire la moyenne des chiffres obtenus. On peut s'abstenir de mesurer la concentration de fond si les constructeurs le demandent.

3.5. Vérification des analyseurs

Les analyseurs d'émission doivent être mis à zéro et étalonnés.

3.6. Cycle d'essai

3.6.1. Le cycle de huit modes suivant sera suivi grâce au dynamomètre monté sur le moteur essayé :

Mode No	Régime du moteur	Taux de charge	Facteur de pondération
1	nominal	100	0,15
2	nominal	75	0,15
3	nominal	50	0,15
4	nominal	10	0,1
5	intermédiaire	100	0,1
6	intermédiaire	75	0,1
7	intermédiaire	50	0,1
8	ralenti	-	0,15

3.6.2. Conditionnement du moteur

Le moteur et le système doivent être mis en température au régime et au couple maximaux afin de stabiliser les paramètres du moteur conformément aux recommandations du constructeur.

Note : La période de conditionnement devrait également permettre d'éliminer l'influence des dépôts qui ont pu se former dans le système d'échappement à la suite d'un autre essai. Une période de stabilisation entre les points d'essai a également été prescrite pour réduire au minimum les influences que ces derniers pourraient avoir l'un sur l'autre.

3.6.3. Exécution de l'essai

On commence l'exécution de l'essai. Ce dernier doit être effectué en suivant l'ordre des points de mesure 1 à 8 mentionnés au paragraphe 3.6.1.

Pendant chaque mode du cycle, après la période initiale de transition, le régime indiqué sera maintenu à $\pm 1 \%$ du régime nominal, ou $\pm 3 \text{ min}^{-1}$, le plus grand de ces écarts étant retenu, sauf lorsque le moteur est au ralenti où il faudra respecter les tolérances indiquées par le constructeur. Le couple indiqué doit être maintenu de façon que la moyenne des mesures effectuées au cours de la période ne dépasse pas $\pm 2 \%$ du couple maximal au régime d'essai.

Dix minutes au moins sont nécessaires pour chaque point de mesure. Si, pour l'essai d'un moteur, des temps d'échantillonnage plus longs sont nécessaires afin de recueillir une masse suffisante de particules sur le filtre de mesure, la durée de ce mode d'essai peut être prolongée selon les besoins.

La durée du mode doit être enregistrée et signalée.

Les concentrations des émissions de gaz d'échappement doivent être mesurées et enregistrées pendant les trois dernières minutes du mode.

L'achèvement de l'échantillonnage des particules doit coïncider avec la fin de la mesure des émissions gazeuses et ne pas commencer avant la stabilisation du moteur, selon les instructions du constructeur.

La température du carburant doit être mesurée à l'entrée de la pompe d'injection ou en suivant les instructions du constructeur, et le lieu où la mesure a été effectuée doit être noté.

3.6.4. Données fournies par les analyseurs

Les données fournies par les analyseurs doivent être enregistrées au moyen d'un enregistreur à bande ou mesurées à l'aide d'un système d'acquisition de données équivalent, et les gaz d'échappement doivent passer à travers les analyseurs au moins pendant les trois dernières minutes de chaque mode. Si des filtres à sacs sont utilisés pour mesurer le CO et le CO₂ dilués (voir par. 1.4.4., appendice 1, annexe 4), un échantillon doit être recueilli au cours des trois dernières minutes de chaque mode, puis analysé, et les résultats de l'analyse doivent être enregistrés.

3.6.5. Echantillonnage des particules

L'échantillonnage des particules peut se faire en utilisant la méthode du filtre unique ou la méthode des filtres multiples (par. 1.5., appendice 1, annexe 4).

Les résultats pouvant varier légèrement en fonction des méthodes, la méthode utilisée doit être indiquée avec les résultats.

Pour la méthode du filtre unique, il doit être tenu compte, pendant l'échantillonnage, des facteurs modaux de pondération indiqués dans la procédure du cycle d'essai en réglant le débit de l'échantillon ou le temps d'échantillonnage en conséquence.

Le prélèvement doit être effectué le plus tard possible au cours de chaque mode. Le temps d'échantillonnage par mode doit être d'au moins 20 secondes pour la méthode du filtre unique et d'au moins 60 secondes pour la méthode des filtres multiples. Pour les systèmes non dotés d'un dispositif de dérivation, le temps d'échantillonnage par mode doit être d'au moins 60 secondes pour les méthodes du filtre unique et des filtres multiples.

3.6.6. Paramètres concernant le moteur

Le régime et la charge du moteur, la température de l'air d'admission, le débit de carburant et le débit d'air ou de gaz d'échappement doivent être mesurés pour chaque mode une fois le moteur stabilisé.

S'il n'est pas possible de mesurer le débit de gaz d'échappement ou la consommation d'air de combustion et de carburant, ces paramètres peuvent être calculés en utilisant la méthode du bilan au carbone (voir par. 1.2.3., appendice 1, annexe 4).

Toute donnée supplémentaire nécessaire pour les calculs doit être enregistrée (voir par. 1.1. et 1.2., appendice 3, annexe 4).

3.7. Revérification des analyseurs

Après l'essai d'émission, un gaz de zéro et le même gaz d'étalonnage seront utilisés pour une nouvelle vérification. L'essai sera jugé acceptable si l'écart entre les deux mesures est inférieur à 2 %.

Annexe 4 - Appendice 1

1. Méthodes de mesure et d'échantillonnage

Les composants gazeux et particulaires émis par le moteur présenté pour des essais sont mesurés par les méthodes décrites dans l'appendice 4 de l'annexe 4. Les paragraphes ci-après contiennent une description des systèmes d'analyse recommandés pour les émissions gazeuses (par. 1.1.) et des systèmes recommandés pour la dilution et l'échantillonnage des particules (par. 1.2.).

1.1. Spécification concernant le dynamomètre

On utilisera un banc dynamométrique pour moteur dont les caractéristiques sont suffisantes pour permettre l'exécution du cycle d'essai prescrit au paragraphe 3.6.1. de l'annexe 4. Les appareils de mesure du couple et de la vitesse doivent permettre de mesurer la puissance au frein dans les limites indiquées. Des calculs supplémentaires peuvent être nécessaires.

La précision de ces instruments doit être telle que les tolérances maximales des chiffres indiqués au paragraphe 1.3. ne soient pas dépassées.

1.2. Débit des gaz d'échappement

Le débit des gaz d'échappement est défini par l'une des méthodes indiquées aux paragraphes 1.2.1. à 1.2.4.

1.2.1. Méthode de mesure directe

Mesure directe du débit des gaz d'échappement au moyen d'un débitmètre à venturi ou d'un appareil de mesure équivalent (pour plus de précisions, voir la norme ISO 5167).

Note : La mesure directe du débit de gaz est une tâche délicate. Il convient de prendre des précautions pour éviter les erreurs de mesure qui entraîneraient des erreurs dans les valeurs d'émission.

1.2.2. Méthode de mesure du débit d'air et de carburant

Mesure du débit d'air et du débit de carburant.

On utilise des débitmètres à air et à carburant ayant une précision conforme à celle définie au paragraphe 1.3.

Le débit des gaz d'échappement se calcule comme suit :

$$G_{EXHW} = G_{AIRW} + G_{FUEL} \text{ (masse d'échappement humide)}$$

ou :

$$V_{EXHD} = V_{AIRD} - 0,766 \times G_{FUEL} \text{ (volume d'échappement sec)}$$

ou :

$$V_{EXHW} = V_{AIRW} + 0,746 \times G_{FUEL} \text{ (volume d'échappement humide).}$$

1.2.3. Méthode du bilan au carbone

Calcul de la masse d'échappement d'après la consommation de carburant et les concentrations de gaz d'échappement par la méthode du bilan au carbone (voir annexe 4, appendice 3).

1.2.4. Débit total des gaz d'échappement dilués

Si on utilise un système de dilution en circuit principal, on doit mesurer le débit total d'échappement dilué (G_{TOTW} , V_{TOTW}) à l'aide d'un PDP ou d'un CFV (par. 1.2.1.2., appendice 4, annexe 4) dont la précision doit être conforme aux dispositions du paragraphe 2.2. de l'appendice 2 de l'annexe 4.

1.3. Précision

L'étalonnage de tous les instruments de mesure découlera des normes nationales (internationales) et sera conforme aux prescriptions suivantes :

ÉYÁÙøD	íYøUØYÙ	ÆÚÓøø ÕYøDøÚÓù "ùÚÓ yÕyYøÓ ÿ ú'ÓðøÚÓ yÚÓ yÕyYøÓ ÁÓðÚÁÓyÚÓ ùÚÓ ÁDøUYøÓ"	ÆÚÓøø ÕYøDøÚÓù "ÿ yÕyYøÓ ú'ÓðøÚÓ yÓ ãDøÁÚ ÉÍÈ ,"	æøùYÙaÚÙ ú'ùøÕyDaaÓÚÙ "ÁDÚÓ"
~	ùÚÚÁÚ úY ÁDøUYø	, -	, -	,
,	ÁDÝdYÙ	, -	, -	,
,	eYÚÓÓøaÚÙ	, -	, -	EaÓddyÚÚÓøyÚ
~	ÁDøDAAÓøÚDø úÚ ÚÓøøYøÓøø	, -	, -	-
~	ÁDøDAAÓøÚDø úÚ ÚÓøøYøÓøø ÕduÚÙúÚØYÙ	EaÓddyÚÚÓøyÚ	, -	EaÓddyÚÚÓøyÚ
-	ÁDøDAAÓøÚDø ú'ÓÚø	, -	, -	-
~	áúøÚø úÚ ÚÓð ú'ùÚúÓddÚÁÚaø	, -	EaÓddyÚÚÓøyÚ	-
ß	íÚÁdùøÓøYøÚ úY yÚØYÙúÚ úÚ øÚúøDÚúÚÓÓÚÁÚaø	, È	, È	,

κ	ἰὔΑδῆαὐὐὐὐὐὐ ἰὔ ἰὔὐὐὐὐὐὐ	, È	, È	,
~	ἔαὐὐὐὐὐὐ ἰὔὐ ὐὐὐ ἰὔ ἰὔὐὐὐὐὐὐ	~ - ἰὔ Αὐὐ	~ -	,
~	ἰὔὐὐὐὐὐὐὐ ὐ ἰὔ ὐὐὐὐὐὐὐὐ	~ - ἰὔ Αὐὐ	~ -	,
~	ἰὔΑδῆαὐὐὐὐ ἰὔὐ ὐὐὐ ἰὔ ἰὔὐὐὐὐὐὐ	~ È	~ È	,
~	ἰὔΑδῆαὐὐὐὐὐ ἰὔ ἰὔὐὐ ἰὔ ὐὐὐὐὐὐὐὐ ὐὐὐ ἰὔ ὐὐὐὐὐὐὐ	, È	, È	,
~	ἔαὐὐὐὐὐὐ ὐὐὐὐὐὐὐὐὐὐ	~ - ἰὔ ὐὐὐὐὐὐ ὐὐὐὐὐ	~ -	,
~	ἰὔ Ἀὔὐὐὐὐ ὐὐὐὐὐὐὐ ἰὔ ἰὔὐὐ ἰὔ ὐὐὐὐὐὐὐὐ	, -	Èαὐὐὐὐὐὐὐ	~
~	ἰὔΑδῆαὐὐὐὐὐ ἰὔ ὐὐὐὐὐὐ	, È	~ È	,
~	ἰὔΑδῆαὐὐὐὐὐ ἰὔὐ ὐὐὐὐὐὐ ἰὔ ἰὔὐὐὐὐὐ	~ È	Èαὐὐὐὐὐὐὐ	,
~β	ἰὔ Ἀὔὐὐὐὐ ἰὔ ἰὔὐὐ ἰὔ ἰὔὐὐὐὐὐ	, -	Èαὐὐὐὐὐὐὐ	~
~κ	ἰὔὐὐὐ ἰὔὐ ὐὐὐ ἰὔ ἰὔὐὐὐὐὐὐ ἰὔὐὐὐ	~ - ἰὔ ὐὐὐὐὐὐ ὐὐὐὐὐ	Èαὐὐὐὐὐὐὐ	~ ἰὔὐὐὐ ὐὐὐὐὐὐ ἰὔὐὐὐ ὐὐὐὐὐ

Légende :

- * Les calculs des émissions d'échappement décrits dans le présent Règlement sont dans certains cas établis sur la base de méthodes de mesure et/ou de calcul différentes. Les tolérances totales étant limitées pour le calcul des émissions d'échappement, les valeurs autorisées pour certaines rubriques, utilisées dans les équations appropriées, doivent être inférieures aux tolérances autorisées indiquées dans la norme ISO 3046-3.
- ** Systèmes en circuit principal - la pompe à déplacement positif CVS ou les venturi de débit critique sont étalonnés après l'installation initiale, les travaux d'entretien majeurs ou, selon les besoins, lorsque cela est indiqué pour la vérification du système CVS décrite à l'appendice 4 de l'annexe 4.

1.4. Définition des composants gazeux

1.4.1. Spécifications générales concernant les analyseurs

Les analyseurs doivent pouvoir effectuer des mesures dans une plage correspondant à la précision exigée pour mesurer les concentrations de composants de gaz d'échappement (par. 1.4.1.1.). Il est recommandé d'utiliser les analyseurs de telle façon que la concentration mesurée se situe entre 15 % et 100 % de l'échelle complète.

Les concentrations inférieures à 15 % de l'échelle complète sont aussi acceptables si la valeur de l'échelle complète est de 155 ppm (ou ppm C) ou moins ou si on utilise des systèmes de relevés (ordinateurs, répertoires de données) qui donnent une précision suffisante et une résolution inférieure à 15 % de l'échelle complète. Dans ce cas, des étalonnages supplémentaires doivent être faits pour garantir l'exactitude des courbes d'étalonnage (par. 1.5.5.2., appendice 2, annexe 4).

La compatibilité électromagnétique du matériel doit être d'un niveau propre à minimiser les erreurs supplémentaires.

1.4.1.1. Erreur de mesure

L'erreur de mesure totale, y compris la sensibilité croisée à d'autres gaz (voir par. 1.9., appendice 2, annexe 4), ne doit pas dépasser ± 5 % du relevé ou 3,5 % de l'échelle complète, le résultat le plus faible étant retenu. Pour les concentrations inférieures à 100 ppm, l'erreur de mesure ne doit pas dépasser ± 4 ppm.

1.4.1.2. Répétabilité

Défini comme étant de 2,5 fois l'écart type de dix réponses consécutives à un étalonnage donné ou gaz d'étalonnage, la répétabilité ne doit pas être supérieure à ± 1 % de la concentration à échelle complète pour chaque plage utilisée au-dessus de 155 ppm (ou ppm C) ou ± 2 % de chaque plage utilisée à moins de 155 ppm (ou ppm C).

1.4.1.3. Bruit

La réponse d'une crête à l'autre de l'analyseur aux gaz de zéro et d'étalonnage sur une période quelconque de 10 secondes ne doit pas dépasser 2 % de l'échelle complète sur toutes les plages utilisées.

1.4.1.4. Dérive du zéro

La dérive du zéro pendant une heure doit être inférieure à 2 % de l'échelle complète sur la plage la plus basse utilisée. La réponse zéro est définie comme étant la réponse moyenne, y compris le bruit, à un gaz de zéro pendant un intervalle de temps de 30 secondes.

1.4.1.5. Dérive de la valeur d'étalonnage

La dérive de la valeur d'étalonnage pendant une heure doit être inférieure à 2 % de la pleine échelle sur la plage la plus basse utilisée. L'étalonnage est défini comme étant la différence entre la réponse étalonnage et la réponse zéro. La réponse étalonnage est définie comme étant la réponse moyenne, y compris le bruit, à un gaz d'étalonnage pendant un intervalle de temps de 30 secondes.

1.4.2. Séchage des gaz

Le dispositif facultatif utilisé pour sécher les gaz doit avoir un effet minimal sur la concentration des gaz mesurés. Les agents de séchage chimiques ne sont pas acceptables en tant que méthode pour éliminer l'eau de l'échantillon.

1.4.3. Analyseurs

Les paragraphes 1.4.3.1. à 1.4.3.5. du présent appendice indiquent les principes de mesure à utiliser. Une description détaillée des systèmes de mesure figure dans l'appendice 4 de l'annexe 4.

Les gaz à mesurer doivent être analysés au moyen des appareils décrits ci-après. L'utilisation de circuits de linéarisation est autorisée avec les analyseurs non linéaires.

1.4.3.1. Analyse du monoxyde de carbone (CO)

L'analyseur de monoxyde de carbone sera du type non dispersif à absorption dans l'infrarouge (NDIR).

1.4.3.2. Analyse du gaz carbonique (CO₂)

L'analyseur de gaz carbonique sera du type non dispersif à absorption dans l'infrarouge (NDIR).

1.4.3.3. Analyse de l'oxygène (O₂)

Les analyseurs d'oxygène doivent être du type à détecteur paramagnétique (PMD), à dioxyde de zirconium (ZRDO) ou à sonde électrochimique (ECS).

1.4.3.4. Analyse des hydrocarbures (HC)

L'analyseur des hydrocarbures sera du type à détecteur d'ionisation de flamme chauffé (HFID), le détecteur, les vannes, la tuyauterie, etc., étant chauffés de façon à maintenir une température du gaz de 463 K (190 °C) ± 10 K.

1.4.3.5. Analyse des oxydes d'azote (NO_x)

L'analyseur des oxydes d'azote sera du type à détecteur chimiluminescent (CLD) ou à détecteur chimiluminescent chauffé (HCLD) avec un convertisseur NO₂/NO si la mesure est effectuée à sec. Si elle est effectuée sur base humide, on utilisera un HCLD avec convertisseur maintenu au-dessus de 333 K (60 °C) à condition que la vérification de l'effet d'atténuation de l'eau (par. 1.9.2.2., appendice 2, annexe 4) ait été satisfaisante.

1.4.4. Echantillonnage pour les émissions gazeuses

Les sondes d'échantillonnage des émissions gazeuses doivent être montées à une distance de 0,5 m au moins ou à trois fois le diamètre du tuyau d'échappement, la plus grande distance étant retenue, en amont de la sortie du système de gaz d'échappement, dans la mesure du possible et suffisamment près du moteur pour garantir une température des gaz d'échappement de 343 K (70 °C) au moins à la sonde.

Dans le cas d'un moteur multicylindre à collecteur d'échappement ramifié, l'entrée de la sonde sera située suffisamment loin en aval pour garantir que l'échantillon est représentatif des émissions d'échappement moyennes de tous les cylindres. Pour les moteurs multicylindre équipés de groupes distincts de collecteurs comme dans un moteur en V, il peut être toléré de prendre un échantillon de chaque groupe considéré individuellement et de calculer une émission d'échappement moyenne. On peut aussi recourir à d'autres méthodes dont la corrélation avec les méthodes précédentes a été prouvée. Le débit total de la masse d'échappement du moteur doit être utilisé pour calculer les émissions d'échappement.

Si la composition des gaz d'échappement est influencée par un système quelconque de post-traitement, l'échantillon d'échappement doit être pris en aval de ce dispositif. Si on utilise un système de dilution en circuit principal pour déterminer les particules, on peut aussi déterminer les émissions gazeuses dans les gaz d'échappement dilués. Les sondes d'échantillonnage doivent être à proximité de la sonde d'échantillonnage de particules dans le tunnel de dilution (par. 1.2.1.2. pour DT et par. 1.2.2. pour PSP de l'appendice 4 de l'annexe 4). La teneur en CO et CO₂ peut aussi être déterminée par échantillonnage dans un sac puis mesure de la concentration dans le sac d'échantillonnage.

1.5. Détermination des particules

La détermination des éléments particulaires nécessite un système de dilution. La dilution peut être obtenue par un système en circuit partiel ou un système en circuit principal. Le débit du système de dilution doit être suffisant pour éliminer complètement la condensation de l'eau dans les systèmes de dilution et d'échantillonnage et pour maintenir la température des gaz

d'échappement dilués à 325 K (52 °C) ou moins, immédiatement en amont des porte-filtres. La déshumidification de l'air de dilution avant qu'il pénètre dans le système est autorisée si l'humidité de l'air est élevée. Le préchauffage de l'air de dilution au-delà de la température limite de 303 K (30 °C) est recommandé si la température ambiante est inférieure à 293 K (20 °C). La température de l'air dilué ne doit cependant pas dépasser 325 K (52 °C) avant que l'échappement pénètre dans le tunnel de dilution.

Dans un système de dilution en circuit partiel, la sonde d'échantillonnage de particules doit être montée à proximité et en amont de la sonde des gaz selon la définition du paragraphe 4.4. et conformément au paragraphe 1.2.1.1. de l'appendice 4 de l'annexe 4, figures 4 à 12, EP et SP.

Le système de dilution en circuit partiel doit être conçu de façon à répartir le courant d'échappement en deux fractions, la plus petite étant diluée avec de l'air et utilisée ensuite pour mesurer les particules. Il est donc essentiel que le rapport de dilution soit calculé très précisément. On peut appliquer différentes méthodes de répartition, le type de répartition utilisé imposant dans une grande mesure le matériel et les méthodes d'échantillonnage à employer (par. 1.2.1.1., appendice 4, annexe 4).

Pour déterminer la masse des particules, il faut disposer d'un système d'échantillonnage de particules, de filtres pour le prélèvement des particules, d'une microbalance et d'une chambre de pesée à humidité contrôlée.

Deux méthodes peuvent être appliquées pour procéder à l'échantillonnage de particules :

- La méthode à filtre simple utilise une paire de filtres (voir par. 1.5.1.3. du présent appendice) pour tous les modes du cycle d'essai. Il faudra faire assez attention aux durées et aux débits d'échantillonnage pendant cette phase de l'essai. Une seule paire de filtres sera toutefois nécessaire pour le cycle d'essai.
- La méthode à filtres multiples prévoit qu'une paire de filtres (voir par. 1.5.1.3. du présent appendice) est utilisée pour chacun des différents modes du cycle d'essai. Cette méthode permet d'utiliser des méthodes d'échantillonnage plus souples mais nécessite davantage de filtres.

1.5.1. Filtres pour prélèvement des particules

1.5.1.1. Spécifications concernant les filtres

Les essais d'homologation nécessitent des filtres en fibre de verre revêtus de fluorocarbone ou des filtres à membranes à base de fluorocarbone. Des matériaux différents peuvent être utilisés pour des applications spéciales. Tous les types de filtres doivent avoir une efficacité de prélèvement de 0,3 µ m DOP (Diphthalate octylique) d'au moins 95 % à une vitesse nominale du gaz comprise entre 40 et 80 cm/s. Des filtres de qualité identique doivent être utilisés pour exécuter des essais de corrélation entre laboratoires ou entre un constructeur et un organisme de réglementation.

1.5.1.2. Dimensions des filtres

Les filtres à particules doivent avoir un diamètre minimum de 47 mm (diamètre de la tache : 37 mm). On peut aussi se servir de filtres d'un diamètre supérieur (par. 1.5.1.5.).

1.5.1.3. Filtres primaire et secondaire

Pendant l'essai, les gaz d'échappement dilués sont prélevés au moyen de deux filtres placés l'un après l'autre (un filtre primaire et un filtre secondaire). Le filtre secondaire ne doit pas être situé à plus de 100 mm en aval du premier ni être en contact avec celui-ci. Les filtres peuvent être pesés séparément ou ensemble en étant placés tache contre tache.

1.5.1.4. Vitesse nominale dans le filtre

Une vitesse nominale du gaz à travers le filtre de 35 à 80 cm/s doit être obtenue. La baisse de pression entre le début et la fin de l'essai ne doit pas dépasser 25 kPa.

1.5.1.5. Charge du filtre

La charge minimale recommandée pour le filtre est de 0,5 mg pour une surface de la tâche de 1 075 mm² avec la méthode du filtre simple. Les valeurs pour les dimensions de filtres les plus courantes sont les suivantes :

Diamètre du filtre (mm)	Diamètre recommandé de la tache (mm)	Charge minimale recommandée (mg)
47	37	0,5
70	60	1,3
90	80	2,3
110	100	3,6

Pour la méthode des filtres multiples, la charge minimale recommandée pour l'ensemble des filtres est égale au produit de la valeur correspondante ci-dessus par la racine carrée du nombre total de modes.

1.5.2. Spécifications de la chambre de pesée et de la balance analytique

1.5.2.1. Etat de la chambre de pesée

La température de la chambre (ou du local) dans laquelle les filtres à particules sont conditionnés et pesés doit être maintenue à 295 K (22 °C) \pm 3 K pendant toute la durée du conditionnement et de la pesée. L'humidité doit être maintenue à un point de rosée de 282,5 (9,5 °C) \pm 3 K et l'humidité relative à 45 \pm 8 %.

1.5.2.2. Pesée des filtres de référence

L'atmosphère de la chambre (ou du local) doit être libre de tout contaminant ambiant (comme la poussière) qui se déposerait sur les filtres à particules au cours de leur stabilisation. Des différences dans les spécifications de la chambre de pesée indiquées au paragraphe 1.5.2.1. seront autorisées si leur durée ne dépasse pas 30 minutes. La salle de pesée doit répondre aux spécifications requises avant que le personnel n'y entre. Deux filtres ou paires de filtres de référence, vierges, au moins doivent être pesés dans les quatre heures qui suivent la pesée des (paires de) filtres de prélèvement, mais de préférence en même temps. Ils doivent être de la même dimension et faits du même matériau que les filtres de prélèvement.

Dans le cas d'un écart dans le poids moyen des filtres (paires de filtres) de référence, entre les pesées, de plus de \pm 5 % (\pm 7,5 % pour la paire de filtres) de la charge minimale recommandée (par. 1.5.1.5.), il faut jeter tous les filtres qui ont servi au prélèvement et recommencer l'essai d'émissions.

Si les critères de stabilité de la chambre de pesée indiqués au paragraphe 1.5.2.1. ne sont pas réunis mais que les pesées du filtre (de la paire de filtres) de référence répondent aux critères ci-dessus, le constructeur du moteur a la possibilité d'accepter les poids des filtres de prélèvement ou de déclarer les essais nuls, de modifier le système de contrôle de la salle de pesée et de refaire l'essai.

1.5.2.3. Balance analytique

La balance analytique servant à déterminer le poids de tous les filtres doit avoir une précision (écart type) de 20 μ g et un pouvoir de résolution de 10 μ g (1 chiffre = 10 μ g). Pour les filtres de moins de 70 mm de diamètre, la précision et la résolution seront respectivement de 2 μ g et 1 μ g.

1.5.2.4. Elimination des effets de l'électricité statique

Afin d'éliminer les effets de l'électricité statique, les filtres doivent être neutralisés avant la pesée, par exemple par un neutralisant au polonium ou un dispositif ayant le même effet.

1.5.3. Prescriptions additionnelles pour la mesure des particules

Tous les éléments du système de dilution et du système de prélèvement qui sont en contact avec des gaz d'échappement bruts et dilués, du tuyau d'échappement jusqu'au porte-filtre, doivent être conçus de façon à minimiser le dépôt ou la modification des matières particulaires. Tous seront faits de matériaux conducteurs de l'électricité, qui ne réagissent pas aux composants des gaz d'échappement, et seront mis à la terre pour empêcher les effets électrostatiques.

Annexe 4 - Appendice 2

1. Étalonnage des instruments d'analyse

1.1. Introduction

Chaque analyseur sera étalonné aussi souvent qu'il le faudra pour respecter les conditions de précision du présent Règlement. La méthode d'étalonnage qui sera utilisée est décrite dans ce paragraphe pour les analyseurs indiqués au paragraphe 1.4.3. de l'appendice 1.

1.2. Gaz d'étalonnage

La durée de conservation de tous les gaz d'étalonnage doit être respectée.

La date d'expiration de la période de conservation des gaz d'étalonnage indiquée par le fabricant devra être enregistrée.

1.2.1. Gaz purs

La pureté requise des gaz est définie par les limites de pureté indiquées ci-dessous. Les gaz ci-après devront pouvoir être utilisés :

Azote purifié

(Pureté ≤ 1 ppm C, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO₂,
 $\leq 0,1$ ppm NO)

Oxygène purifié

(Pureté $> 99,5$ % vol. O₂)

Mélange hydrogène-hélium

(40 \pm 2 % d'hydrogène, reste hélium)

(Pureté ≤ 1 ppm C, ≤ 400 ppm CO)

Air synthétique purifié

(Pureté ≤ 1 ppm C, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO₂,
 $\leq 0,1$ ppm NO) (Teneur en oxygène comprise entre
18 et 21 % vol.)

1.2.2. Gaz d'étalonnage

On utilisera des mélanges de gaz ayant la composition chimique suivante :

C₃H₈ et air synthétique purifié (voir par. 1.2.1.)

CO et azote purifié

NO et azote purifié (la quantité de NO₂ contenue dans ce gaz d'étalonnage ne doit pas dépasser 5 % de la teneur en NO)

O₂ et azote purifié

CO₂ et azote purifié

CH₄ et air synthétique purifié

C₂H₆ et air synthétique purifié.

Note : D'autres combinaisons de gaz sont autorisées à condition que ceux-ci ne réagissent pas les uns sur les autres.

La concentration réelle d'un gaz d'étalonnage doit être conforme à la valeur nominale à ± 2 % près. Toutes les concentrations des gaz d'étalonnage seront données en volume (pourcentage ou ppm par volume).

Les gaz servant à l'étalonnage peuvent aussi être obtenus au moyen d'un mélangeur-doseur de gaz, par dilution avec du N₂ purifié ou de l'air synthétique purifié. La précision de l'appareil mélangeur doit être telle que la concentration des gaz d'étalonnage dilués puisse être déterminée à ± 2 % près.

1.3. Mode d'utilisation des analyseurs et du système d'échantillonnage

Le mode d'utilisation des analyseurs doit être conforme aux instructions de mise en marche et d'utilisation du constructeur de l'appareil. Les prescriptions minimales indiquées aux paragraphes 1.4. à 1.9. seront respectées.

1.4. Essai d'étanchéité

Un essai d'étanchéité du système doit être effectué. La sonde doit pour cela être déconnectée du système d'échappement et son extrémité obstruée. La pompe de l'analyseur est mise en marche. Après une période initiale de stabilisation, tous les débitmètres doivent indiquer zéro. Sinon, il faut vérifier les tubes de prélèvement et remédier à l'anomalie.

Une autre méthode consiste à ajouter une étape de modification de la concentration à l'entrée du tube de prélèvement en remplaçant le gaz de zéro par un gaz d'étalonnage.

Si, à la fin d'un temps suffisant, on relève une concentration inférieure à la concentration utilisée, cela dénote des problèmes d'étalonnage ou d'étanchéité.

1.5. Procédure d'étalonnage

1.5.1. Ensemble du dispositif

L'ensemble du dispositif sera étalonné et les courbes d'étalonnage vérifiées par rapport à des gaz étalons. Les débits de gaz utilisés seront les mêmes que lors de prélèvement des gaz d'échappement.

1.5.2. Temps d'échauffement

Le temps d'échauffement doit être conforme aux recommandations du constructeur. Faute d'indications, un minimum de deux heures est recommandé pour l'échauffement des analyseurs.

1.5.3. Analyseurs NDIR et HFID

L'analyseur NDIR sera réglé et la combustion de la flamme de l'analyseur HFID optimisée (par. 1.8.1.).

1.5.4. Etalonnage

Chaque plage de fonctionnement normalement utilisée sera étalonnée.

Au moyen d'air synthétique purifié (ou d'azote), on mettra à zéro les analyseurs de CO, CO₂, NO_x, HC et O₂.

Les gaz d'étalonnage appropriés seront introduits dans les analyseurs, les valeurs enregistrées et la courbe d'étalonnage établie conformément au paragraphe 1.5.6.

On vérifiera à nouveau le réglage sur le zéro et on répétera si nécessaire la procédure d'étalonnage.

1.5.5. Etablissement de la courbe d'étalonnage

1.5.5.1. Directives générales

On établit la courbe d'étalonnage de l'analyseur en déterminant au moins cinq points d'étalonnage (en dehors du zéro) espacés de la façon la plus uniforme possible. La concentration nominale la plus élevée doit être égale ou supérieure à 90 % de l'échelle complète.

La courbe d'étalonnage est établie par la méthode des moindres carrés. Si le polynôme résultant est d'un degré supérieur à trois, le nombre de points d'étalonnage (y compris le zéro) doit être au moins égal au degré de ce polynôme plus deux.

La courbe d'étalonnage ne doit pas s'écarter de plus de ± 2 % de la valeur nominale de chaque point d'étalonnage ni de plus de ± 1 % de l'échelle complète à zéro.

La courbe et les points d'étalonnage permettent de vérifier que celui-ci a été correctement exécuté. Il conviendra d'indiquer les différents paramètres caractéristiques de l'analyseur, notamment :

la plage de mesure
la sensibilité
la date de l'étalonnage.

1.5.5.2. Etalonnage à moins de 15 % de l'échelle complète

On établit la courbe d'étalonnage de l'analyseur en déterminant au moins 10 points d'étalonnage (en dehors du zéro) espacés de telle façon que 50 % des points d'étalonnage soient inférieurs à 10 % de l'échelle complète. La courbe d'étalonnage est établie par la méthode des moindres carrés.

La courbe d'étalonnage ne doit pas s'écarter de plus de ± 4 % de la valeur nominale de chaque point d'étalonnage ni de plus de ± 1 % de l'échelle complète à zéro.

1.5.5.3. Autres méthodes

D'autres techniques (par exemple ordinateur, commutateur de plage électronique, etc.) pourront aussi être utilisées si on peut prouver qu'elles sont d'une précision équivalente.

1.6. Vérification de l'étalonnage

Toutes les plages de fonctionnement normalement utilisées seront vérifiées avant chaque analyse conformément à la procédure suivante.

L'étalonnage est vérifié au moyen d'un gaz de zéro et d'un gaz d'étalonnage dont la valeur nominale est supérieure à 80 % de l'échelle complète de la gamme de mesures.

Si, pour les deux points considérés, la valeur relevée ne s'écarte pas de la valeur de référence déclarée de plus de ± 4 % de l'échelle complète, les paramètres de réglage peuvent être modifiés. Dans le cas contraire, il faut établir une nouvelle courbe d'étalonnage conformément au paragraphe 1.5.4.

1.7. Essai d'efficacité du convertisseur de No_x

L'efficacité du convertisseur utilisé pour la conversion de NO_2 en NO est éprouvée de la manière indiquée aux paragraphes 1.7.1. à 1.7.8. (fig. 1).

1.7.1. Installation d'essai

Avec l'installation d'essai illustrée sur la figure 1 (voir aussi le paragraphe 1.4.3.5. de l'appendice 1) et la méthode décrite ci-dessous, on peut vérifier l'efficacité des convertisseurs au moyen d'un ozoniseur.

Figure 1

Schéma d'un convertisseur de NO₂

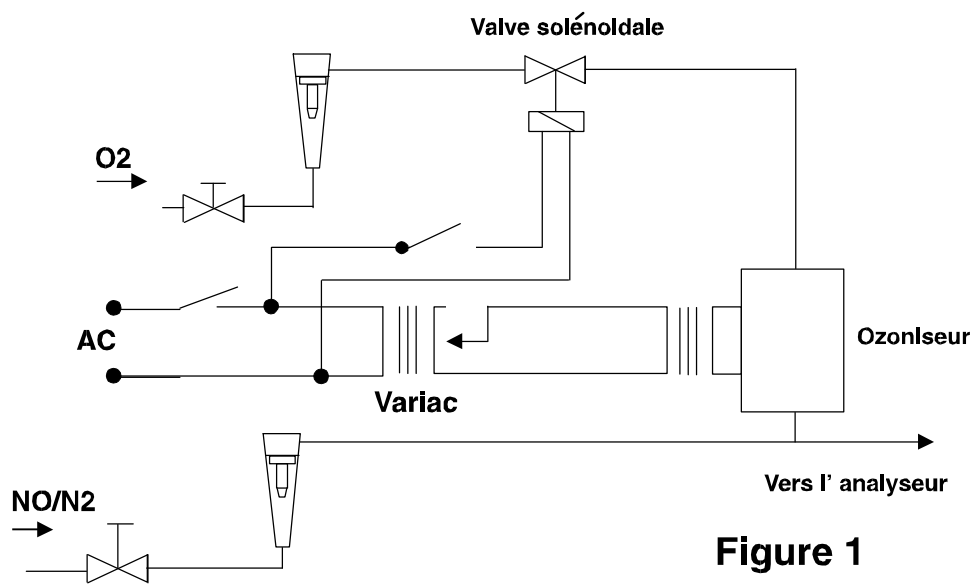


Figure 1

1.7.2. Etalonnage

Le CLD et le HCLD sont étalonnés dans la plage de fonctionnement le plus couramment utilisée, conformément aux spécifications du constructeur, avec un gaz de zéro et un gaz d'étalonnage (dont la teneur en NO doit être égale à 80 % environ de la plage de fonctionnement et la concentration de NO₂ dans le mélange de gaz inférieure à 5 % de la concentration de NO). L'analyseur de NO_x doit être dans le mode NO pour que le gaz d'étalonnage ne passe pas dans le convertisseur. La concentration indiquée doit être enregistrée.

1.7.3. Calculs

L'efficacité du convertisseur de NO_x est calculée de la manière suivante :

$$\text{Efficacité (\%)} = \left(1 + \frac{a-b}{c-d}\right) \times 100$$

où :

a = concentration de NO_x selon le paragraphe 1.7.6.

b = concentration de NO_x selon le paragraphe 1.7.7.

c = concentration de NO selon le paragraphe 1.7.4.

d = concentration de NO selon le paragraphe 1.7.5.

1.7.4. Adjonction d'oxygène

A l'aide d'un raccord en T, on ajoute continuellement de l'oxygène ou l'air zero au flux de gaz jusqu'à ce que la concentration indiquée soit d'environ 20 % inférieure à la concentration d'étalonnage affichée selon le paragraphe 1.7.2. (L'analyseur est dans le mode NO.)

La concentration indiquée (c) est enregistrée. L'ozoniseur doit demeurer hors fonction pendant toute cette opération.

1.7.5. Mise en fonctionnement de l'ozoniseur

L'ozoniseur est alors mis en fonction afin de fournir suffisamment d'ozone pour abaisser la concentration de NO à 20 % environ (10 % minimum) de la concentration d'étalonnage indiquée au paragraphe 1.7.2. La concentration indiquée (d) est enregistrée. (L'analyseur est dans le mode NO.)

1.7.6. Mode NO_x

L'analyseur de NO est ensuite commuté sur le mode NO_x pour que le mélange de gaz (constitué de NO, NO₂, O₂ et N₂) passe désormais dans le convertisseur. La concentration indiquée (a) est enregistrée. (L'analyseur est dans le mode NO_x.)

1.7.7. Arrêt de l'ozoniseur

L'ozoniseur est maintenant arrêté. Le mélange de gaz indiqué au paragraphe 1.7.6. traverse le convertisseur pour arriver dans le détecteur. La concentration indiquée (b) est enregistrée. (L'analyseur est dans le mode NO_x.)

1.7.8. Mode NO

Une fois commuté sur le mode NO, l'ozoniseur étant arrêté, on coupe aussi l'arrivée d'oxygène ou d'air synthétique. La valeur de NO_x affichée par l'analyseur ne doit pas s'écarter de plus de $\pm 5 \%$ de la valeur mesurée selon le paragraphe 1.7.2. (L'analyseur est dans le mode NO.)

1.7.9. Intervalle des essais

L'efficacité du convertisseur doit être éprouvée avant chaque étalonnage de l'analyseur de NO_x.

1.7.10. Rendement exigé

Le rendement du convertisseur ne doit pas être inférieur à 90 %, mais un rendement supérieur de 95 % est fortement recommandé.

Note : Si, l'analyseur étant dans la plage de fonctionnement la plus courante, l'ozoniseur ne permet pas d'obtenir une réduction de 80 % à 20 % selon le paragraphe 1.7.5., on utilise la plage la plus élevée qui donnera cette réduction.

1.8. Réglage du FID

1.8.1. Optimisation de la réponse du détecteur

Le HFID doit être réglé selon les indications du constructeur de l'appareil. On devra utiliser un gaz d'étalonnage contenant du propane et de l'air pour optimiser la réponse dans la plage de fonctionnement la plus courante.

Les débits de carburant et d'air étant réglés selon les recommandations du constructeur, on introduit dans l'analyseur un gaz d'étalonnage de 350 ± 75 ppm C. La réponse pour un débit de carburant donné est indiquée par la différence entre la réponse du gaz d'étalonnage et celle du gaz de zéro. Le débit du carburant doit être réglé progressivement au-dessus et au-dessous de la spécification du constructeur. On enregistrera la réponse avec le gaz d'étalonnage et le gaz de zéro pour ces débits de carburant. On établira une courbe des deux réponses et le débit de carburant sera réglé en fonction de la partie la plus riche de la courbe.

1.8.2. Facteurs de réponse pour les hydrocarbures

On étalonnera l'analyseur en utilisant du propane dans de l'air et de l'air synthétique purifié, conformément au paragraphe 1.5.

Les facteurs de réponse doivent être déterminés lors de la mise en service d'un analyseur et, par la suite, à de longs intervalles pendant la durée de service. Le facteur de réponse (R_f) pour une espèce d'hydrocarbure donnée est le rapport entre la valeur C1 indiquée par le FDI et la concentration du gaz dans la bouteille exprimée en ppm C1.

La concentration du gaz d'essai doit se situer à un niveau donnant une réponse correspondant à 80 % environ de l'échelle complète. La concentration doit être connue avec une précision de ± 2 % par rapport à un étalon gravimétrique exprimé en volume. En outre, la bouteille de gaz doit être préalablement conditionnée pendant 24 heures à une température de $298 (25 \text{ }^\circ\text{C}) \pm 5 \text{ K}$.

Les gaz d'essai à utiliser et les gammes de facteurs de réponse à recommander sont les suivants :

Méthane et air synthétique purifié : $1,00 \leq R_f \leq 1,15$

Propylène et air synthétique purifié : $0,90 \leq R_f \leq 1,1$

Toluène et air synthétique purifié : $0,90 \leq R_f \leq 1,10$

par rapport à un facteur de réponse (R_f) de 1,00 pour le propane et l'air synthétique purifié.

1.8.3. Contrôle d'interférence d'oxygène

Le contrôle d'interférence d'oxygène doit être défini lors de la mise en service d'un analyseur et, par la suite, à de longs intervalles pendant la durée de service.

Le facteur de réponse est défini et doit être déterminé conformément au paragraphe 1.8.2. Le gaz d'essai à utiliser et la gamme de facteurs de réponse recommandée sont les suivants :

Propane et azote : $0,95 \leq R_f \leq 1,05$

par rapport à un facteur de réponse (R_f) de 1,00 pour le propane et l'air synthétique purifié.

La concentration d'oxygène dans l'air contenu dans le brûleur du FID ne doit pas se situer à plus de ± 1 % en mole de la concentration d'oxygène de l'air du brûleur utilisée lors du dernier contrôle d'interférence de l'oxygène. Si la différence est supérieure, l'interférence de l'oxygène doit être contrôlée et l'analyseur réglé si nécessaire.

1.9. Effets d'interférence avec les analyseurs NDIR et CLD

Des gaz présents dans l'échappement autres que celui qui est en cours d'analyse peuvent interférer de plusieurs manières avec les relevés. Il y a interférence positive dans les instruments NDIR lorsque le gaz qui interfère donne le même effet que celui qui est mesuré mais à un degré moindre. Il y a interférence négative dans les instruments NDIR lorsqu'un gaz interférent élargit la bande d'absorption du gaz mesuré, et dans les instruments CLD lorsque le gaz interférent atténue le rayonnement. Les contrôles d'interférence indiqués dans les paragraphes 1.9.1. et 1.9.2. doivent être exécutés avant la première mise en service d'un analyseur et, par la suite, à de longs intervalles pendant la durée de service.

1.9.1. Contrôle d'interférence sur l'analyseur de CO

L'eau et le CO_2 peuvent interférer avec le fonctionnement de l'analyseur de CO. On laissera par conséquent barboter dans de l'eau, à température ambiante, un gaz d'étalonnage contenant du CO_2 d'une concentration de 80 à 100 % de l'échelle complète de la plage de mesure maximale en cours d'essai et on enregistrera la réponse de l'analyseur. Celle-ci ne devra pas dépasser 1 % de l'échelle complète pour les plages égales ou supérieures à 300 ppm ou 3 ppm pour les plages inférieures à 300 ppm.

1.9.2. Vérifications des effets d'atténuation dans l'analyseur de NO_x

Les deux gaz à considérer pour les analyseurs CLD (et HCLD) sont le CO_2 et la vapeur d'eau. Les degrés d'atténuation dus à ces gaz sont proportionnels à leurs concentrations et nécessitent par conséquent des techniques d'essai pour déterminer l'effet d'atténuation aux concentrations les plus élevées prévues pendant l'essai.

1.9.2.1. Vérification de l'effet d'atténuation du CO_2

On fera passer à travers l'analyseur NDIR un gaz d'étalonnage du CO_2 dans une concentration de 80 à 100 % de l'échelle complète de la plage de fonctionnement maximale et on enregistrera la valeur de CO_2 (A). Il sera ensuite dilué à 50 % avec un gaz d'étalonnage du NO et on le fera passer à travers le NDIR et le (H) CLD en enregistrant les valeurs de CO_2 et NO (respectivement B et C).

On fermera l'arrivée de CO₂ pour que seul le gaz d'étalonnage du NO passe à travers le (H) CLD et on enregistrera la valeur de NO (D).

L'effet d'atténuation sera calculé comme suit :

$$\% \text{CO}_2 \text{ d'atténuation} = \left[1 - \left(\frac{CxA}{(DxA) - (DxB)} \right) \right] \times 100$$

et il ne devra pas être supérieur à 3 % de l'échelle complète où :

A = Concentration du CO₂ non dilué mesurée avec le NDIR (%)

B = Concentration du CO₂ dilué mesurée avec le NDIR (%)

C = Concentration du NO dilué mesurée avec le CLD (ppm)

D = Concentration du NO non dilué mesurée avec le CLD (ppm).

1.9.2.2. Vérification de l'effet d'atténuation de l'eau

Cette vérification s'applique uniquement aux mesures de concentration de gaz humides. Le calcul de l'effet d'atténuation de l'eau doit tenir compte de la dilution du gaz d'étalonnage NO dans la vapeur d'eau et de l'établissement d'un rapport entre la concentration de vapeur d'eau du mélange et celle prévue pendant l'essai. Un gaz d'étalonnage du NO ayant une concentration de 80 à 100 % de l'échelle complète par rapport à la plage de fonctionnement normal doit traverser le (H) CLD et la valeur de NO enregistrée en tant que valeur D. On doit laisser le NO gazeux barboter dans l'eau à température ambiante et à travers le (H) CLD et enregistrer la valeur de NO en tant que valeur C. La pression de fonctionnement absolu de l'analyseur et la température de l'eau doivent être déterminées et enregistrées respectivement en tant que valeurs E et F. La pression de vapeur de saturation du mélange qui correspond à la température de l'eau du barboteur (F) doit être déterminée et enregistrée en tant que valeur G. La concentration de vapeur d'eau (en %) du mélange doit être calculée comme suit :

$$H = 100 \times \left(\frac{G}{E} \right)$$

et enregistrée en tant que valeur H. La concentration prévue du gaz d'étalonnage NO dilué (dans la vapeur d'eau) doit être calculée comme suit :

$$De = D \times \left(1 - \frac{H}{100} \right)$$

et enregistrée en tant que valeur De. Pour l'échappement des moteurs diesel, la concentration maximale de la vapeur d'eau d'échappement (en %) prévue en cours d'essai doit être estimée

dans l'hypothèse d'un rapport atomique H/C du carburant de 1,8 à 1, à partir de la concentration de gaz d'étalonnage du CO₂ non dilué (A, mesurée comme indiqué au paragraphe 1.9.2.1.) comme suit :

$$Hm = 0,9 \times A$$

et enregistrée en tant que valeur Hm.

L'effet d'atténuation de l'eau sera calculé comme suit :

$$\%H_2O \text{ d'atténuation} = 100 \times \left(\frac{De - C}{De} \right) \times \left(\frac{Hm}{H} \right)$$

et ne doit pas dépasser 3 %.

De = Concentration prévue de NO dilué (ppm)

C = Concentration de NO dilué (ppm)

Hm = Concentration maximale de la vapeur d'eau (%)

H = Concentration réelle de la vapeur d'eau (%)

Note : Il est important que le gaz d'étalonnage du NO contienne une concentration minimale de NO₂ pour cette vérification, étant donné qu'il n'a pas été tenu compte de l'absorption du NO₂ dans l'eau pour les calculs d'effets d'atténuation.

1.10. Intervalles d'étalonnage

Les analyseurs doivent être étalonnés conformément au paragraphe 1.5. tous les trois mois au moins ou à l'occasion de chaque réparation ou changement de système susceptible d'influer sur l'étalonnage.

2. Etalonnage du système de mesure des particules

2.1. Introduction

Chaque élément sera étalonné aussi souvent qu'il le faudra pour respecter les conditions de précision de la présente norme. La méthode d'étalonnage à utiliser est décrite dans ce paragraphe pour les éléments indiqués au paragraphe 1.5. de l'appendice 1 de l'annexe 4 et à l'appendice 4 de l'annexe 4.

2.2. Débit

Les compteurs à gaz ou débitmètres seront étalonnés conformément aux normes nationales et/ou internationales.

L'erreur maximale de la valeur mesurée sera de ± 2 % du relevé.

Si le débit du gaz est déterminé par mesure différentielle de l'écoulement, l'erreur maximale de la différence sera

telle que la précision du G_{BDF} sera de $\pm 4 \%$ (voir aussi le paragraphe 1.2.1.1. EGA de l'appendice 4 de l'annexe 4). Il pourra être calculé en prenant la racine carrée moyenne des erreurs de chaque instrument.

2.3. Vérification du rapport de dilution

Pour utiliser des systèmes d'échantillonnage des particules sans EGA (par. 1.2.1.1. de l'appendice 4 de l'annexe 4), on vérifiera le rapport de dilution pour chaque installation de moteur neuf, alors que le moteur tourne, en utilisant les mesures de concentration du CO_2 ou du NO_x dans les gaz d'échappement bruts et dilués.

Le rapport de dilution mesuré sera de $\pm 10 \%$ du rapport de dilution calculé à partir de la mesure de concentration de CO_2 ou NO_x .

2.4. Vérification des conditions d'écoulement partiel

La plage des oscillations de vitesse et de pression des gaz d'échappement sera vérifiée et réglée conformément aux prescriptions du paragraphe 1.2.1.1., EP, de l'appendice 4 de l'annexe 4, le cas échéant.

2.5. Intervalles d'étalonnage

Les instruments de mesure du débit seront étalonnés au moins tous les trois mois, ou chaque fois qu'une modification apportée au système risquerait d'influer sur l'étalonnage.

Annexe 4 - Appendice 3

1. Evaluation et calculs de données

1.1. Evaluation des données sur les émissions gazeuses

Pour évaluer les émissions gazeuses, on prendra la moyenne de l'indication du tableau des 60 dernières secondes de chaque mode et les concentrations moyennes (conc.) de HC, CO, NO_x et CO₂, si on utilise la méthode d'équivalence en carbone, pendant chaque mode, seront déterminées à partir des relevés de tableaux moyens et des données d'étalonnage correspondantes. On pourra utiliser un type d'enregistrement différent s'il garantit l'obtention de données équivalentes.

Les concentrations de fond moyennes (conc_d) peuvent être déterminées d'après les relevés sur les sacs de l'air de dilution ou d'après les relevés de fond continus (autres que sur les sacs) et les données d'étalonnage correspondantes.

1.2. Emissions de particules

Pour évaluer les particules, on enregistre pour chaque mode les masses ($M_{SAM, i}$) ou les volumes ($V_{SAM, i}$) totaux d'échantillonnage passant à travers les filtres.

Les filtres devront être renvoyés à la chambre de pesée et conditionnés pendant au moins deux heures, mais au maximum 80 heures, puis pesés. On enregistrera le poids brut des filtres, et l'on soustraira le poids de la tare (voir par. 11.1.). La masse de particules (M_f pour la méthode à filtre simple; $M_{f, i}$ pour la méthode à filtres multiples) est la somme des masses de particules récupérées sur les filtres primaires et secondaires.

Si une correction de fond doit être appliquée, on enregistrera la masse (M_{DIL}) ou le volume (V_{DIL}) d'air de dilution passant à travers les filtres et la masse de particules (M_d). Si on effectue plus d'une mesure, on devra calculer le quotient M_d/M_{DIL} ou M_d/V_{DIL} pour chaque mesure prise individuellement et prendre la moyenne des valeurs.

1.3. Calcul des émissions gazeuses

Les résultats des essais qui seront indiqués en dernier recours seront obtenus par les opérations suivantes :

1.3.1. Détermination du débit des gaz d'échappement

On déterminera le débit massique des gaz d'échappement (G_{EXHW} , V_{EXHW} ou V_{EXHD}) pour chaque mode, conformément aux paragraphes 1.2.1. à 1.2.3. de l'appendice 1 de l'annexe 4.

Si on utilise un système de dilution en circuit principal, on déterminera le débit massique total des gaz d'échappement dilués (G_{TOTW} , V_{TOTW}) pour chaque mode conformément au paragraphe 1.2.4. de l'appendice 1 de l'annexe 4.

1.3.2. Correction pour le passage de l'état sec à l'état humide

Si on applique les valeurs G_{EXHW} , V_{EXHW} , G_{TOTW} ou V_{TOTW} , on convertira la concentration mesurée sur une base humide, conformément à la formule suivante, si elle n'est pas déjà mesurée sur une base humide :

$$\text{conc (humide)} = K_w \times \text{conc (sèche)}$$

Pour les gaz d'échappement bruts :

$$K_{w,r,1} = \left(1 - F_{FH} \times \frac{G_{FUEL}}{G_{AIRD}} \right) - K_{w2}$$

ou :

$$K_{w,r,2} = \left(\frac{1}{1 + \alpha \times 0,005 \times (\% CO + \% CO_2)} \right) - K_{w2}$$

Pour les gaz d'échappement dilués :

$$K_{w,e,1} = \left(1 - \frac{\alpha \times CO_2 \% (wet)}{200} \right) - K_{w1}$$

ou :

$$K_{w,e,2} = \left(1 + \frac{1 - K_{w1}}{\frac{\alpha \times CO_2 \% (dry)}{200}} \right)$$

Les valeurs de F_{FH} varient en fonction du rapport Lambda-air/carburant :

$$F_{FH} = \frac{13,6 \times 0,1448}{\left(1 + \frac{G_{FUEL}}{G_{AIRW}} \right)} = \frac{1,969}{\left(1 + \frac{G_{FUEL}}{G_{AIRW}} \right)}$$

Pour l'air de dilution :

$$K_{w,d} = 1 - K_{w1}$$

$$K_{w1} = \frac{1,608 \times [H_d \times (1 - 1/DF) + H_a \times (1/DF)]}{1000 + 1,608 \times [H_d \times (1 - 1/DF) + H_a \times (1/DF)]}$$

$$H_d = \frac{6,22 \times R_d \times p_d}{p_B - p_d \times R_d \times 10^{-2}}$$

Pour l'air d'admission (s'il diffère de l'air de dilution) :

$$K_{w,a} = 1 - K_{w2}$$

$$K_{w2} = \frac{1,608 \times H_a}{1000 + (1,608 \times H_a)}$$

$$H_a = \frac{6,22 \times R_a \times p_a}{p_B - p_a \times R_a \times 10^{-2}}$$

où :

H_a = eau en grammes par kilo d'air sec (l'air d'admission)

H_d = eau en grammes par kilo d'air sec (l'air de dilution)

R_d = humidité relative de l'air de dilution (%)

R_a = humidité relative de l'air d'admission (%)

p_d = pression de vapeur de saturation de l'air de dilution (kPa)

p_a = pression de vapeur de saturation de l'air d'admission (kPa)

p_b = pression barométrique totale (kPa).

1.3.3. Correction de l'humidité pour No_x

L'émission de NO_x étant fonction des conditions d'air ambiant, la concentration de NO_x doit être corrigée pour la température de l'air ambiant et l'humidité par les facteurs K_H donnés par les formules suivantes :

$$K_H = \frac{1}{1 + A \times (H_a - 10,71) + B \times (T_a - 298)}$$

où :

$$A = 0,309 \frac{G_{FUEL}}{G_{AIRD}} - 0,0266$$

$$B = -0,209 \frac{G_{FUEL}}{G_{AIRD}} + 0,00954$$

T = températures de l'air en K

$$\frac{G_{FUEL}}{G_{AIRD}} = \text{Rapport carburant/air (air sec)}$$

H_a = humidité de l'air d'admission, eau en grammes par kilo d'air sec :

$$H_a = \frac{6,220 \times R_a \times p_a}{p_B - p_a \times R_a \times 10^{-2}}$$

R_a = humidité relative de l'air d'admission (%)

p_a = pression de vapeur de saturation de l'air d'admission (kPa)

p_b = pression barométrique totale (kPa).

Pour les moteurs diesel équipés d'un échangeur d'air intermédiaire,
 on peut utiliser l'autre équation ci-après :

$$K_H = \frac{1}{1 - 0,012 \times (H_a - 10,71) - 0,00275 \times (T_a - 298) + 0,00285 \times (T_{sc} - T_{scRef})}$$

T_{scRef} = à spécifier par le constructeur.

T_{sc} = température de l'air de suralimentation à la sortie de l'échangeur

1.3.4. Calcul des débits massiques d'émissions

Les débits massiques d'émissions pour chaque mode seront calculés comme suit :

a) Pour les gaz d'échappement bruts :

$$\text{Masse de gaz} = u \times \text{conc} \times G_{EXHW}$$

ou :

$$\text{Masse de gaz} = v \times \text{conc} \times V_{EXHD}$$

ou :

$$\text{Masse de gaz} = w \times \text{conc} \times V_{EXHW}$$

b) Pour les gaz d'échappement dilués :

$$\text{Masse de gaz} = u \times \text{conc}_c \times G_{TOTW}$$

ou :

$$\text{Masse de gaz} = w \times \text{conc}_c \times V_{TOTW}$$

où :

conc_c = la concentration de fond corrigée

$\text{conc}_c = \text{conc} - \text{conc}_c \times (1 - (1/DF))$

$DF = 13,4 / (\text{concCO}_2 + (\text{concCO} + \text{concHC}) \times 10^{-4})$

ou :

$$DF = 13,4 / \text{concCO}_2$$

Les coefficients u - humide, v - sec, w - humide doivent être utilisés conformément au tableau suivant :

Gaz	U	V	W	CONC
NO _x	0,001587	0,002053	0,002053	ppm
CO	0,000966	0,00125	0,00125	ppm
HC	0,000479	-	0,000619	ppm
CO ₂	15,19	19,64	19,64	pour cent

La densité du HC est calculée sur la base d'un rapport moyen carbone/hydrogène de 1/1,85.

1.3.5. Calcul des émissions spécifiques

L'émission sera calculée à partir de tous les composants individuels de la manière suivante :

$$\text{Gaz individuel} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Gas mass}_i \times WF_i}{\sum_{i=1}^n P_i \times WF_i}$$

où $P_i = P_{m,i} + P_{AE,i}$

Les facteurs de pondération et le nombre de modes (n) utilisés dans le calcul ci-dessus sont conformes au paragraphe 3.6.1. de l'annexe 4.

1.4. Calcul de l'émission de particules

L'émission de particules sera calculée de la manière suivante :

1.4.1. Facteur de correction de l'humidité pour les particules

L'émission de particules des moteurs diesel étant fonction des conditions atmosphériques ambiantes, le débit massique de particules sera corrigé pour tenir compte de l'humidité de l'air ambiant par le facteur K_p contenu dans les formules suivantes :

$$K_p = 1/(1 + 0,0133 \times (H_a - 10,71))$$

H_a = humidité de l'air d'admission en grammes d'eau par kilo d'air sec

$$H_a = \frac{6,22 \times R_a \times p_a}{p_B - p_a \times R_a \times 10^{-2}}$$

R_a = humidité relative de l'air d'admission (%)

p_a = pression de vapeur de saturation de l'air d'admission (kPa)

p_B = pression barométrique totale (kPa).

1.4.2. Système de dilution en circuit partiel

On obtiendra les résultats d'essais finals rapportés de l'émission de particules par les opérations suivantes. Différents types de commande du débit de dilution pouvant être utilisés, différentes méthodes de calcul de G_{EDF} ou V_{EDF} seront applicables. Tous les calculs seront effectués sur la base des valeurs moyennes des différents modes pendant la période d'échantillonnage.

1.4.2.1. Systèmes isocinétiques

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} \times q_i$$

ou :

$$V_{EDFW,i} = V_{EXHW,i} \times q_i$$

$$q_i = \frac{G_{DILW,i} + (G_{EXHW,i} \times r)}{(G_{EXHW,i} \times r)}$$

ou :

$$q_i = \frac{V_{DILW,i} + (V_{EXHW,i} \times r)}{(V_{EXHW,i} \times r)}$$

où r correspond au rapport entre les coupes transversales de la sonde isocinétique et du tuyau d'échappement :

$$r = \frac{A_p}{A_T}$$

1.4.2.2. Systèmes avec mesure de la concentration de CO₂ ou NO_x

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} \times q_i$$

ou :

$$V_{EDFW,i} = V_{EXHW,i} \times Q_i$$

$$Q_i = \frac{Conc_{E,i} - Conc_{A,i}}{Conc_{D,i} - Conc_{A,i}}$$

où :

Conc_E = concentration humide de gaz marqueur dans les gaz d'échappement bruts

Conc_D = concentration humide de gaz marqueur dans les gaz d'échappement dilués

Conc_A = concentration humide de gaz marqueur dans l'air de dilution.

Les concentrations mesurées sur une base sèche seront converties en base humide conformément au paragraphe 1.3.2. du présent appendice.

1.4.2.3. Systèmes avec mesure du CO₂ et méthode d'équivalence en carbone

$$G_{EDFW,i} = \frac{206,6 \times G_{FUEL,i}}{CO_{2D,i} - CO_{2A,i}}$$

où :

CO_{2D} = concentration de CO₂ dans les gaz d'échappement dilués

CO_{2A} = concentration de CO₂ dans l'air de dilution

(concentrations en volume (%) sur une base humide)

Cette équation repose sur l'hypothèse d'un équilibre du carbone (les atomes de carbone fournis au moteur sont émis sous forme de CO₂) et obtenue par les étapes suivantes :

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} \times Q_i$$

et :

$$Q_i = \frac{206,6 \times G_{FUEL,i}}{G_{EXHW,i} \times (CO_{2D,i} - CO_{2A,i})}$$

1.4.2.4. Systèmes avec mesure de débit

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} \times Q_i$$

$$Q_i = \frac{G_{TOTW,i}}{(G_{TOTW,i} - G_{DILW,i})}$$

1.4.3. Système de dilution en circuit principal

Les résultats d'essais finals rapportés sur l'émission de particules seront obtenus par les opérations ci-après :

Tous les calculs seront établis sur la base des valeurs moyennes des différents modes pendant la période d'échantillonnage.

$$G_{EDFW, i} = G_{TOTW, i}$$

ou :

$$V_{EDFW, i} = V_{TOTW, i}$$

1.4.4. Calcul du débit massique de particules

Le débit massique de particules sera calculé comme suit :

Pour la méthode à filtre simple :

$$PT_{mass} = \frac{M_f \times (G_{EDF})_{aver}}{M_{SAM} \times 1000}$$

ou :

$$PT_{mass} = \frac{M_f \times (V_{EDFW})_{aver}}{V_{SAM} \times 1000}$$

où :

$(G_{EDFW})_{aver}$, $(V_{EDFW})_{aver}$, $(M_{SAM})_{aver}$, $(V_{SAM})_{aver}$ au cours du cycle d'essai seront calculés en additionnant les valeurs moyennes des différents modes durant la période d'échantillonnage :

$$(G_{EDFW})_{aver} = \sum_{i=1}^n G_{EDFW, i} \times WF_i$$

$$(V_{EDFW})_{aver} = \sum_{i=1}^n V_{EDFW, i} \times WF_i$$

$$M_{SAM} = \sum_{i=1}^n M_{SAM, i}$$

$$V_{SAM} = \sum_{i=1}^n V_{SAM, i}$$

où $i = 1, \dots, n$

Pour la méthode à filtres multiples :

$$PT_{mass, i} = \frac{M_{f, i} \times (G_{EDFW, i})}{M_{SAM, i} \times 1000}$$

ou :

$$PT_{mass, i} = \frac{M_{f, i} \times (V_{EDFW, i})}{V_{SAM, i} \times 1000}$$

où $i = 1, \dots, n$

Le débit massique de particules pourra être corrigé en fonction du fond comme suit :

Pour la méthode à filtres simples :

$$PT_{mass} = \left[\frac{M_f}{M_{SAM}} - \left(\frac{M_d}{M_{DIL}} \times \left(1 - \frac{1}{DF} \right) \right) \right] \times \left[\frac{(G_{EDFW})_{aver}}{1000} \right]$$

ou :

$$PT_{mass} = \left[\frac{M_f}{V_{SAM}} - \left(\frac{M_d}{V_{DIL}} \times \left(1 - \frac{1}{DF} \right) \right) \right] \times \left[\frac{(V_{EDFW})_{aver}}{1000} \right]$$

Si plus d'une mesure est effectuée, (M_d/M_{DIL}) ou (M_d/V_{DIL}) seront remplacés respectivement par $(M_d/M_{DIL})_{aver}$ ou $(M_d/V_{DIL})_{aver}$.

$$DF = \frac{13,4}{concCO_2 + (concCO + concHC) \times 10^{-4}}$$

ou :

$$DF = 13,4 / concCO_2$$

Pour la méthode à filtres multiples :

$$PT_{mass, i} = \left[\frac{M_{f, i}}{M_{SAM, i}} - \left(\frac{M_d}{M_{DIL}} \times \left(1 - \frac{1}{DF} \right) \right) \right] \times \left[\frac{G_{EDFW, i}}{1000} \right]$$

ou :

$$PT_{mass, i} = \left[\frac{M_{f, i}}{V_{SAM, i}} - \left(\frac{M_d}{V_{DIL}} \times \left(1 - \frac{1}{DF} \right) \right) \right] \times \left[\frac{V_{EDFW, i}}{1000} \right]$$

Si plus d'une mesure est effectuée, (M_d/M_{DIL}) ou (M_d/V_{DIL}) seront remplacés respectivement par $(M_d/M_{DIL})_{aver}$ ou $(M_d/V_{DIL})_{aver}$.

$$DF = \frac{13,4}{concCO_2 + (concCO + concHC) \times 10^{-4}}$$

ou :

$$DF = 13,4 / concCO_2$$

1.4.5. Calcul des émissions spécifiques

L'émission de particules sera calculée de la manière suivante :

Pour la méthode à filtre simple :

$$PT = \frac{PT_{mass}}{\sum_{i=1}^n P_i \times WF_i}$$

Pour la méthode à filtres multiples :

$$PT = \frac{\sum_{i=1}^n PT_{mass,i} \times WF_i}{\sum_{i=1}^n P_i \times WF_i}$$

$$P_i = P_{m,i} + P_{AE,i}$$

1.4.6. Facteur de pondération effectif

Pour la méthode à filtre simple, le facteur de pondération effectif $WF_{E,i}$ pour chaque mode sera calculé de la manière suivante :

$$WF_{E,i} = \frac{M_{SAM,i} \times (G_{EDF})_{aver}}{M_{SAM} \times (G_{EDFW,i})}$$

ou :

$$WF_{E,i} = \frac{V_{SAM,i} \times (V_{EDFW})_{aver}}{V_{SAM} \times (V_{EDFW,i})}$$

où $i = 1, \dots, n$

La valeur des facteurs de pondération effectifs ne s'écartera pas de plus de $\pm 0,005$ (en valeur absolue) des facteurs de pondération indiqués au paragraphe 3.6.1. de l'annexe 4.

Annexe 4 - Appendice 4

1. Système d'analyse et d'échantillonnage

Systèmes d'échantillonnage des gaz et des particules

<u>Figure</u>	<u>Description</u>
2	Système d'analyse des gaz d'échappement bruts
3	Système d'analyse des gaz d'échappement dilués
4	Circuit partiel, débit isocinétique, réglage de l'aspirateur, échantillonnage fractionné
5	Circuit partiel, débit isocinétique, réglage de la soufflante, échantillonnage fractionné
6	Circuit partiel, mesure du CO ₂ ou des NO _x , échantillonnage fractionné
7	Circuit partiel, mesure du CO ₂ et équivalence en carbone, échantillonnage total
8	Circuit partiel, venturi simple et mesure des concentrations, échantillonnage fractionné
9	Circuit partiel, venturi double ou orifice double et mesure des concentrations, échantillonnage fractionné
10	Circuit partiel, séparation par tubes multiples et mesure des concentrations, échantillonnage fractionné
11	Circuit partiel, réglage du débit, échantillonnage total
12	Circuit partiel, réglage du débit, échantillonnage fractionné
13	Circuit principal, pompe volumétrique ou tube à venturi à débit critique, échantillonnage fractionné
14	Système d'échantillonnage des particules
15	Système de dilution en circuit principal

1.1. Détermination des émissions gazeuses

Le paragraphe 1.1.1. et les figures 2 et 3 décrivent en détail les systèmes d'échantillonnage et d'analyse recommandés. Différentes configurations pouvant donner les mêmes résultats, il n'est pas nécessaire de se conformer rigoureusement aux schémas. On peut utiliser des éléments complémentaires tels qu'instruments, robinets, solénoïdes, pompes et commutateurs, pour obtenir d'autres renseignements et coordonner les fonctions des divers systèmes constituant l'ensemble. D'autres éléments non indispensables pour assurer la précision de certains systèmes peuvent être éliminés à condition que la décision soit fondée sur des jugements techniques valables.

1.1.1. Composantes CO, CO₂, HC et NO_x des gaz d'échappement

Le système d'analyse servant à déterminer la composante gazeuse des gaz d'échappement bruts ou dilués comprend les éléments suivants :

- un analyseur HFID pour la mesure des hydrocarbures;
- des analyseurs NDIR pour la mesure du monoxyde de carbone et du dioxyde de carbone;
- un détecteur HCLD ou l'équivalent pour la mesure des oxydes d'azote.

Pour les gaz d'échappement bruts (voir fig. 2), l'échantillon pour toutes les composantes peut être prélevé au moyen d'une seule sonde ou de deux sondes proches l'une de l'autre et comportant des bifurcations internes menant aux différents analyseurs. Il faut veiller à ce qu'aucune des composantes des gaz d'échappement (notamment l'eau et l'acide sulfurique) ne se condense en un point quelconque du système d'analyse.

Pour les gaz d'échappement dilués (voir fig. 3), l'échantillon pour la mesure des hydrocarbures ne doit pas être prélevé avec la même sonde que celle utilisée pour les autres composantes. Il faut veiller là aussi à ce qu'aucune des composantes des gaz d'échappement (notamment l'eau et l'acide sulfurique) ne se condense en un point quelconque du système d'analyse.

Figure 2

Schéma du système d'analyse des gaz d'échappement pour la mesure des CO, NO_x et HC

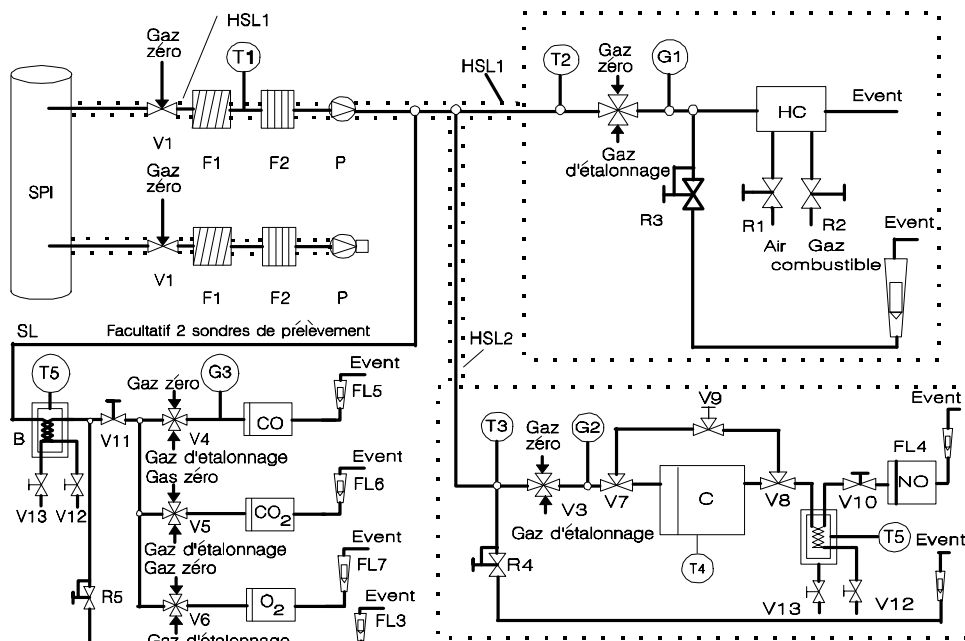


Figure 2

Figure 3

Schéma du système d'analyse des gaz d'échappement dilués
 pour la mesure des CO, CO₂, NO_x et HC

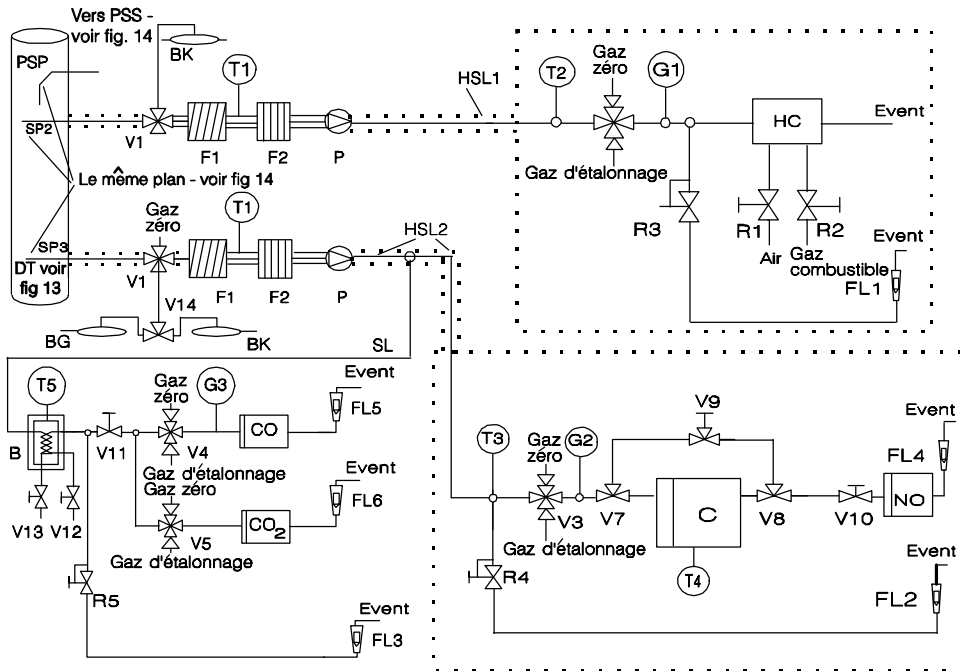


Figure 3

Descriptions - figures 2 et 3

Indication générale :

Tous les éléments situés sur le circuit de prélèvement des gaz doivent être maintenus à la température indiquée pour chacun des systèmes.

Sonde SP1 pour les gaz d'échappement bruts (fig. 2 seulement)

Il est recommandé d'utiliser une sonde statique en acier inoxydable, fermée au bout et comportant plusieurs orifices. Son diamètre intérieur ne doit pas dépasser celui de la conduite de prélèvement. L'épaisseur de la paroi de la sonde doit être au maximum de 1 mm. Elle devra comporter au minimum trois orifices dans trois plans radiaux différents, dont les dimensions permettent de prélever approximativement le même volume. La sonde doit s'étendre sur 80 % au moins du diamètre du tuyau d'échappement.

Sonde SP2 pour l'analyse des HC dans les gaz d'échappement dilués (fig. 3 seulement)

La sonde :

- sera, par définition, constituée par la première section de 254 à 762 mm de la conduite de prélèvement des hydrocarbures (HSL3);
- devra avoir un diamètre intérieur d'au moins 5 mm;
- devra être montée dans le tunnel de dilution DT (par. 1.2.1.1.) à un point où l'air de dilution et les gaz d'échappement sont bien mélangés (c'est-à-dire à une distance d'environ 10 fois le diamètre du tunnel en aval du point où les gaz d'échappement pénètrent dans le tunnel);
- devra être suffisamment éloignée (distance radiale) des autres sondes et de la paroi du tunnel pour ne pas subir l'influence de remous ou de tourbillons;
- devra être chauffée, afin que la température des gaz atteigne 463 K (190 °C) ± 10 K à la sortie de la sonde.

Sonde SP3 pour l'analyse des CO, CO₂ et NO_x des gaz d'échappement dilués (fig. 3 seulement)

La sonde :

- devra être dans le même plan que SP2;
- devra être suffisamment éloignée (distance radiale) des autres sondes et de la paroi du tunnel pour ne pas subir l'influence de remous ou de tourbillons;
- devra être isolée et chauffée sur toute sa longueur, à une température minimum de 328 K (55 °C) afin d'empêcher la condensation de l'eau.

Conduite de prélèvement chauffée HSL1

Au moyen d'une seule sonde, la conduite envoie des échantillons de gaz en direction des points de bifurcation et de l'analyseur des HC.

La conduite devra :

- avoir un diamètre intérieur de 5 mm au minimum et de 13,5 mm maximum;
- être en acier inoxydable ou en PTFE;
- maintenir la température de la paroi à 463 K (190 °C) ± 10 K au cas où la température des gaz d'échappement au niveau de la sonde serait égale ou inférieure à 463 K (190 °C); la température sera mesurée sur chacune des sections chauffées pouvant être contrôlées séparément;
- maintenir la température de la paroi au-dessus de 453 K (180 °C) au cas où la température des gaz d'échappement au niveau de la sonde serait supérieure à 463 K (190 °C);
- maintenir la température des gaz à 463 K (190 °C) ± 10 K immédiatement en amont du filtre chauffé (F2) et du détecteur HFID.

Conduite de prélèvement chauffée HSL2 pour NO_x

La conduite de prélèvement devra :

- maintenir la paroi à une température comprise entre 328 et 473 K (55 à 200 °C) jusqu'au convertisseur dans le cas où l'on utilise un refroidisseur et jusqu'à l'analyseur dans le cas contraire;
- être en acier inoxydable ou en PTFE.

Comme la conduite de prélèvement n'est chauffée que pour empêcher la condensation de l'eau et de l'acide sulfurique, sa température dépendra de la teneur du carburant en soufre.

Conduite de prélèvement SL pour CO (CO₂)

La conduite sera en acier inoxydable ou en PTFE. Elle peut être chauffée ou non.

Sac de prélèvement pour particules de fond BK (facultatif; fig. 3 seulement)

Ce sac sert à mesurer les concentrations particulières de fond.

Sac de prélèvement BG (facultatif; fig. 3, CO et CO₂ seulement)

Pour mesurer les concentrations d'échantillons.

Préfiltre chauffé F1 (facultatif)

La température sera la même que pour la conduite HSL1.

Filtre chauffé F2

Le filtre a pour fonction d'extraire toute particule solide de l'échantillon de gaz avant que celui-ci n'arrive à l'analyseur. La température sera la même que celle de la conduite HSL1. Le filtre sera changé selon les besoins.

Pompe de prélèvement chauffée P

La pompe sera chauffée à la température de la conduite HSL1.

HC

Détecteur à ionisation de flamme chauffé (HFID) pour la détermination des hydrocarbures. La température doit être maintenue à 453-473 K (180-200 °C).

CO, CO₂

Analyseurs NDIR pour la détermination du monoxyde et du dioxyde de carbone.

NO₂

Détecteur CLD (non chauffé) ou HCLD (chauffé) pour la détermination des oxydes d'azote. Si l'on utilise un de ces détecteurs, il devra être maintenu à une température comprise entre 328 et 473 K (55 à 200 °C).

Convertisseur C

Un convertisseur est utilisé pour la réduction catalytique de NO₂ à NO avant l'analyse par le CLD ou le HCLD.

Bain de refroidissement B

Pour refroidir et condenser l'eau contenue dans l'échantillon. Le bain sera maintenu à une température comprise entre 273 et 277 K (0 à 4 °C) au moyen de glace ou par réfrigération. Cet instrument est facultatif si l'analyseur ne contient aucune vapeur d'eau selon la définition donnée dans les paragraphes 1.9.1. et 1.9.2., annexe 4, appendice 3.

L'élimination de l'eau dans l'échantillon ne doit pas se faire au moyen de dessiccatifs chimiques.

Capteur de température T1, T2, T3

Sert à relever la température des gaz.

Capteur de température T4

Pour relever la température du convertisseur NO₂ - NO.

Capteur de température T5

Pour enregistrer la température du bain de refroidissement.

Manomètres G1, G2, G3

Pour mesurer la pression à l'intérieur des conduites de prélèvement.

Régulateurs de pression R1 et R2

Pour régler respectivement la pression de l'air et du carburant arrivant au HFID.

Régulateurs de pression R3, R4, R5

Pour régler la pression dans les conduites de prélèvement et le débit en direction des analyseurs.

Débitmètres FL1, FL2, FL3

Pour mesurer le débit de dérivation des gaz prélevés.

Débitmètres FL4 à FL7 (facultatif)

Pour mesurer le débit dans les analyseurs.

Robinets de sélection V1 à V6

Pour envoyer au choix dans l'analyseur l'échantillon prélevé, le gaz d'étalonnage, de l'air ou le gaz zéro.

Robinets à solénoïde V7, V8

Pour contourner le convertisseur NO₂ - NO.

Robinet à pointeau V9

Pour équilibrer le débit entre le convertisseur NO₂ - NO et la dérivation.

Robinets à pointeau V10, V11

Pour régler les débits en direction des analyseurs.

Robinets de purge V12, V13

Pour évacuer le condensat du bain B.

Robinets de sélection V14

Pour choisir l'échantillon ou le sac de prélèvement pour les concentrations de fond.

1.2. Détermination des particules

Les paragraphes 1.2.1. et 1.2.2. et les figures 4 à 15 décrivent en détail les systèmes recommandés pour la dilution et les prélèvements. Différentes configurations pouvant donner les mêmes résultats, il n'est pas nécessaire de se conformer rigoureusement aux schémas. On peut utiliser des éléments complémentaires tels qu'instruments, robinets, solénoïdes, pompes et commutateurs pour obtenir d'autres renseignements et coordonner les fonctions des divers systèmes constituant l'ensemble. D'autres éléments qui ne sont pas indispensables pour assurer la précision de certains systèmes peuvent être éliminés à condition que la décision soit fondée sur des jugements techniques valables.

1.2.1. Système de dilution

1.2.1.1. Système de dilution en circuit partiel (fig. 4 à 12)

Le système de dilution présenté fonctionne sur le principe de la dilution d'une partie du volume des gaz d'échappement. Le fractionnement de ce volume et l'opération de dilution qui y fait suite peuvent être effectués par différents systèmes. Pour la collecte ultérieure des particules, on peut faire passer à travers le système de prélèvement des particules (par. 1.2.2., fig. 14) soit le volume total des gaz d'échappement dilués, soit une fraction seulement, de celui-ci. La première méthode s'appelle un système d'échantillonnage total, la seconde un système d'échantillonnage partiel.

Le calcul du coefficient de dilution dépend du système utilisé.

Les différents systèmes recommandés sont les suivants :

Systèmes isocinétiques (fig. 4 et 5)

Avec ces systèmes, le flux des gaz arrivant au tube de transfert doit avoir une vitesse et/ou une pression égales à celles de la masse totale des gaz d'échappement, ce qui exige un flux non perturbé et uniforme au niveau de la sonde. On y parvient généralement en utilisant un résonateur et un tube d'amenée rectiligne en amont du point de prélèvement. Le coefficient de fractionnement se calcule ensuite à partir de valeurs aisément mesurables comme les diamètres des tubes. On notera que la méthode isocinétique n'est utilisée que pour égaliser les caractéristiques du débit et non pour égaliser la distribution des dimensions. En règle générale, celle-ci n'est pas nécessaire puisque les particules sont suffisamment fines pour suivre la ligne de courant des fluides.

Systemes avec réglage des débits et mesure des concentrations
(fig. 6 à 10)

Avec ces systèmes, on prélève un échantillon de la masse totale des gaz en réglant le débit d'air de dilution et le débit total des gaz dilués. Le coefficient de dilution est déterminé d'après les concentrations de gaz marqueurs, tels que CO₂ et NO_x, qui sont naturellement présents dans les gaz d'échappement de moteurs. On mesure les concentrations dans les gaz dilués et dans l'air de dilution, tandis que la concentration dans les gaz bruts peut soit être mesurée directement, soit déterminée à partir du débit du carburant et de l'équation du bilan au carbone, à condition que l'on connaisse la composition du carburant. Les systèmes peuvent être réglés d'après le coefficient de dilution calculé (fig. 6 et 7) ou d'après le débit à l'intérieur du tube de transfert (fig. 8, 9 et 10).

Systemes avec réglage et mesure du débit (fig. 11 et 12)

Avec ces systèmes, on prélève un échantillon dans la masse totale des gaz d'échappement en réglant le débit de l'air de dilution et le débit du volume total des gaz dilués. Le coefficient de dilution est calculé d'après la différence entre les deux débits. Cette méthode exige un étalonnage précis des débitmètres l'un par rapport à l'autre, l'importance relative des deux débits pouvant entraîner des erreurs considérables lorsque les coefficients de dilution sont élevés (fig. 9 et suiv.). Le réglage des débits s'effectue très facilement en maintenant constant le débit des gaz d'échappement dilués et en faisant varier, au besoin, le débit de l'air de dilution.

Pour pouvoir tirer parti des systèmes de dilution en circuit partiel, il faut éviter les problèmes que poserait la perte de particules dans le tube de transfert, veiller à obtenir un échantillon représentatif des gaz d'échappement du moteur, et déterminer le coefficient de fractionnement.

Les systèmes présentés ici tiennent compte de ces facteurs essentiels.

Figure 4

Système de dilution en circuit partiel avec sonde isocinétique
et échantillonnage fractionné

(réglage par aspirateur)

Les gaz d'échappement bruts sont transférés du tuyau d'échappement EP au tunnel de dilution DT au moyen du tube de transfert TT et de la sonde isocinétique ISP. La différence de pression des gaz entre le tuyau d'échappement et l'entrée de la sonde est mesurée avec le transducteur DPT. Le signal est transmis au régulateur de débit FC1 commandant l'aspirateur SB, afin de maintenir une différence de pression nulle à la pointe de la sonde. Dans ces conditions, les vitesses des gaz en EP et ISP sont identiques et le débit à travers ISP et TT est une fraction constante de la masse totale des gaz. Le coefficient de fractionnement est déterminé d'après la surface des sections d'EP et d'ISP. Le débit de l'air de dilution est mesuré au moyen du débitmètre FM1. Le coefficient de dilution est calculé d'après le débit de l'air de dilution et le coefficient de fractionnement.

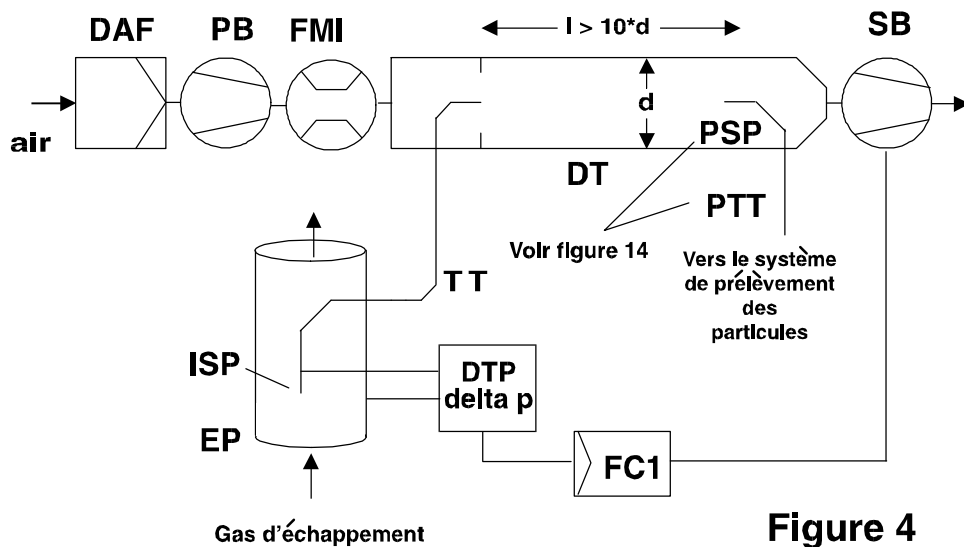


Figure 5

Système de dilution en circuit partiel avec sonde isocinétique
et échantillonnage fractionné

(réglage par soufflante)

Les gaz d'échappement bruts sont transférés du tuyau d'échappement EP au tunnel de dilution DT au moyen du tube de transfert TT et de la sonde isocinétique ISP. La différence de pression des gaz entre le tuyau d'échappement et l'entrée de la sonde est mesurée au moyen du transducteur DPT. Le signal est transmis au régulateur de débit FC1 commandant la soufflante PB, afin de maintenir une différence de pression nulle à la pointe de la sonde. On y parvient en prélevant une petite fraction de l'air de dilution dont le débit a déjà été mesuré avec le débitmètre FM1 et en l'amenant à travers TT au moyen d'un orifice pneumatique. Dans ces conditions, les vitesses des gaz d'échappement en EP et ISP sont identiques et le débit à travers ISP et TT est une fraction constante de la masse totale des gaz. Le coefficient de fractionnement est déterminé d'après la surface des sections d'EP et d'ISP. L'air de dilution est aspiré à travers DT par l'aspirateur SB et le débit est mesuré par FM1 à l'entrée de DT. Le coefficient de dilution est calculé d'après le débit de l'air de dilution et le coefficient de fractionnement.

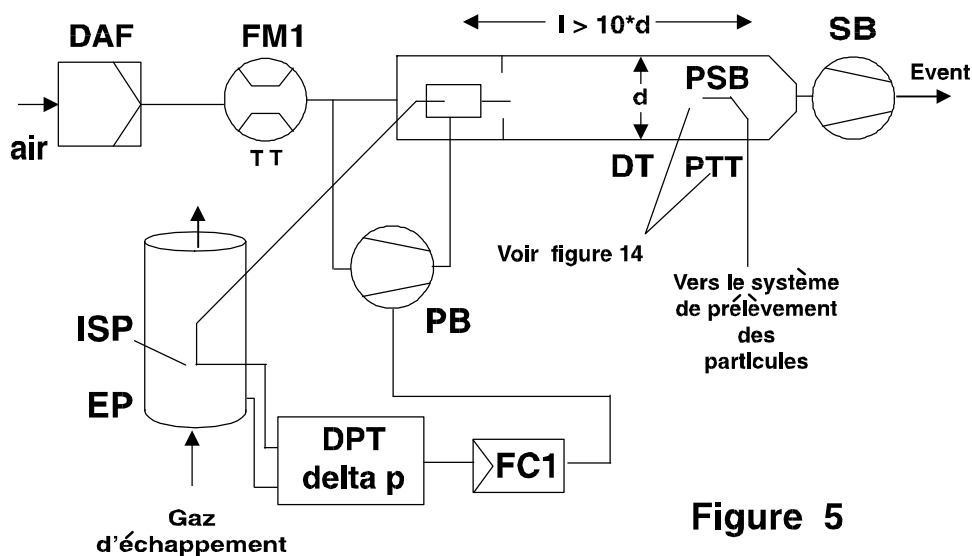


Figure 5

Figure 6

Système de dilution en circuit partiel avec mesure des concentrations de CO₂ ou de NO_x et échantillonnage fractionné

Les gaz d'échappement bruts sont transférés du tuyau d'échappement EP au tunnel de dilution DT au moyen de la sonde SP et du tube de transfert TT. Les concentrations de gaz marqueurs (CO₂ ou NO_x) sont mesurées dans les gaz bruts et dilués, de même que dans l'air de dilution, au moyen d'un ou plusieurs analyseurs EGA. Les signaux sont transmis au régulateur de débit FC2 qui commande soit la soufflante PB, soit l'aspirateur SB, de façon à assurer dans DT le fractionnement des gaz d'échappement et le coefficient de dilution souhaités. Le coefficient de dilution est calculé d'après les concentrations de gaz marqueurs dans les gaz bruts, les gaz dilués et l'air de dilution.

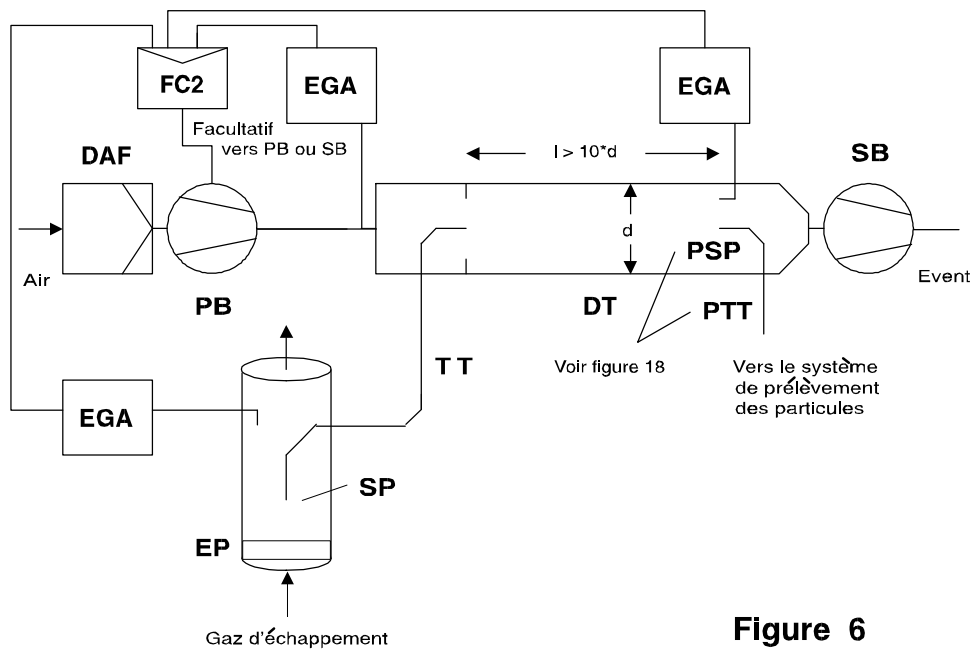


Figure 6

Figure 7

Système de dilution en circuit partiel avec mesure
 des concentrations de CO₂, équivalence en carbone
 et échantillonnage total

Les gaz d'échappement bruts sont transférés du tuyau d'échappement EP au tunnel de dilution DT au moyen de la sonde SP et du tube de transfert TT. Les concentrations de CO₂ sont mesurées dans les gaz dilués et dans l'air de dilution au moyen d'un ou plusieurs analyseurs EGA. Les signaux CO₂ et G_{FUEL} (débit massique du carburant) sont transmis soit au régulateur de débit FC2, soit au régulateur de débit FC3 du système de prélèvement des particules (voir fig. 14). FC2 commande la soufflante PB, le régulateur FC3 commande le système de prélèvement des particules (voir fig. 14); ils règlent ainsi les débits à l'entrée et à la sortie du système et assurent dans DT le fractionnement des gaz d'échappement et le coefficient de dilution souhaités. On calcule le coefficient de dilution d'après les concentrations de CO₂ et d'après G_{FUEL} avec la méthode de l'équivalence en carbone.

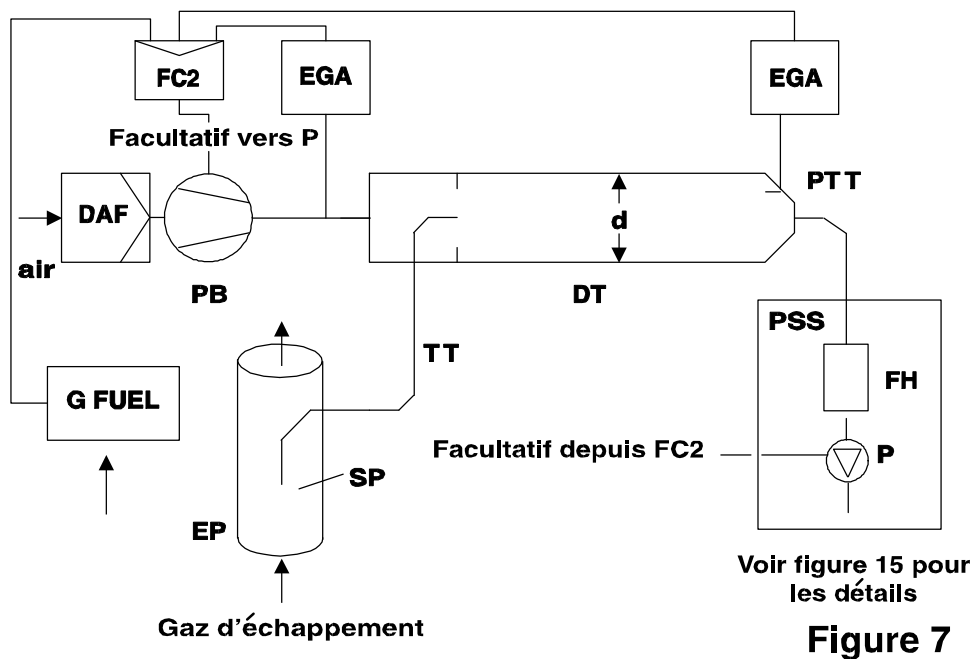


Figure 8

Système de dilution en circuit partiel avec tube Venturi simple,
mesure des concentrations et échantillonnage fractionné

Les gaz d'échappement bruts sont transférés du tuyau d'échappement EP au tunnel de dilution DT au moyen de la sonde SP et du tube de transfert TT, sous l'action de la pression négative créée par le Venturi VN dans DT. Le débit des gaz à travers TT dépend de l'échange des forces dans la zone du Venturi et, par conséquent, de la température absolue des gaz à la sortie de TT. Il s'ensuit que le fractionnement des gaz pour un débit donné dans le tunnel ne peut être constant et que le taux de dilution à faible charge est légèrement inférieur à ce qu'il est avec une charge plus lourde. Les concentrations de gaz marqueurs (CO_2 ou NO_x) sont mesurées dans les gaz bruts, les gaz dilués et l'air de dilution au moyen d'un ou plusieurs analyseurs EGA; le taux de dilution est calculé d'après les valeurs ainsi obtenues.

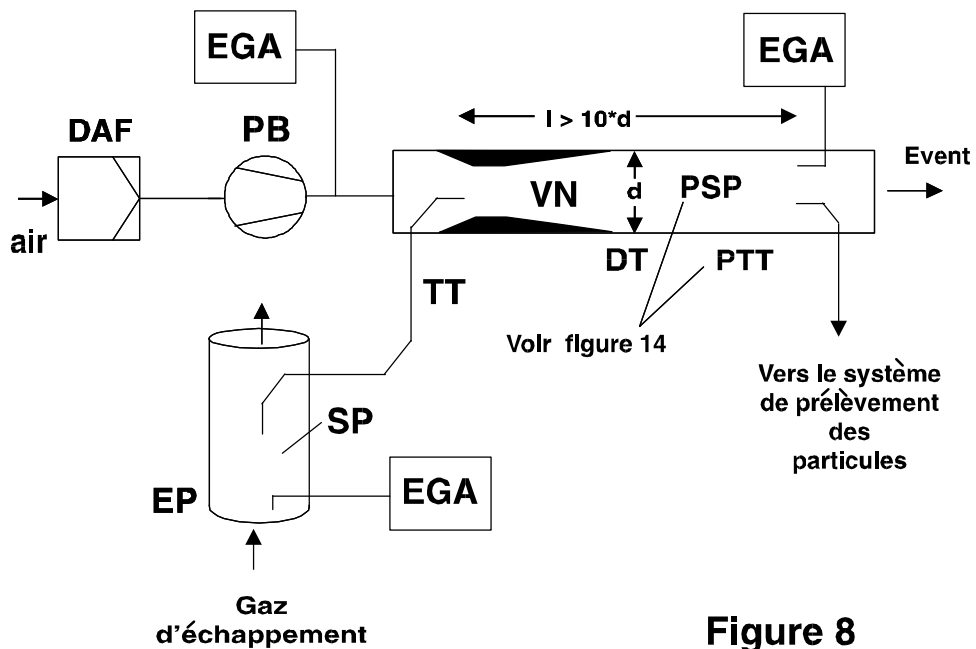


Figure 8

Figure 9

Système de dilution en circuit partiel avec Venturi double
 ou orifice double, mesure des concentrations
 et échantillonnage fractionné

Les gaz d'échappement bruts sont transférés du tuyau d'échappement EP au tunnel de dilution DT au moyen de la sonde SP, du tube de transfert TT et de séparateurs comprenant un ensemble d'orifices ou de tubes Venturi. Le premier (FD1) est situé en EP, le deuxième (FD2) est situé en TT. Il faut aussi deux papillons de réglage de la pression (PCV1 et PCV2) pour maintenir un fractionnement constant des gaz par réglage de la contre-pression en EP et de la pression en DT. PCV1 est situé en aval de SP en EP, PCV2 entre la soufflante PB et le tunnel DT. Les concentrations de gaz marqueurs (CO_2 ou NO_x) sont mesurées dans les gaz bruts, les gaz dilués et l'air de dilution au moyen d'un ou plusieurs analyseurs EGA. Ceux-ci sont nécessaires pour vérifier la séparation des gaz et peuvent servir à régler PCV1 et PCV2 pour obtenir une séparation rigoureuse. Le coefficient de dilution est calculé d'après les concentrations de gaz marqueurs.

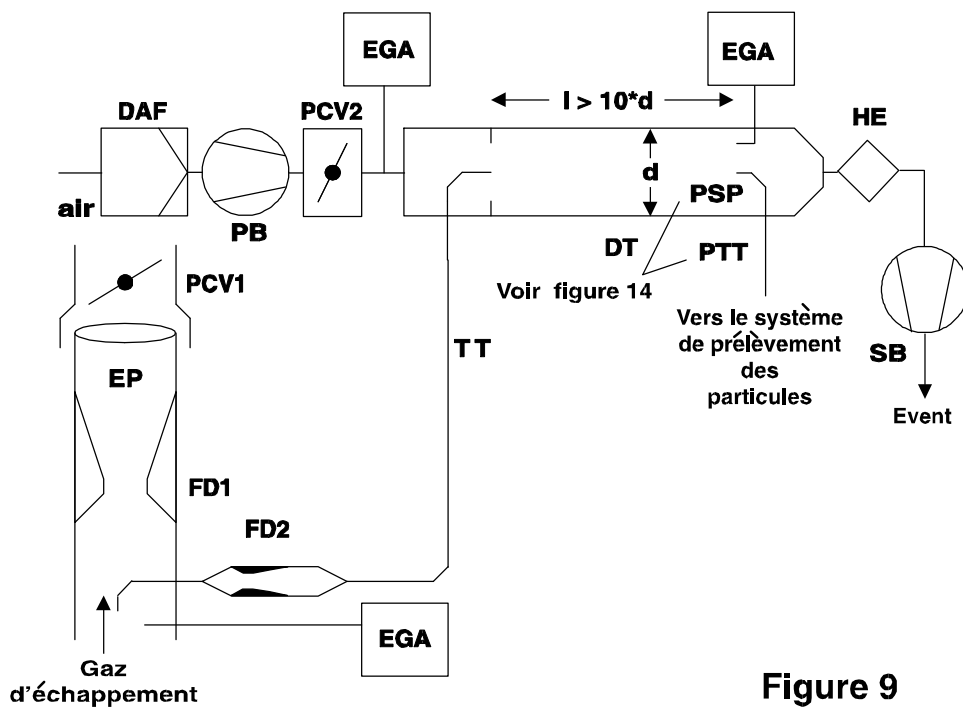


Figure 9

Figure 10

Système de dilution en circuit partiel avec séparation
 par tubes multiples, mesure des concentrations
 et échantillonnage fractionné

Les gaz d'échappement bruts sont transférés du tuyau d'échappement EP au tunnel de dilution DT au moyen du tube de transfert TT et du séparateur FD3, composé de plusieurs tubes de mêmes dimensions (mêmes diamètre, longueur et rayon de courbure) qui sont montés dans EP. Les gaz passant par un de ces tubes arrivent en DT et les gaz passant par les autres arrivent dans la chambre d'expansion DC. La séparation des gaz est donc déterminée par le nombre total de tubes. Un réglage constant de la séparation exige une différence de pression nulle entre DC et la sortie de TT, qui est mesurée au moyen du transducteur à pression différentielle DPT. Une différence de pression nulle s'obtient par injection d'air frais dans DT à la sortie de TT. Les concentrations de gaz marqueurs (CO_2 ou NO_x) sont mesurées dans les gaz bruts, les gaz dilués et l'air de dilution au moyen d'un ou plusieurs analyseurs EGA. Ces derniers servent à contrôler la séparation mais aussi à régler le débit d'injection d'air pour obtenir la séparation précise souhaitée. Le coefficient de dilution est calculé d'après les concentrations de gaz marqueurs.

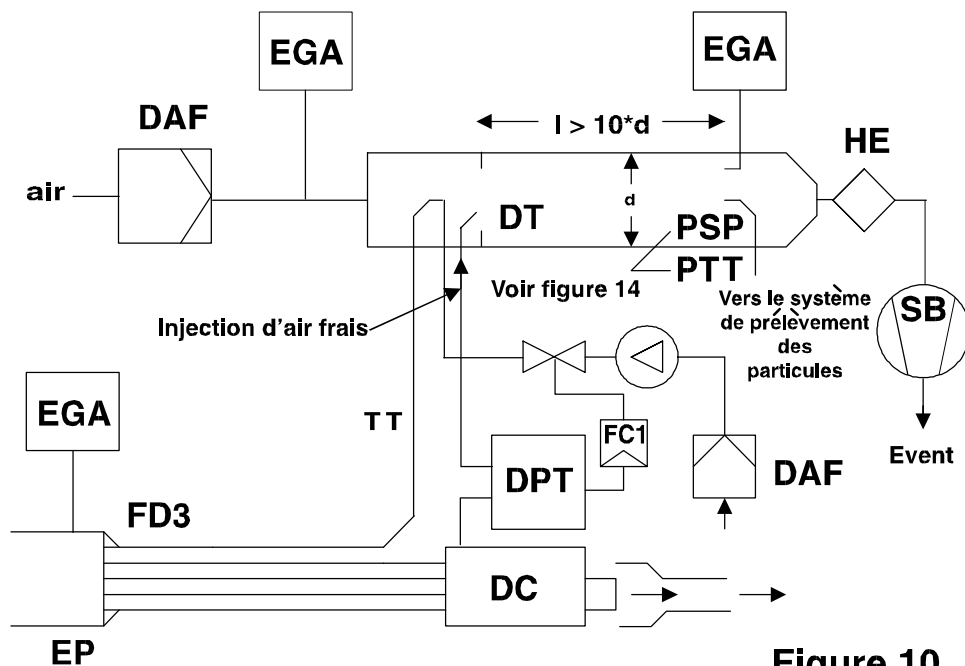


Figure 10

Figure 11

Système de dilution en circuit partiel avec réglage du débit et échantillonnage total

Les gaz bruts sont transférés du tuyau d'échappement EP au tunnel de dilution DT au moyen de la sonde SP et du tube de transfert TT. Le débit total à travers le tunnel est réglé par le régulateur de débit FC3 et la pompe de prélèvement P du système d'échantillonnage des particules (voir fig. 15). Le volume de l'air de dilution est réglé par le régulateur de débit FC2, qui peut utiliser comme signaux de commande G_{EXH} , G_{AIR} ou G_{FUEL} , pour donner la séparation des gaz souhaitée. Le volume prélevé arrivant à DT est la différence entre le volume total et le volume d'air de dilution. Le débit de l'air de dilution est mesuré au moyen du débitmètre FM1 et le débit total au moyen du débitmètre FM3 du système d'échantillonnage des particules (voir fig. 14). Le coefficient de dilution est calculé d'après ces deux débits.

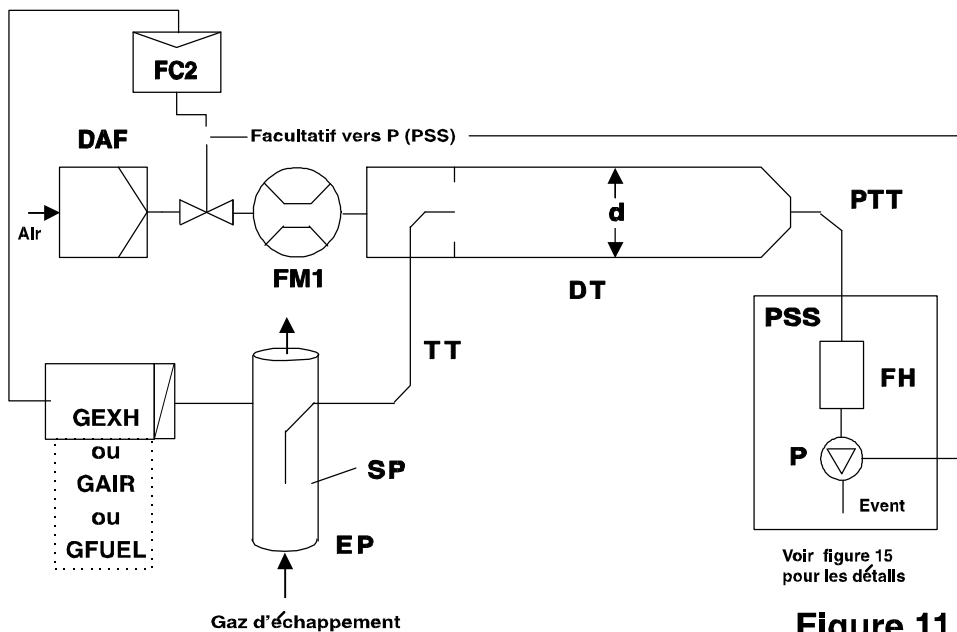


Figure 11

Figure 12

Système de dilution en circuit partiel avec réglage du débit
et échantillonnage fractionné

Les gaz bruts sont transférés du tuyau d'échappement EP au tunnel de dilution DT au moyen de la sonde SP et du tube de transfert TT. La séparation des gaz et le volume arrivant dans DT sont réglés au moyen du dispositif FC2 qui ajuste, selon le cas, le débit (ou le régime) de la soufflante PB et de l'aspirateur SB, opération possible puisque l'échantillon prélevé avec le système de prélèvement des particules est renvoyé à DT. On peut se servir de G_{EXH} , G_{AIR} ou G_{FUEL} comme signaux de commande pour FC2. Le débit de l'air de dilution est mesuré avec le débitmètre FM1 et le flux total avec le débitmètre FM2. Le coefficient de dilution est calculé d'après ces deux débits.

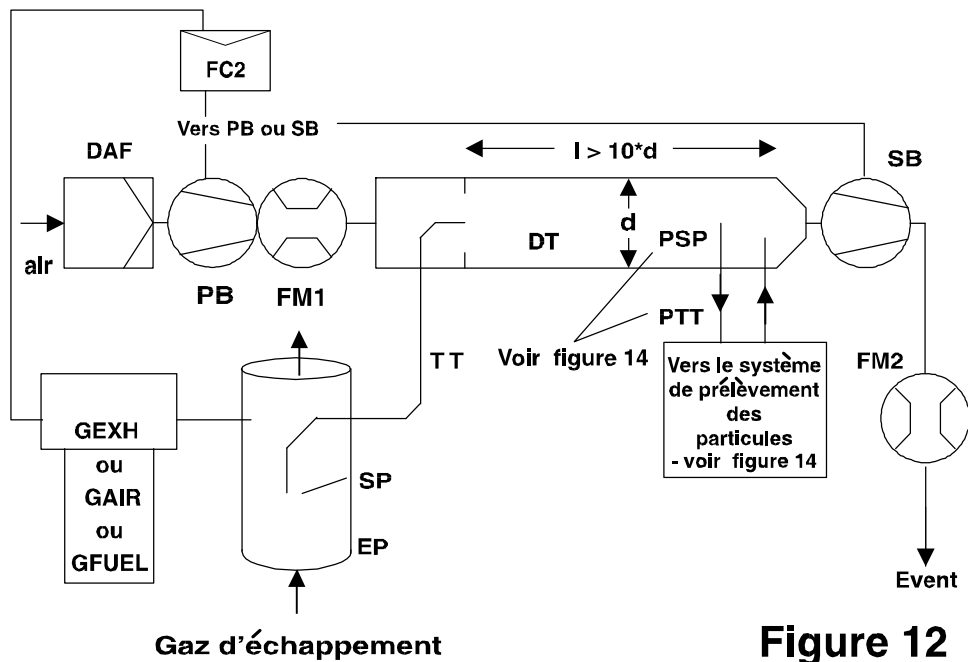


Figure 12

Description - Figures 4 à 12

Tuyau d'échappement EP

Le tuyau d'échappement peut être isolé jusqu'à une distance de 0,5 m du moteur. Pour réduire l'inertie thermique du tuyau, il est recommandé que le rapport de son épaisseur au diamètre soit de 0,015 ou moins. L'utilisation de sections flexibles se limitera à un rapport longueur/diamètre de 12 ou moins. Les coudes seront réduits à un minimum afin d'éviter les dépôts par inertie. Si le système comprend un silencieux d'essai, celui-ci peut aussi être isolé.

Avec un système isocinétique, le tuyau d'échappement ne présentera aucun coude, courbure ou variation subite de diamètre sur une longueur au moins égale, depuis la pointe de la sonde, à six fois le diamètre du tuyau en amont et à trois fois le diamètre en aval. La vitesse des gaz d'échappement dans la zone de prélèvement doit être supérieure à 10 m/s sauf en moderalenti. Les variations de pression des gaz ne doivent pas dépasser ± 500 Pa en moyenne. Une intervention quelconque destinée à réduire les variations de pression, en dehors du recours à un système d'échappement en forme de châssis (y compris le pot d'échappement et un dispositif de traitement, par exemple catalytique) ne doit pas modifier le régime du moteur ni entraîner le dépôt de particules.

Avec les systèmes sans sonde isocinétique, il est recommandé d'utiliser un tuyau rectiligne d'une longueur égale, depuis la pointe de la sonde, à six fois le diamètre du tuyau en amont et à trois fois le diamètre en aval.

Sonde de prélèvement SP (fig. 6 à 12)

Le diamètre intérieur minimum sera de 4 mm. Le rapport minimum entre le diamètre du tuyau d'échappement et celui de la sonde sera de 4. La sonde sera constituée d'un tube ouvert orienté en amont et situé sur l'axe médian du tuyau d'échappement, ou comprendra des orifices multiples dont la description est donnée sous SP1 au paragraphe 1.1.1. de l'appendice 6 de l'annexe 4.

Sonde de prélèvement isocinétique ISP (fig. 4 et 5)

La sonde de prélèvement isocinétique sera dirigée en amont sur l'axe médian du tuyau d'échappement au point où les conditions de débit de la section EP sont satisfaites; elle sera conçue de manière à fournir un prélèvement proportionnel des gaz d'échappement bruts. Le diamètre intérieur devra être d'au moins 12 mm.

Il faudra prévoir un système de contrôle pour la séparation isocinétique des gaz, qui sera assurée par maintien d'une différence de pression nulle entre EP et ISP. Dans ces conditions,

les vitesses des gaz d'échappement en EP et en ISP sont identiques et la masse des gaz passant par ISP est une fraction constante du volume total. L'ISP doit être reliée à un transducteur à pression différentielle. La pression différentielle nulle entre EP et ISP s'obtient par variation de la vitesse de la soufflante ou avec un régulateur de débit.

Séparateurs de flux FD1 et FD2 (fig. 9)

Une série de tubes Venturis ou d'orifices est prévue sur le tuyau d'échappement EP ou sur le tube de transfert TT respectivement, afin de fournir un prélèvement proportionnel des gaz d'échappement bruts. Un système de réglage de la pression comprenant deux robinets PCV1 et PCV2 est utilisé pour la séparation proportionnelle, qui est obtenue par réglage des pressions en EP et en DT.

Séparateur FD3 (fig. 10)

Un ensemble de tubes (unité à tubes multiples) est monté sur le tuyau d'échappement EP afin de fournir un prélèvement proportionnel des gaz d'échappement bruts. Un des tubes amène les gaz d'échappement au tunnel de dilution DT, tandis que les autres tubes amènent les gaz d'échappement à la chambre d'expansion DC. Les tubes doivent avoir les mêmes dimensions (mêmes diamètre, longueur et rayon de courbure), de sorte que la séparation dépend du nombre total de tubes. Il faut prévoir un système de réglage pour obtenir une séparation proportionnelle par maintien d'une différence de pression nulle entre l'arrivée de l'unité à tubes multiples en DC et la sortie de TT. Dans ces conditions, les vitesses des gaz d'échappement en EP et FD3 sont proportionnelles et le débit en TT est une fraction constante du volume total des gaz. Les deux points doivent être reliés à un transducteur à pression différentielle DPT. La différence de pression nulle s'obtient au moyen du régulateur de débit FC1.

Analyseur des gaz d'échappement EGA (fig. 6 à 10)

On peut utiliser des analyseurs de CO₂ ou de NO_x (mais uniquement avec la méthode de l'équivalence en carbone pour l'analyseur de CO₂). Les analyseurs doivent être étalonnés comme ceux qui sont utilisés pour la mesure des émissions gazeuses. On peut se servir d'un ou de plusieurs analyseurs pour déterminer les différences de concentration.

La précision des systèmes de mesure doit être telle que la précision de $G_{EDFW,i}$ ou $V_{EDFW,i}$ se situe dans une marge de $\pm 4 \%$.

Tube de transfert TT (fig. 4 à 12)

Le tube de transfert pour le prélèvement des particules devra :

- être aussi court que possible, mais d'une longueur maximum de 5 m;
- avoir un diamètre égal ou supérieur à celui de la sonde, mais ne pas dépasser 25 mm;
- avoir un point de sortie sur l'axe médian du tunnel de dilution et être orienté vers l'aval.

Si le tube a un mètre de long ou moins, il devra être isolé avec un matériau d'une conductivité thermique maximum de 0,05 W/(m x K), l'épaisseur radiale de l'isolant devant correspondre au diamètre de la sonde. Si le tube a plus d'un mètre de long, il devra être isolé et chauffé jusqu'à une température d'au moins 523 K (250 °C) au niveau de la paroi.

Une autre méthode consiste à déterminer les températures requises de la paroi du tube au moyen des calculs classiques de transfert de chaleur.

Transducteur à pression différentielle DPT (fig. 4, 5 et 10)

Le transducteur à pression différentielle devra fonctionner dans une plage maximum de ± 500 Pa.

Régulateur de débit FC1 (fig. 4, 5 et 10)

Avec les systèmes isocinétiques (fig. 4 et 5), il faut un régulateur de débit pour maintenir une différence de pression nulle entre EP et ISP. On peut maintenir celle-ci :

- a) en réglant la vitesse ou le débit de l'aspirateur (SB) et en maintenant constante la vitesse de la soufflante (PB) dans chacun des modes (fig. 4);

ou

- b) en ajustant l'aspirateur (SB) de façon à obtenir un débit massique constant des gaz dilués et en réglant le débit de la soufflante (PB) et, du même coup, le débit de l'échantillon à l'extrémité du tube de transfert (TT) (fig. 5).

Si l'on utilise un système de régulation de la pression, l'erreur restante dans le circuit de contrôle ne doit pas dépasser ± 3 Pa. Les variations de la pression dans le tunnel de dilution ne doivent pas dépasser ± 250 Pa en moyenne.

Avec un système multitube (fig. 10), il faut un régulateur de débit pour obtenir une séparation proportionnelle des gaz et une différence de pression nulle entre la sortie de l'unité multitube et la sortie de TT. On peut effectuer le réglage en ajustant le débit d'injection d'air en DT à la sortie de TT.

Robinetts de réglage de la pression PCV1 et PCV2 (fig. 9)

Deux robinets servant à régler la pression sont nécessaires avec le système à tube Venturi double ou à orifice double devant assurer une séparation proportionnelle par réglage de la contre-pression en EP et de la pression en DT. Les robinets doivent être situés en aval de SP sur le tuyau d'échappement et entre PB et DT.

Humidificateur DC 9 (fig. 10)

Un humidificateur doit être monté à la sortie de l'unité multitube afin de réduire au maximum les variations de pression dans le tuyau d'échappement EP.

Tube Venturi VN (fig. 8)

Un tube Venturi est monté dans le tunnel de dilution DT afin de créer une pression négative aux abords de la sortie du tube de transfert TT. Le débit des gaz à travers TT est déterminé par l'échange des forces dans la zone du tube Venturi; en gros, il est proportionnel au débit de la soufflante PB, donnant ainsi un coefficient de dilution constant. L'échange des forces étant affecté par la température à la sortie de TT et par la différence de pression entre EP et DT, le coefficient effectif de dilution est légèrement plus faible avec une charge légère qu'avec une charge lourde.

Régulateur de débit FC2 (fig. 6, 7, 11 et 12; facultatif)

Un régulateur peut être utilisé pour régler le débit de la soufflante PB et/ou de l'aspirateur SB. Il peut être commandé par le signal de débit des gaz ou du débit du carburant, et/ou par le signal différentiel de CO₂ ou de NO_x.

Avec un système à air comprimé (fig. 11), le FC2 règle directement le débit d'air.

Débitmètre FM1 (fig. 6, 7, 11 et 12)

Appareil mesurant les gaz ou le débit d'air de dilution. Le FM1 est facultatif si la soufflante PB est étalonnée pour mesurer le débit.

Débitmètre FM2 (fig. 12)

Appareil mesurant les gaz ou le débit des gaz d'échappement dilués. Le FM2 est facultatif si l'aspirateur SB est étalonné pour mesurer le débit.

Soufflante PB (fig. 4, 5, 6, 7, 8, 9 et 12)

Pour régler le débit de l'air de dilution, on peut relier la soufflante au régulateur de débit FC1 ou FC2. La soufflante n'est pas nécessaire avec un robinet à papillon. Elle peut servir à mesurer le débit de l'air de dilution, à condition d'être étalonnée.

Aspirateur SB (fig. 4, 5, 6, 9, 10 et 12)

Utilisé uniquement avec les systèmes d'échantillonnage fractionné. L'aspirateur peut servir à mesurer le débit des gaz dilués, à condition d'être étalonné.

Filtre pour air de dilution DAF (fig. 4 à 12)

Il est recommandé de filtrer l'air de dilution et de l'épurer au charbon de bois afin d'en éliminer les concentrations d'hydrocarbures de fond. Cet air devra être à la température de 298 K (25 °C) ± 5 K.

A la demande des constructeurs, l'air de dilution devra être analysé avec des techniques normalisées afin d'en déterminer les concentrations particulaires de fond, qui peuvent ensuite être soustraites des valeurs mesurées dans les gaz d'échappement dilués.

Sonde de prélèvement des particules PSP (fig. 4, 5, 6, 8, 9, 10 et 12)

La sonde est le premier élément du tube de transfert des particules PTT et :

- doit être dirigée en amont et située à un point où l'air de dilution et les gaz d'échappement sont parfaitement mélangés, c'est-à-dire sur l'axe médian du tunnel de dilution DT des systèmes de dilution, à une distance d'environ 10 fois le diamètre du tunnel en aval du point où les gaz d'échappement pénètrent dans le tunnel;
- doit avoir un diamètre intérieur minimum de 12 mm;
- peut être chauffée à une température maximum de 325 K (52 °C) au niveau de la paroi, soit directement, soit par chauffage préalable de l'air de dilution, à condition que la température de l'air ne dépasse pas 325 K (52 °C) avant l'introduction des gaz dans le tunnel de dilution;

- peut être isolée.

Tunnel de dilution DT (fig. 4 à 12)

Le tunnel de dilution :

- doit avoir une longueur suffisante pour assurer un mélange complet des gaz d'échappement et de l'air de dilution dans des conditions de turbulence;
- doit être fabriqué en acier inoxydable avec :
 - . un rapport épaisseur/diamètre de 0,025 ou moins pour les tunnels d'un diamètre intérieur supérieur à 75 mm;
 - . des parois d'une épaisseur nominale d'au moins 1,5 mm pour les tunnels ayant un diamètre intérieur égal ou inférieur à 75 mm;
- doit avoir un diamètre minimum de 75 mm pour l'échantillonnage fractionné;
- devrait, si possible, avoir un diamètre d'au moins 25 mm pour l'échantillonnage total;
- peut être porté à une température maximum de à 325 K (52 °C) au niveau de la paroi, soit directement, soit par chauffage préalable de l'air de dilution, à condition que la température de l'air ne dépasse pas 325 K (52 °C) avant l'introduction des gaz d'échappement dans le tunnel;
- peut être isolé.

Les gaz d'échappement du moteur doivent être parfaitement mélangés avec l'air de dilution. Pour les systèmes à échantillonnage fractionné, il faut vérifier la qualité du mélange après leur mise en service en établissant un profil CO₂ du tunnel, le moteur étant en marche (utiliser au moins quatre points de mesure également espacés). Si nécessaire, on peut aussi utiliser un orifice mélangeur.

Note : Si la température ambiante dans le voisinage du tunnel de dilution DT est inférieure à 293 K (20 °C), il faut veiller à éviter les pertes de particules sur les parois relativement froides du tunnel. Il est donc recommandé de chauffer et/ou d'isoler le tunnel dans les limites précitées.

Avec de lourdes charges, le tunnel peut être refroidi par des moyens non agressifs tels qu'un ventilateur de circulation, à condition que la température du liquide de refroidissement ne soit pas inférieure à 293 K (20 °C).

Echangeur de chaleur HE (fig. 9 et 10)

L'échangeur de chaleur devra être d'une capacité suffisante pour maintenir la température à l'entrée de l'aspirateur SB à ± 11 K de la température de fonctionnement moyenne observée pendant l'essai.

1.2.1.2. Système de dilution en circuit principal (fig. 13)

Le système de dilution décrit fonctionne sur le principe de la dilution du volume total des gaz d'échappement, selon la méthode de prélèvement à volume constant. L'opération consiste à mesurer le volume total du mélange des gaz et de l'air de dilution. On peut utiliser soit un système à pompe volumétrique, PDP, soit un Venturi à débit critique CFV.

Pour la collecte ultérieure des particules, on fait passer un échantillon des gaz d'échappement dilués à travers le système de prélèvement des particules (par. 1.2.2., fig. 14 et 15). Si l'opération s'effectue directement, on l'appelle dilution simple. Si l'échantillon est dilué une deuxième fois dans un tunnel de dilution secondaire, on l'appelle dilution double. La deuxième opération est utile si la température requise à la surface du filtre ne peut être obtenue avec une seule dilution. Bien qu'en principe un système de dilution, la méthode de dilution double est étudiée comme variante du système de prélèvement des particules au paragraphe 1.2.2., fig. 15, puisque la plupart de ses composantes sont les mêmes que celles d'un système typique de prélèvement de particules.

Les émissions gazeuses peuvent aussi être déterminées dans le tunnel de dilution d'un système de dilution en circuit principal. Les sondes de prélèvement pour les composantes gazeuses sont donc représentées dans la figure 13 mais ne sont pas mentionnées dans la liste descriptive. Les conditions à remplir sont indiquées dans le paragraphe 1.1.1.

Description : figure 13

Le tuyau d'échappement EP

La longueur du tuyau d'échappement ne doit pas dépasser 10 m depuis la sortie du collecteur du moteur, du compresseur ou du dispositif de traitement, par exemple catalytique, jusqu'au tunnel de dilution. Si le système dépasse 4 m, toute la section au-delà de cette longueur doit être isolée, à l'exception, le cas échéant, d'un instrument monté en ligne pour mesurer la fumée.

L'épaisseur radiale de l'isolant doit être de 25 mm au moins. La conductivité thermique du matériau isolant ne doit pas dépasser 0,1 W/mK, mesurée à 673 K (400 °C). Pour réduire l'inertie thermique du tuyau d'échappement, il est recommandé d'avoir un rapport épaisseur/diamètre de 0,015 ou moins. L'utilisation de

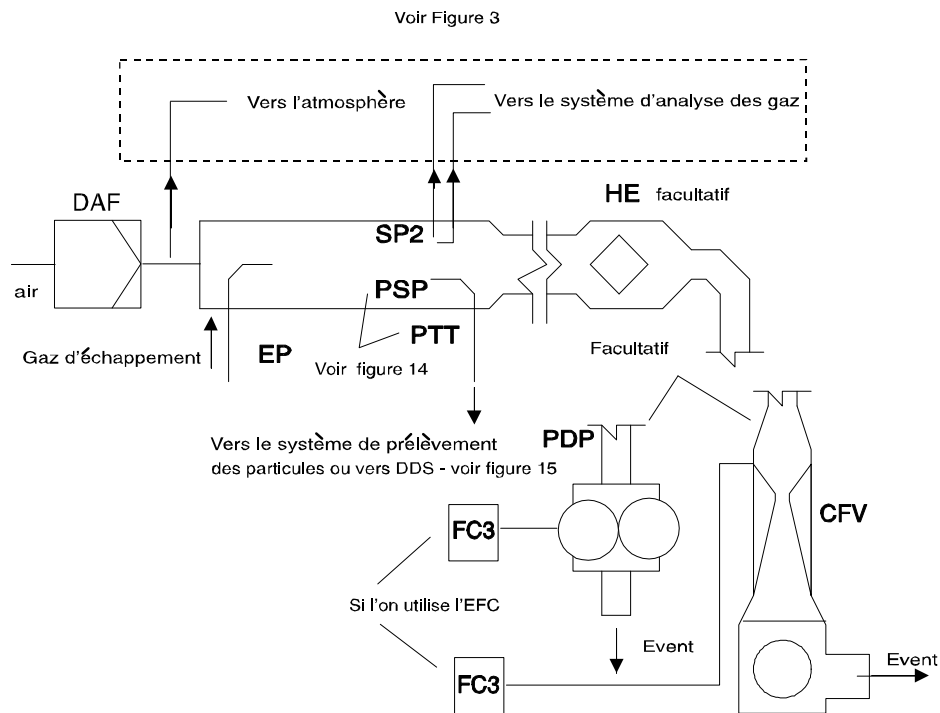
sections flexibles devra se limiter à un rapport longueur/diamètre de 12 ou moins.

Figure 13

Système de dilution en circuit principal

Le volume total des gaz d'échappement bruts est mélangé dans le tunnel de dilution DT avec l'air de dilution.

Le débit des gaz d'échappement dilués est mesuré soit avec une pompe volumétrique PDP, soit avec un tube Venturi à débit critique CFV. On peut utiliser un échangeur de chaleur HE ou un dispositif de compensation électronique EFC pour l'échantillonnage proportionnel des particules ou pour déterminer le débit. La masse des particules étant déterminée d'après le volume total des gaz d'échappement dilués, il est inutile de calculer le coefficient de dilution.



Pompe volumétrique PDP

Cette pompe mesure le débit total des gaz d'échappement dilués à partir du nombre de tours de la pompe et de son déplacement. La contre-pression du système d'échappement ne doit pas être artificiellement abaissée par la PDP ou le système d'admission de l'air de dilution. La contre-pression statique de l'échappement mesurée avec le système CVS ne dépassera pas $\pm 1,5$ kPa de la pression statique mesurée en l'absence de CVS avec un régime du moteur et une charge identiques.

La température du mélange gazeux immédiatement en amont de la PDP doit être maintenue à ± 6 K de la température moyenne de fonctionnement observée au cours de l'essai, sans compensation du débit.

La compensation du débit n'est possible que si la température à l'entrée de la PDP ne dépasse pas 323 K (50 °C).

Tube Venturi à débit critique CFV

Le CFV mesure le débit total des gaz d'échappement dilués dans des conditions de restriction (flux critique). La contre-pression statique mesurée avec le système CFV en marche doit être maintenue à $\pm 1,5$ kPa de la pression statique mesurée en l'absence de CFV, avec un régime du moteur et une charge identiques. La température du mélange gazeux immédiatement en amont du CFV doit être maintenue à ± 11 K de la température moyenne de fonctionnement observée au cours de l'essai, sans compensation du débit.

Echangeur de chaleur HE (facultatif si on utilise un système EFC)

L'échangeur de chaleur doit être d'une capacité suffisante pour maintenir la température dans les limites indiquées ci-dessus.

Système de calcul électronique EFC (facultatif si on utilise le HE)

Si la température à l'entrée de la PDP ou du système CFV n'est pas maintenue dans les limites précitées, il faudra utiliser un système de calcul électronique pour obtenir une mesure permanente du débit et régler l'échantillonnage proportionnel dans le système de prélèvement des particules.

A cet effet, on utilise les relevés du débit effectués en permanence pour corriger le débit de l'échantillon passant à travers les filtres à particules du système de prélèvement (voir fig. 14 et 15).

Tunnel de dilution DT

Le tunnel de dilution :

- doit avoir un diamètre suffisamment restreint pour provoquer des turbulences (nombre de Reynolds supérieur à 4 000) et une longueur suffisante pour assurer le mélange complet des gaz d'échappement et de l'air de dilution. On peut aussi utiliser un orifice mélangeur;
- doit avoir un diamètre d'au moins 75 mm;
- peut être isolé.

Les gaz d'échappement du moteur doivent être dirigés en aval jusqu'au point où ils pénètrent dans le tunnel de dilution, puis bien être mélangés avec l'air de dilution.

Avec la dilution simple, un échantillon provenant du tunnel de dilution est transféré au système de prélèvement des particules (par. 1.2.2., fig. 14). Le débit de la PDP ou la capacité du CFV doit être suffisant pour maintenir les gaz d'échappement dilués à une température inférieure ou égale à 325 K (52 °C) immédiatement en amont du filtre primaire.

Avec la dilution double, un échantillon provenant du tunnel de dilution est transféré dans le tunnel de dilution secondaire où il subit une deuxième dilution; il passe ensuite à travers les filtres de prélèvement (par. 1.2.2., fig. 15).

Le débit de la PDP ou la capacité du CFV doit être suffisant pour maintenir les gaz dilués dans le DT à une température inférieure ou égale à 464 K (191 °C) dans la zone de prélèvement. Le système de dilution secondaire doit fournir un volume suffisant d'air de dilution secondaire pour maintenir les gaz ayant subi une double dilution à une température inférieure ou égale à 325 K (52 °C) immédiatement en amont du filtre primaire.

Filtre pour air de dilution DAF

Il est recommandé de filtrer et d'épurer au charbon de bois l'air de dilution afin d'en éliminer les concentrations d'hydrocarbures de fond. L'air de dilution doit être à une température de 298 K (25 °C) \pm 5 K. A la demande des constructeurs, l'air de dilution doit être analysé avec des techniques normalisées afin d'en déterminer les concentrations particulières de fond, qui peuvent ensuite être soustraites des valeurs mesurées dans les gaz dilués.

Sonde de prélèvement des particules PSP

La sonde est le premier élément du tube de transfert des particules PTT et

- doit être dirigée en amont et située à un point assurant un bon mélange de l'air de dilution et des gaz d'échappement, c'est-à-dire sur l'axe médian du tunnel des systèmes de dilution, à une distance d'environ 10 fois le diamètre du tunnel en aval du point où les gaz d'échappement pénètrent dans celui-ci;
- doit avoir un diamètre intérieur minimum de 12 mm;
- peut être portée à une température maximum de 325 K (52 °C) au niveau de la paroi, soit directement, soit par chauffage préalable de l'air de dilution, à condition que la température de l'air ne dépasse pas 325 K (52 °C) avant l'introduction des gaz dans le tunnel de dilution;
- peut être isolée.

1.2.2. Système de prélèvement des particules (fig. 14 et 15)

Le système de prélèvement des particules sert à recueillir celles-ci au moyen d'un ou plusieurs filtres. Dans le cas de la dilution en circuit partiel avec échantillonnage total, qui consiste à faire passer le volume total des gaz dilués à travers les filtres, le système de dilution (par. 1.2.1.1., fig. 7 et 11) et le système de prélèvement constituent généralement une seule unité. Dans le cas de la dilution en circuit partiel ou en circuit principal avec échantillonnage fractionné, qui consiste à ne faire passer à travers les filtres qu'une partie des gaz d'échappement dilués, le système de dilution (par. 1.2.1.1., fig. 4, 5, 6, 8, 9, 10 et 12 et par. 1.2.1.2., fig. 13) et les systèmes de prélèvement constituent généralement des unités séparées.

Dans le présent règlement, le système de dilution double (fig. 15) en circuit principal est considéré comme une variante du système typique de prélèvement des particules illustré dans la figure 14. Il comprend en effet tous les éléments principaux du système de prélèvement des particules, tels que les porte-filtres et la pompe de prélèvement, plus certains autres tels que le système d'alimentation en air de dilution et le tunnel de dilution secondaire.

Pour éviter d'influer d'une manière quelconque sur les circuits de contrôle, il est recommandé que la pompe de prélèvement soit en marche pendant toute la durée de l'essai. Avec la méthode à filtre unique, il faut un système de dérivation pour faire passer l'échantillon à travers le filtre au moment voulu. L'interférence

de la commutation sur les circuits de contrôle doit être réduite à un minimum.

Descriptions - figures 14 et 15

Sonde de prélèvement des particules PSP (fig. 14 et 15)

La sonde de prélèvement des particules illustrée dans les figures est le premier élément du tube de transfert des particules PTT et :

- elle doit être dirigée vers l'amont et située à un point assurant un bon mélange de l'air de dilution et des gaz d'échappement, c'est-à-dire sur l'axe médian du tunnel des systèmes de dilution (voir par. 16.1.), à une distance d'environ 10 fois le diamètre du tunnel en aval du point où les gaz d'échappement pénètrent dans celui-ci;
- elle doit avoir un diamètre intérieur minimum de 12 mm;
- elle peut être chauffée à une température maximum de 325 K (52 °C) au niveau de la paroi, soit directement, soit par chauffage préalable de l'air de dilution, à condition que la température de l'air ne dépasse pas 325 K (52 °C) avant l'introduction des gaz dans le tunnel de dilution;
- elle peut être isolée.

Figure 14

Systeme de prélèvement des particules

Un échantillon des gaz d'échappement dilués est prélevé dans le tunnel de dilution DT d'un système de dilution en circuit partiel ou en circuit principal; on le fait passer ensuite à travers la sonde de prélèvement des particules PSP et le tube de transfert des particules PTT au moyen de la pompe de prélèvement P. L'échantillon passe à travers les porte-filtres FH qui reçoivent les filtres de prélèvement des particules. Le débit de l'échantillon est réglé par le régulateur FC3. Si on utilise un dispositif électronique de compensation du débit EFC (voir fig. 13), le débit des gaz d'échappement dilués sert de signal de commande pour le FC3.

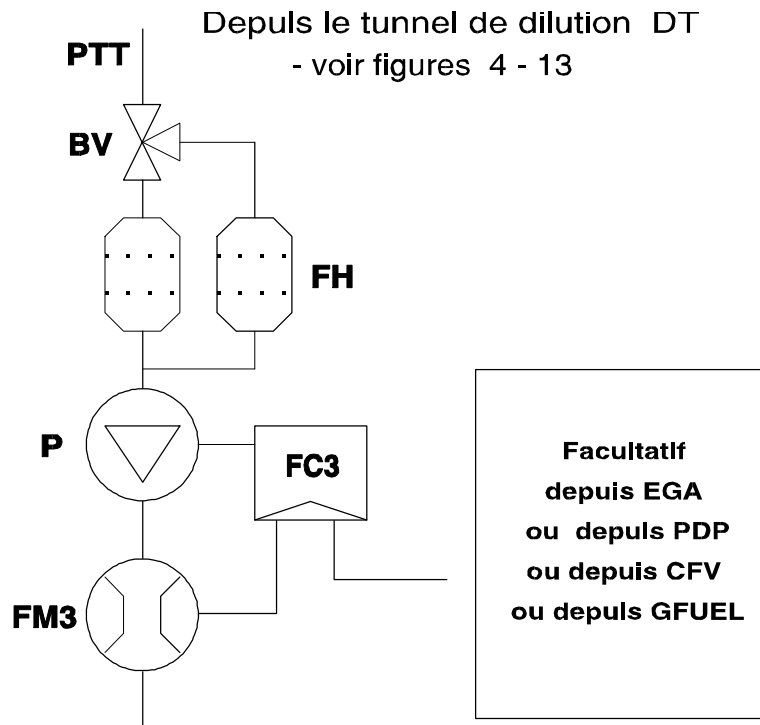
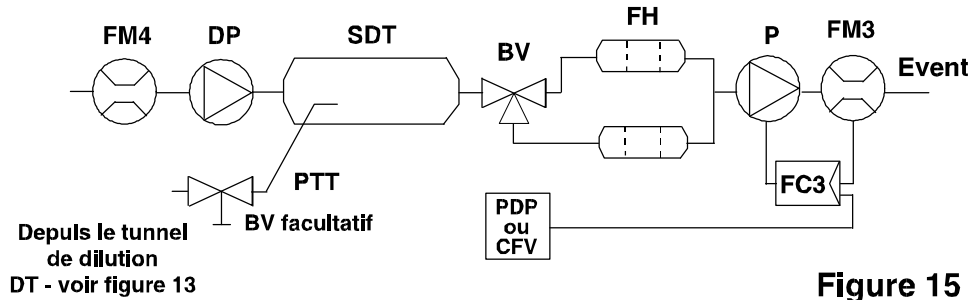


Figure 14

Figure 15

Systeme de dilution (systeme en circuit principal seulement)

Au moyen de la sonde de prélèvement des particules PSP et du tube de transfert des particules PTT, un échantillon des gaz d'échappement dilués est transféré depuis le tunnel de dilution DT d'un système de dilution en circuit principal jusqu'au tunnel de dilution secondaire SDT, où l'échantillon subit une deuxième dilution. Il passe ensuite à travers des porte-filtres FH qui reçoivent les filtres de prélèvement des particules. Le débit de l'air de dilution est généralement constant tandis que le débit de l'échantillon est réglé par le régulateur de débit FC3. Si on utilise un dispositif électronique de compensation du débit EFC (voir fig. 13), le volume total des gaz dilués sert de signal de commande pour le FC3.



Tube de transfert des particules PTT (fig. 14 et 15)

Le tube de transfert des particules doit avoir une longueur maximum de 1,020 mm et être le plus court possible.

Ces dimensions sont valables pour :

- l'échantillonnage fractionné avec dilution en circuit partiel et le système de dilution simple en circuit principal depuis la pointe de la sonde jusqu'au porte-filtre;
- l'échantillonnage total avec dilution en circuit partiel depuis la sortie du tunnel de dilution jusqu'au porte-filtre;
- le système de dilution double en circuit principal depuis la pointe de la sonde jusqu'au tunnel de dilution secondaire.

Le tube de transfert :

- peut être porté à une température maximum de 325 K (52 °C) au niveau de la paroi soit directement, soit par chauffage préalable de l'air de dilution, à condition que la température de l'air ne dépasse pas 325 K (52 °C) avant l'introduction des gaz d'échappement dans le tunnel de dilution;
- peut être isolé.

Tunnel de dilution secondaire SDT (fig. 15)

Le tunnel de dilution secondaire doit avoir un diamètre minimum de 75 mm et être suffisamment long pour permettre à l'échantillon deux fois dilué de séjourner au moins 0,25 seconde dans le tunnel. Le porte-filtre primaire FH ne doit pas être situé à plus de 300 mm de la sortie du tunnel de dilution secondaire.

Le SDT :

- peut être porté à une température maximum de 325 K (52 °C) au niveau de la paroi, soit directement, soit par chauffage préalable de l'air de dilution, à condition que la température de l'air ne dépasse pas 325 K (52 °C) avant l'introduction des gaz d'échappement dans le tunnel;
- peut être isolé.

Porte-filtre(s) FH (fig. 14 et 15)

Pour les filtres primaire et secondaire, on peut se servir d'un seul boîtier à filtre ou de boîtiers séparés. Il conviendra de respecter les dispositions du paragraphe 1.5.1.3. de l'annexe 4 de l'appendice 1.

Les porte-filtres :

- peuvent être portés à une température maximum de 325 K (52 °C) au niveau de la paroi, soit directement, soit par chauffage préalable de l'air de dilution à condition que la température de l'air ne dépasse pas 325 K (52 °C);
- peuvent être isolés.

Pompe de prélèvement P (fig. 14 et 15)

La pompe de prélèvement des particules doit être située à une distance suffisante du tunnel pour que la température des gaz à l'entrée reste constante (± 3 K), en l'absence de correction du débit au moyen du FC3.

Pompe pour l'air de dilution DP (fig. 15) (pour le système à dilution double en circuit principal seulement)

La pompe pour l'air de dilution doit être située de façon que l'air de dilution secondaire arrive à une température de 298 K (25 °C) ± 5 K.

Régulateur de débit FC3 (fig. 14 et 15)

En l'absence d'autres moyens, un régulateur de débit doit être utilisé pour compenser les variations de température et de contre-pression du débit de l'échantillon de particules. Ce régulateur est nécessaire si le dispositif électronique de compensation du débit EFC (voir fig. 13) est utilisé.

Débitmètre FM3 (fig. 14 et 15) (débit de l'échantillon de particules)

L'appareil mesurant les gaz ou le débit doit être situé à une distance suffisante de la pompe de prélèvement pour que la température des gaz à l'entrée reste constante (± 3 K), en l'absence de correction du débit au moyen du FC3.

Débitmètre FM4 (fig. 15) (pour l'air de dilution, avec le système à dilution double en circuit principal seulement)

L'appareil mesurant les gaz ou le débit devra être situé de telle sorte que la température des gaz à l'entrée reste constante à 298 K (25 °C) ± 5 K.

Robinet à boule BV (facultatif)

Le robinet à boule doit avoir un diamètre au moins égal au diamètre intérieur du tube d'échantillonnage et opérer la commutation en moins de 0,5 seconde.

Note : Si la température ambiante dans le voisinage du PSP, du PTT, du SDT et du FH est inférieure à 239 K (20 °C), il faudra prendre des précautions pour éviter les pertes de particules sur les parois, relativement fraîches de ces éléments. Il est donc recommandé de les chauffer et/ou de les isoler dans les limites indiquées par les descriptions. Il est aussi recommandé de faire en sorte que la température à la surface du filtre au cours du prélèvement ne soit pas inférieure à 293 K (20 °C).

Avec des charges-moteur élevées, les éléments ci-dessus peuvent être refroidis par un moyen non agressif, tel qu'un ventilateur de circulation, à condition que la température du liquide de refroidissement ne soit pas inférieure à 293 K (20 °C).

Annexe 5

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU CARBURANT DE REFERENCE PRESCRITES
 POUR LES ESSAIS D'HOMOLOGATION ET LE CONTROLE
 DE LA CONFORMITE DE LA PRODUCTION

CARBURANT DE REFERENCE POUR TRACTEUR AGRICOLE ET FORESTIER

Note : Les caractéristiques essentielles de fonctionnement du moteur et des gaz d'échappement sont en caractère gras.

	Limites et unités (1) (2)	Méthode d'essai
Indice de cétane (4)	min. 45 (7) max. 50	ISO 5165
Densité à 15 °C	min. 835 kg/m ³ max. 845 kg/m ³	ISO 3675, ASTM D 4052
Distillation (3) à 95 % du volume	max. 370 °C	ISO 3405
Viscosité à 40 °C	Min. 2,5 mm ² /s max. 3,5 mm ² /s	ISO 3104
Teneur en soufre	min. 0,1 % en poids (9) max. 0,2 % en poids (8)	ISO 8754, EN 24260
Point d'éclair	min. 55 °C	ISO 2719
Point d'obstruction du filtre à froid	min. - max. + 5 °C	EN 116
Corrosion lame de cuivre	max. 1	ISO 2160
Carbone Conradson sur le résidu (10 % DR)	max. 0,3 % en poids	ISO 10370
Teneur en cendres	max. 0,01 % en poids	ASTM D 482
Teneur en eau	max. 0,05 % en poids	ASTM D 95, D 1744
Indice de neutralisation (acide fort)	max. 0,20 mg KOH/g	
Stabilité à l'oxydation (5)	max. 2,5 mg/100 ml	ASTM D 2274
Additifs (6)		

Note 1 : S'il est nécessaire de calculer le rendement thermique d'un moteur ou d'un véhicule, le pouvoir calorifique du gazole peut être obtenu par la formule suivante :

Energie spécifique (pouvoir calorifique) (net) en MJ/kg =
 $(46,423 - 8,792 d^2 + 3,170 d) (1 - (x + y + s)) + 9,420 s - 2,499 x$

où

d est la densité mesurée à 15 °C

x est la proportion d'eau, en masse (pourcentage divisé par 100)

y est la proportion de cendres, en masse (pourcentage divisé par 100)

s est la proportion de soufre, en masse (pourcentage divisée par 100).

Note 2 : Les valeurs indiquées dans les spécifications sont des "valeurs vraies". Lors de l'établissement des valeurs limites, on a appliqué les termes de la norme ASTM D 3244 "Defining a basis for petroleum produce quality disputes", et lors de la fixation d'un maximum, une différence minimale de 2R par rapport à la valeur zéro a été prise en compte; lors de la fixation d'un maximum et d'un minimum, la différence minimale entre ces valeurs est de 4R (R = reproductibilité).

Malgré cette mesure qui est nécessaire pour des raisons statistiques, le fabricant d'un carburant devra néanmoins viser la valeur zéro lorsque le maximum stipulé est de 2R, et la valeur moyenne lorsqu'il existe un minimum et un maximum. Au cas où il serait nécessaire de vérifier le respect des spécifications, les termes de la norme ASTM D 3244 devront être appliqués.

Note 3 : Les valeurs indiquées correspondent aux quantités totales évaporées : % récupéré + % pertes.

Note 4 : L'intervalle indiqué pour le cétane n'est pas en accord avec le minimum de 4R. Cependant, en cas de contestation entre le fournisseur et l'utilisateur, les termes de la norme ASTM D 3244 peuvent être appliqués, pourvu qu'un nombre suffisant de mesures soit fait pour obtenir la précision nécessaire, ceci étant préférable à une détermination unique.

Note 5 : Bien que la stabilité à l'oxydation soit contrôlée, il est probable que la durée de vie du produit soit limitée. Il est recommandé de demander conseil au fournisseur quant aux conditions de stockage et à la durée de vie.

Note 6 : Ce gazole ne peut être fabriqué qu'à partir de distillats directs ou craqués; la désulfuration est permise. Il ne doit pas contenir d'additifs métalliques ni d'améliorants d'indice de cétane.

Note 7 : Des valeurs plus faibles sont admises, auquel cas l'indice de cétane du carburant de référence utilisé doit être indiqué.

Note 8 : Des valeurs plus élevées sont admises, auquel cas la teneur en soufre du carburant de référence utilisé doit être indiquée.

Note 9 : Ces valeurs devront être réexaminées en permanence, en fonction des tendances du marché, par exemple 0,050 % m/m de soufre au maximum.

Note 10 : Toutes les propriétés du carburant et les valeurs limites devront être réexaminées en fonction des tendances du marché.
