

INSTRUCTIONS de SERVICE aux COMMISSIONS de VISITE

en vertu de l'article 1.07

du Règlement de visite des bateaux du Rhin

INSTRUCTIONS DE SERVICE aux COMMISSIONS de VISITE
en vertu de l'article 1.07
du Règlement de visite des bateaux du Rhin

Sommaire

Instruction de service n°	Articles du RVBR	Annexe	Contenu de l'instruction de service	Résolution
16	Chapitre 8bis	3	Emission de gaz et de particules polluant l'air – Procédure de contrôle	2009-II-22, 8.3 (2001-I-29)
19	24.02, ch. 2 24.06, ch. 5 ad chap. 8bis	--	Moteurs de remplacement	2009-II-22, 8.3 (2003-I-29)
23	8bis.03, 8bis.11 et annexe J en liaison avec 8bis.07, instruction de service n° 16		Affectation de l'utilisation faite du moteur à l'agrément de type et utilisations particulières du moteur (Utilisations faites du moteur)	2009-II-22, 8.3 (2006-I-28)

Correspondance aux articles du RVBR

Articles du RVBR	Instruction de service n°	Contenu de l'instruction de service
Chapitre 8bis	16	Emission de gaz et de particules polluant l'air – Procédure de contrôle
8bis.03, 8bis.11	23	Affectation de l'utilisation faite du moteur à l'agrément de type et utilisations particulières du moteur (Utilisations faites du moteur)
24.02, ch. 2 24.06, ch. 5 ad chap. 8bis	19	Moteurs de remplacement
Annexe J en liaison avec 8bis.07, instruction de service n° 16	23	Affectation de l'utilisation faite du moteur à l'agrément de type et utilisations particulières du moteur (Utilisations faites du moteur)

**INSTRUCTION DE SERVICE n°16 aux COMMISSIONS de VISITE
conformément à l'article 1.07 du RVBR**

**Emission de gaz et de particules polluant l'air –
Procédure de contrôle**

(Chapitre 8bis)

Sommaire

Partie I

Définitions, symboles et abréviations

- 1 DEFINITIONS, SYMBOLES ET ABREVIATIONS
- 2.1 Symboles pour les paramètres d'essais
- 2.2 Symboles des composants chimiques
- 2.3 Abréviations

Partie II

Procédure de contrôle

- 1 INTRODUCTION
- 2 CONDITIONS D'ESSAI
 - 2.1 Conditions générales :
 - 2.2 Conditions d'essai du moteur
 - 2.3 Système d'admission d'air du moteur
 - 2.4 Système d'échappement du moteur
 - 2.5 Système de refroidissement
 - 2.6 Huile lubrifiante
 - 2.7 Carburant utilisé pour l'essai
 - 2.8 Détermination des réglages du banc à rouleaux
- 3 EXECUTION DE L'ESSAI
 - 3.1 Préparation des filtres d'échantillonnage
 - 3.2 Installation du matériel de mesure
 - 3.3 Mise en marche du système de dilution et du moteur
 - 3.4 Réglage du coefficient de dilution
 - 3.5 Vérification des analyseurs
 - 3.6 Cycles d'essai et facteurs de pondération
 - 3.7 Revérification des analyseurs

Annexe 1

METHODES DE MESURE ET D'ECHANTILLONNAGE

- 1 Banc à rouleaux
- 2 Débit de gaz d'échappement
- 3 Précision de mesure
- 4 Définition des composants gazeux
- 5 Détermination des particules

Annexe 2

1 ETALONNAGE DES INSTRUMENTS D'ANALYSE

- 1.1 Introduction
- 1.2 Gaz d'étalonnage
- 1.3 Mode d'utilisation des analyseurs et du système d'échantillonnage
- 1.4 Essai d'étanchéité
- 1.5 Procédure d'étalonnage
- 1.6 Vérification de l'étalonnage
- 1.7 Essai d'efficacité du convertisseur de NOx
- 1.8 Réglage du FID
- 1.9 Effets d'interférence avec les analyseurs NDIR et CLD
- 1.10 Intervalles d'étalonnage

2 ETALONNAGE DU SYSTEME DE MESURE DES PARTICULES

- 2.1 Introduction
- 2.2 Débit
- 2.3 Vérification du rapport de dilution
- 2.4 Vérification des conditions d'écoulement partiel
- 2.5 Intervalles d'étalonnage

Annexe 3

EVALUATION ET CALCULS DE DONNEES

- 1 Evaluation des données sur les émissions gazeuses
- 2 Emissions de particules
- 3 Calcul des émissions gazeuses
- 4 Calcul de l'émission de particules

Partie III

*Caractéristiques techniques du carburant de référence utilisé lors des contrôles
en vue de la réception par type et vérification de la conformité
Carburant de référence pour les bateaux de navigation intérieure*

Partie IV

Système d'analyse et d'échantillonnage

- 1 Définition des émissions gazeuses
- 2 Définition des particules
 - 2.1 Système de dilution
 - 2.2 Système d'échantillonnage des particules

Partie I

Définitions, symboles et abréviations

1. DEFINITIONS

Aux fins de l'application de la présente instruction de service, les termes suivants désignent :

- 1.1 "gaz polluants" le monoxyde de carbone, les hydrocarbures (exprimés en équivalent $C_1:H_{1,85}$) et les oxydes d'azote, ces derniers étant exprimés en équivalent dioxyde d'azote (NO_2) ;
- 1.2 "particules polluantes", 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) ;
- 1.3 "puissance nominale" la puissance en kilowatt (kW) conformément à ISO 3046 relevée sur le banc d'essai à l'extrémité du vilebrequin ou de la pièce correspondante suivant la procédure ISO 3046 destinée à déterminer la puissance des moteurs à combustion interne des véhicules motorisés fixée par l'instruction de service 80/1269/CEE¹, sans prise en compte de la puissance du ventilateur de refroidissement du moteur², les conditions d'essai ainsi que le carburant de référence étant conformes à la présente instruction de service ;
- 1.4 "régime nominal", le régime maximal à pleine charge permis par le régulateur et spécifié par le constructeur ;
- 1.5 "taux de charge", la proportion du couple maximale disponible utilisé à un régime donné du moteur ;
- 1.6 "régime de couple maximal", le régime du moteur auquel on obtient du moteur le couple maximal, tel qu'il est spécifié par le constructeur ;
- 1.7 "régime intermédiaire", le régime du moteur conformément à la Partie II, point 3.6.5 (cycle d'essai C1) de la présente instruction de service 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,

¹ ABI. L 375 du 31.12.1980, p.46, dernière modification de la directive par la directive 89/491/CEE (Abl.. L 238 du 15.8.1989, p. 43).

² Cela signifie que contrairement aux exigences de l'appendice I, point 5.1.1.1 de la directive 80/1269/CEE, le ventilateur de refroidissement du moteur ne doit pas être installé lors du contrôle destiné à déterminer la puissance nominale du moteur. Si le constructeur procède à l'essai alors que le ventilateur de refroidissement du moteur est installé, la puissance absorbée par le ventilateur doit être additionnée à la puissance ainsi déterminée

- 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.
- Pour les moteurs non conçus pour fonctionner dans une plage de régimes sur une courbe de couple à pleine charge, le régime intermédiaire est normalement compris entre 60 % et 70 % du régime nominal,

2. Symboles et abréviations

2.1 Symboles pour les paramètres d'essais

Symbole	Unité	Désignation
A_p	m ²	Section transversale de la sonde de prélèvement isocinétique
A_T	m ²	Section transversale du tuyau d'échappement
aver	m ³ /h kg/h	Valeurs moyennes pondérées pour le débit volumétrique le débit massique
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 concentration 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 _{DILW}	kg/h	Débit massique de l'air de dilution (conditions humides)
G _{EDFW}	kg/h	Equivalent du débit massique de gaz d'échappement (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 dilué (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 le NO _x

Symbole	Unité	Désignation
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 de 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	Tension de vapeur à saturation de l'air admis dans le moteur (ISO 3046 : P_{SY} = essai PSY, pression ambiante lors de l'essai)
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	Tension de vapeur à saturation de l'air de dilution
p_s	kPa	Pression atmosphérique (conditions sèches)
P	kW	Puissance nominale, non corrigée
P_{AE}	kW	Puissance totale déclarée absorbée par les accessoires prévus pour l'essai qui ne sont pas requis par les dispositions de la partie I, point 1.3 de la présente annexe
P_M	kW	Puissance maximale mesurée au régime d'essai dans les conditions d'essai (annexe 1 du certificat de réception par type)
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 au FID
S	kW	Réglage du banc à rouleaux
T_a	K	Température absolue de l'air d'admission

Symbole	Unité	Désignation
T_D	K	Température absolue au point de rosée
T_{ref}	K	Température de référence (de l'air de combustion : 298 K)
T_{SC}	K	Température de l'air après le dispositif de refroidissement de la charge
T_{SCref}	K	Température de référence après le dispositif de refroidissement de la charge
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 d'admission 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

2.2 Symboles des composants chimiques

CO	Monoxyde de carbone
CO ₂	Dioxyde de carbone
HC	Carbures d'hydrogène
NO _x	Oxydes d'azote
NO	Monoxyde d'azote
NO ₂	Dioxyde d'azote
O ₂	Oxygène
C ₂ H ₆	Ethane
PT	Particules
DOP	Dioctylphtalates
CH ₄	Méthane
C ₃ H ₈	Propane
H ₂ O	Eau
PTFE	Polytetrafluoréthylène

2.3 Abréviations

FID	Détecteur d'ionisation de flamme
HFID	Détecteur d'ionisation de flamme chauffé
NDIR	analyseur non dispersif à absorption dans l'infrarouge
CLD	Détecteur chimiluminescent
HCLD	Détecteur chimiluminescent chauffé
PDP	Pompe volumétrique PDP
CFV	Débitmètre Venturi à flux critique

Partie II

Procédure de contrôle

1. INTRODUCTION

- 1.1 La présente instruction de service décrit la méthode servant à mesurer les émissions de gaz et particules polluants provenant des moteurs soumis à l'essai.
- 1.2 L'essai s'effectue avec le moteur monté sur un banc d'essai et relié à un frein dynamométrique.
- 1.3 S'il est nécessaire dans le cadre d'un contrôle de montage ou d'un contrôle intermédiaire de mesurer les gaz et particules polluants émis par le moteur, les dispositions suivantes sont applicables.
- 1.4 En cas de doute sur les exigences de la présente instruction de service, il convient de se référer aux exigences des normes harmonisées EN ISO 8178.

2. CONDITIONS D'ESSAI

2.1 Conditions générales :

Tous les volumes et débits volumétriques correspondent 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 Facteur atmosphérique

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 est déterminé selon la méthode suivante :

Moteurs à aspiration normale et moteurs à suralimentation mécanique:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s} \right) x \left(\frac{T_a}{298} \right)^{0,7}$$

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

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s} \right)^{0,7} x \left(\frac{T}{298} \right)^{1,5}$$

2.2.2 Validité de l'essai

Pour que l'essai soit valable, le paramètre f_a doit être tel que : $0,98 \leq f_a \leq 1,02$

Si l'observation de ces valeurs est absolument impossible pour des raisons techniques, f_a doit être compris entre 0,93 et 1,07. Dans ce cas, l'émission de particules doit être corrigée conformément à la norme EN ISO 8178-1. Cette correction n'est pas nécessaire pour les émissions gazeuses.

2.2.3 *Moteurs avec refroidissement de l'air de suralimentation*

2.2.3.1 La température de l'agent de refroidissement et celle de l'air de suralimentation doivent être enregistrées. Le système de refroidissement doit être réglé en fonction du régime et de la charge du moteur prévus pour les cycles d'essais. La température de l'air et la dépression dans le bain de refroidissement ne doivent pas s'écarter de plus de ± 4 K et ± 2 kPa des indications fournies par le constructeur du moteur.

2.2.3.2 Le moteur examiné doit pouvoir fonctionner dans la configuration prévue pour son usage avec une température brute de l'eau de 25 °C et en respectant les limites admissibles pour les émissions. Une augmentation supplémentaire de la température de l'eau résultant occasionnée par les échangeurs thermiques installés à bord, par exemple pour le système d'eau de refroidissement, doit également être pris en compte.

2.2.4 *Dérogations*

L'autorité compétente peut admettre des dérogations aux conditions susmentionnées relatives au contrôle du moteur.

2.3 **Système d'admission d'air du moteur**

Le moteur soumis à l'essai doit être équipé d'un système d'admission dont la dépression à l'admission respecte 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 contre-pression 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**

Le moteur soumis à l'essai doit être équipé d'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 du test.

2.7 **Carburant utilisé pour l'essai**

2.7.1 Le carburant de référence indiqué à la partie III de la présente instruction de service doit être utilisé.

2.7.2 En dérogation au point 2.7.1, l'autorité compétente peut autoriser l'utilisation d'un carburant couramment commercialisé. Le carburant doit être conforme aux exigences des normes harmonisées EN 590. L'observation de ces exigences doit être attestée.

2.7.3 L'indice de cétane et la teneur en soufre du carburant de référence utilisé pour l'essai sont enregistrés. Ces relevés doivent être joints au dossier constructeur.

2.7.4 La température du carburant à l'entrée de la pompe à injection doit être conforme aux indications du constructeur et doit figurer dans le dossier constructeur.

2.8 Détermination des réglages du banc à rouleaux

Les réglages de la dépression à l'admission et de la contre-pression du tuyau d'échappement seront ajustés aux limites supérieures indiquées par le constructeur, conformément aux points 2.3 et 2.4.

Les valeurs maximales de couples aux régimes d'essai spécifiés seront déterminées expérimentalement afin de calculer les valeurs du couple pour les modes d'essai indiqués. Pour les moteurs qui ne sont pas conçus pour fonctionner dans une plage de régimes sur une courbe de couple à pleine charge, le couple maximal aux régimes d'essai sera déclaré par le constructeur.

Le réglage du moteur pour chacun des modes d'essai sera calculé au moyen de la formule :

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

Pour un taux

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

La valeur P_{AE} peut être vérifiée par l'autorité compétente chargée de l'octroi de la réception.

3. EXECUTION DE L'ESSAI

3.1 Préparation des filtres d'échantillonnage

Une heure au moins avant l'essai, mettre chaque filtre (paire de filtres) dans un récipient Petri fermé mais non scellé, et placer celui-ci dans la chambre de pesée afin de stabiliser le filtre. À la fin de la période de stabilisation, peser chaque filtre/paire et enregistrer le poids de la tare. Le filtre/la paire est alors stocké(e) dans un récipient Petri fermé ou dans un porte-filtre jusqu'au moment de l'essai. Si le filtre/la paire 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). La durée du stockage des filtres avant leur utilisation peut être étendue conformément aux exigences de l'annexe 3, point 2.

3.2 Installation du matériel de mesure

L'appareillage et les sondes de prélèvement doivent être mis en place selon les instructions fixées dans la partie IV. 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 (point 3.6.7).

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 on utilise de l'air de dilution filtré, 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.

L'admission de l'air de dilution doit être réglée de sorte que la température de surface du filtre soit inférieure ou égale à 325 K (52 °C) à chaque point de mesure. 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 une proportion constante 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 10 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 sont 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 en continu (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.

D'autres méthodes de réglage et de contrôle du rapport de dilution conformes à l'état de la technique peuvent également être utilisées après concertation avec les autorités compétentes.

3.5 Vérification des analyseurs

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

3.6 Cycles d'essai et facteurs de pondération

3.6.1 Pour chaque type de moteur et pour chaque moteur représentatif d'une famille de moteurs ou d'un groupe de moteurs, un des cycles d'essais visés aux points 3.6.2 à 3.6.5 doit être effectué afin de contrôler la conformité du moteur aux limites admissibles pour les émissions.

- 3.6.2 Pour les moteurs de bateaux à régime constant utilisés pour assurer la propulsion principale du bateau, y compris la propulsion Diesel-électrique, ainsi que pour les installations à hélice à pas variable, le cycle d'essais **E2** visé dans le tableau 1 doit être effectué.

Tableau 1 Cycle d'essai pour la "propulsion principale du bateau à régime constant (y compris les installations à propulsion Diesel-électrique et hélices à pas variable)

Cycle d'essais E2	Régime	100 %	100 %	100 %	100 %
	Couple	100 %	75 %	50 %	25 %
	Facteur de pondération	0,2	0,5	0,15	0,15

- 3.6.3 Pour les systèmes de propulsion principaux et auxiliaires des bateaux fonctionnant suivant la loi dite "de l'hélice" doit être appliqué le cycle d'essais E3 conformément au tableau 2.

Tableau 2 Cycle d'essais pour les "moteurs principaux et auxiliaires dits "à caractéristique d'hélice"

Cycle d'essais E3	Régime	100 %	91 %	80 %	63 %
	Puissance	100 %	75 %	50 %	25 %
	Facteur de pondération	0,2	0,5	0,15	0,15

- 3.6.4 Le cycle d'essais D2 visé dans le tableau 3 doit être effectué pour les moteurs auxiliaires à régime constant.

Tableau 3 Cycle d'essais pour les "moteurs auxiliaires à régime constant"

Cycle d'essais D2	Régime	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
	Couple	100 %	75 %	50 %	25 %	10 %
	Facteur de pondération	0,05	0,25	0,3	0,3	0,1

- 3.6.5 Le cycle d'essais C1 visé dans le tableau 4 doit être effectué pour les moteurs auxiliaires à régime variable n'entrant pas dans la catégorie ci-dessus.

Tableau 4 Cycle d'essais pour les "moteurs auxiliaires à régime et charge variables"

Cycle d'essais C1	Régime	Régime nominal				Régime intermédiaire			ralenti
		100 %	75 %	50 %	10 %	100 %	75 %	50 %	
	Couple	100 %	75 %	50 %	10 %	100 %	75 %	50 %	0 %
	Facteur de pondération	0,15	0,15	0,15	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15

- 3.6.5.1 Les valeurs des couples aux régimes d'essais pour le cycle d'essais C1 sont des pourcentages indiquant pour le régime donné le rapport entre la valeur du couple à respecter et la valeur maximale du couple pour le point de charge correspondant.
- 3.6.5.2 Le régime intermédiaire pour le cycle d'essais C1 doit être indiqué par le constructeur conformément à la partie I, point 1.7 de la présente instruction de service.
- 3.6.6 Si un constructeur sollicite la mise en oeuvre d'un nouveau cycle d'essais pour un moteur ayant déjà obtenu l'agrément de type sur la base d'un autre cycle d'essais fixé aux points 3.6.2 et 3.6.5, l'autorité compétente peut déroger à la mise en oeuvre de la procédure complète de certification. Dans ce cas, le constructeur peut démontrer la conformité au moyen d'un nouveau calcul, les résultats obtenus avec les modes retenus pour le premier agrément de type et les facteurs de pondération du nouveau cycle d'essais pouvant être utilisés pour le calcul des émissions totales pondérées lors de la mise en oeuvre du nouveau cycle d'essais.

3.6.7 *Conditionnement du moteur*

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

Observation : 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.

3.6.8 *Exécution de l'essai*

L'essai doit être effectué en suivant l'ordre des modes tel qu'il a été défini dans les tableaux 1 - 4 pour les cycles d'essais.

Pendant chaque mode du cycle, après la période initiale de transition, le régime indiqué est maintenu à ± 1 % du régime nominal, ou $\pm 3 \text{ mn}^{-1}$, 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 ± 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 de chaque mode.

L'échantillonnage des particules et la mesure des émissions gazeuses ne doivent pas commencer avant que la stabilisation du moteur, définie par le constructeur, soit achevée et ils doivent se terminer en même temps.

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

3.6.9 *Signal de sortie des analyseurs*

Le signal de sortie fourni par les analyseurs doit être enregistré au moyen d'un enregistreur à tracé continu 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 (annexe 1, point 4.4), un échantillon doit être recueilli au cours des trois dernières minutes de chaque mode. L'échantillon doit être analysé et le résultat doit être enregistré.

3.6.10 *Echantillonnage des particules*

L'échantillonnage des particules peut se faire en utilisant la méthode du filtre unique ou la méthode des filtres multiples (annexe 1, point 5). Les résultats pouvant varier légèrement en fonction des méthodes, celle utilisée doit être indiquée avec les résultats.

Lorsque la méthode du filtre unique est employée, il doit être tenu compte, pendant l'échantillonnage, des facteurs de pondération prévus pour le mode considéré 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.

3.6.11 *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 de l'équivalent-carbone et oxygène (Cf. EN ISO 8178 - 1 appendice 1).

Toute autre donnée requise pour le calcul doit être enregistrée (annexe 3, points 1 et 2).

3.7 **Revérification des analyseurs**

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

Annexe 1

METHODES DE MESURE ET D'ECHANTILLONNAGE

Les gaz et particules émis par le moteur présenté aux essais sont mesurés par les méthodes décrites dans la partie IV. La description de ces méthodes définit les systèmes d'analyse recommandés pour les émissions gazeuses (partie IV, point 1) et les méthodes conseillées pour la dilution et l'échantillonnage des particules (partie IV, point 2).

1. Banc à rouleaux

On utilisera un banc dynamométrique pour moteur dont les caractéristiques sont suffisantes pour permettre l'exécution des cycles d'essai prescrits dans la partie II, point 3.6. 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 point 3 ne soient pas dépassées.

2. Débit de gaz d'échappement

Le débit des gaz d'échappement est défini par l'une des méthodes indiquées aux points 2.1 à 2.4.

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).

Observation : La mesure directe du débit des 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.

2.2 Méthode de mesure du débit d'air et de carburant

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

On utilise des débitmètres à air et à carburant ayant une précision conforme à celle définie au point 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

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

2.3 Méthode de l'équivalent-carbone

Calcul de la masse d'échappement d'après la consommation de carburant et les concentrations de gaz d'échappement par la méthode de l'équivalent-carbone (Partie II, annexe 3).

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 (Partie IV, point 2.1.2). La précision doit être conforme aux dispositions de la Partie II, annexe 2, point 2.2.

3. Précision de mesure

Il doit pouvoir être prouvé que l'étalonnage de tous les instruments de mesure découle des normes nationales ou internationales et cet étalonnage doit satisfaire aux exigences suivantes :

Numéro	Rubrique	Ecart autorisé (écarts \pm basés sur les valeurs maximales des moteurs)	Ecart autorisé (écarts \pm basés sur la norme ISO 3046)	Fréquence d'étalonnage (Mois)
1	Régime du moteur	2 %	2 %	3
2	Couple	2 %	2 %	3
3	Puissance	2 % ⁽¹⁾	3 %	sans objet
4	Consommation de carburant	2 % ⁽¹⁾	3 %	6
5	Consommation de carburant spécifique	sans objet	3 %	sans objet
6	Débit d'air	2 % ⁽¹⁾	5 %	6
7	Débit de gaz d'échappement	4 % ⁽¹⁾	sans objet	6
8	Température du liquide de refroidissement	2 K	2 K	3
9	Température du lubrifiant	2 K	2 K	3
10	Contre-pression des gaz d'échappement	5 % du maximum	5 %	3
11	Dépression à l'admission	5 % du maximum	5 %	3
12	Température des gaz d'échappement	15 K	15 K	3
13	Température de l'air d'admission (air de combustion)	2 K	2 K	3
14	Pression atmosphérique	0.5 % du chiffre relevé	0,5 %	3
15	Humidité relative) de l'air d'admission	3 %	sans objet	1
16	Température du carburant	2 K	5 K	3
17	Température des tunnels de dilution	1,5 K	sans objet	3
18	Humidité de l'air de dilution	3 %	sans objet	1
19	Débit des gaz d'échappement dilués	2 % du chiffre relevé	sans objet	24 (débit partiel) (débit total) ⁽²⁾

⁽¹⁾ Les calculs des émissions gazeuses décrits dans la présente instruction de service 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.

⁽²⁾ 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 dans la partie IV.

4. Définition des composants gazeux

4.1 Exigences générales relatives aux 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 (point 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 (annexe 2, point 1.5.5.2).

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

4.1.1 Erreurs de mesure

L'erreur de mesure totale, y compris la sensibilité croisée à d'autres gaz (annexe 2, point 1.9) 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.

4.1.2 Répétabilité

Définie 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).

4.1.3 Bruit

La réponse d'une crête à l'autre de l'analyseur aux gaz de mise à 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.

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 mise à zéro pendant un intervalle de temps de 30 secondes.

4.1.5 Dérive de la plage 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.

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.

4.3 Analyseurs

Les points 4.3.1 à 4.3.5 de la présente annexe indiquent les principes de mesure à utiliser. Une description détaillée des systèmes de mesure figure dans la Partie IV.

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.

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).

4.3.2 Analyse du dioxyde de carbone (CO₂)

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

4.3.3 Analyse des hydrocarbures f-(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.

4.3.4 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 la mesure est effectuée sur une 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 (annexe 2, point 1.9.9.2) ait été satisfaisante.

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 multicylindrique à collecteur d'échappement ramifié, l'entrée de la sonde doit être située suffisamment loin en aval pour garantir que l'échantillon est représentatif des émissions gazeuses moyennes de tous les cylindres. Pour les moteurs multicylindres 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 gazeuse 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 gazeuses.

Si la composition des gaz d'échappement est influencée par un système quelconque de post-traitement, l'échantillon d'échappement doit être pris en amont de ce dispositif pour les essais de la phase I et en aval de ce dispositif pour les essais de la phase II. 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 (Partie IV, point 2.1.2 pour DT et point 2.2 pour PSP). La teneur en CO et en CO₂ peut aussi être déterminée par échantillonnage dans un sac puis on mesure la concentration dans le sac d'échantillonnage.

5. Détermination des particules

La détermination des particules 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 point 4.4 et conformément à la Partie IV, point 2.1.1, 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 (Partie IV, point 2.1.1).

Pour déterminer la masse des particules, il faut disposer d'un système d'échantillonnage, 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 (point 5.1.3) pour tous les modes du cycle d'essai. Il convient d'être très attentif aux durées et aux débits d'échantillonnage pendant cette phase de l'essai. Une seule paire de filtres est toutefois nécessaire pour le cycle d'essai.
- la *méthode à filtres multiples* prévoit qu'une paire de filtres (point 5.1.3) est utilisée pour chacun des modes du cycle d'essai. Cette méthode permet d'utiliser des méthodes d'échantillonnage plus souples mais nécessite davantage de filtres.

5.1 *Filtres pour prélèvement des particules*

5.1.1 Spécification pour les filtres

Les essais de réception 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 µm DOP (dioctylphthalate) d'au moins 95 % à une vitesse nominale du gaz comprise entre 35 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 une autorité compétente en matière de réception.

5.1.2 Dimensions des filtres

Les filtres à particules doivent avoir un diamètre minimal de 47 mm (diamètre de la tache : 37 mm). On peut aussi se servir de filtres d'un diamètre supérieur (point 5.1.5).

5.1.3 Filtre principal 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.

5.1.4 Vitesse nominale du gaz dans le filtre

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

5.1.5 Charge des filtres

La charge minimale recommandée pour le filtre est de 0,5 mg pour une surface de la tache 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	Diamètre recommandé pour la surface de la tache (mm)	Charge minimale recommandée pour le filtre
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 pour l'ensemble des filtres est égale au produit de la valeur correspondante par la racine carrée du nombre total de modes.

5.2 *Spécifications de la chambre de pesée et de la balance analytique*

5.2.1 Spécifications pour la chambre de pesée

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

5.2.2 Pesée du filtre de référence

L'atmosphère de la chambre (ou du local) doit être libre de tout contaminant ambiant (comme la poussière) susceptible de se déposer sur les filtres à particules au cours de leur stabilisation. Des différences dans les spécifications de la chambre de pesée indiquées au point 5.2.1 sont 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 (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 (point 5.1.5), tous les filtres qui ont servi au prélèvement sont réputés inutilisables et l'essai d'émissions doit être recommencé.

Si les critères de stabilité de la chambre de pesée indiqués au point 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.

5.2.3 Balance analytique

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

5.2.4 Prévention 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 des dispositifs ayant le même effet.

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 particulières. Tous doivent être faits de matériaux conducteurs de l'électricité, qui ne réagissent pas aux composantes des gaz d'échappement, et être mis à la terre pour empêcher les effets électrostatiques.

Annexe 2

1 ETALONNAGE DES INSTRUMENTS D'ANALYSE

1.1 Introduction

Chaque analyseur est étalonné aussi souvent qu'il le faut pour respecter les conditions de précision de la présente norme. La méthode d'étalonnage à utiliser est décrite dans le présent point pour les analyseurs indiqués à l'annexe 1 point 4.3.

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 doit être enregistrée.

1.2.1 Gaz purs

La pureté requise des gaz est définie par les limites de contamination indiquées ci-dessous. Les gaz suivants doivent pouvoir être utilisés.

- Azote purifié
(Contamination ≤ 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)
(Contamination ≤ 1 ppm C, ≤ 400 ppm CO)
- Air de synthèse purifié
(Contamination ≤ 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 de synthèse purifié (point 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 de synthèse purifié
- C₂H₆ et air de synthèse purifié.

Observation : 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 $\pm 2\%$ près. Toutes les concentrations des gaz d'étalonnage sont 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 N_2 purifié ou avec de l'air de synthèse purifié. La précision de l'appareil mélangeur doit être telle que la concentration des gaz d'étalonnage dilués puisse être déterminée à $\pm 2\%$ 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 points 1.4 à 1.9 doivent être respectées.

1.4 Essai d'étanchéité

Un essai d'étanchéité du système doit être effectué. À cette fin, la sonde doit 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. Le taux de fuite maximal admissible du côté du vide est de 0,5 % du débit pendant l'utilisation pour la partie du système soumise à la vérification. Les débits de l'analyseur et du système de dérivation peuvent être utilisés pour estimer le débit en cours d'utilisation.

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 mise à 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 Système de mesure

L'ensemble du dispositif doit être étalonné et les courbes d'étalonnage vérifiées par rapport à des gaz étalons. Les débits de gaz utilisés doivent être les mêmes que pour l'étalonnage 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 doit être réglé si nécessaire et la combustion de la flamme de l'analyseur HFID optimisée (point 1.8.1).

1.5.4 Etalonnage

Chaque plage de fonctionnement normalement utilisée doit être étalonnée.

Au moyen d'air synthétique purifié (ou d'azote), on met à zéro les analyseurs de CO , CO_2 , NO_x , HC et O_2 .

Les gaz d'étalonnage appropriés doivent être introduits dans les analyseurs, les valeurs enregistrées et la courbe d'étalonnage établie conformément au point 1.5.5.

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

1.5.5 *Etablissement de la courbe d'étalonnage*

1.5.5.1 Indications 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 degré du polynôme est supérieur à trois, le nombre de points d'étalonnage (y compris zéro) doit être au moins égal à ce degré du 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 convient 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.) peuvent 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 sont vérifiées avant chaque analyse conformément à la procédure suivante :

L'étalonnage est vérifié au moyen d'un gaz de mise à 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 $\pm 4\%$ 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 point 1.5.4.

1.7 Essai d'efficacité du convertisseur de NO_x

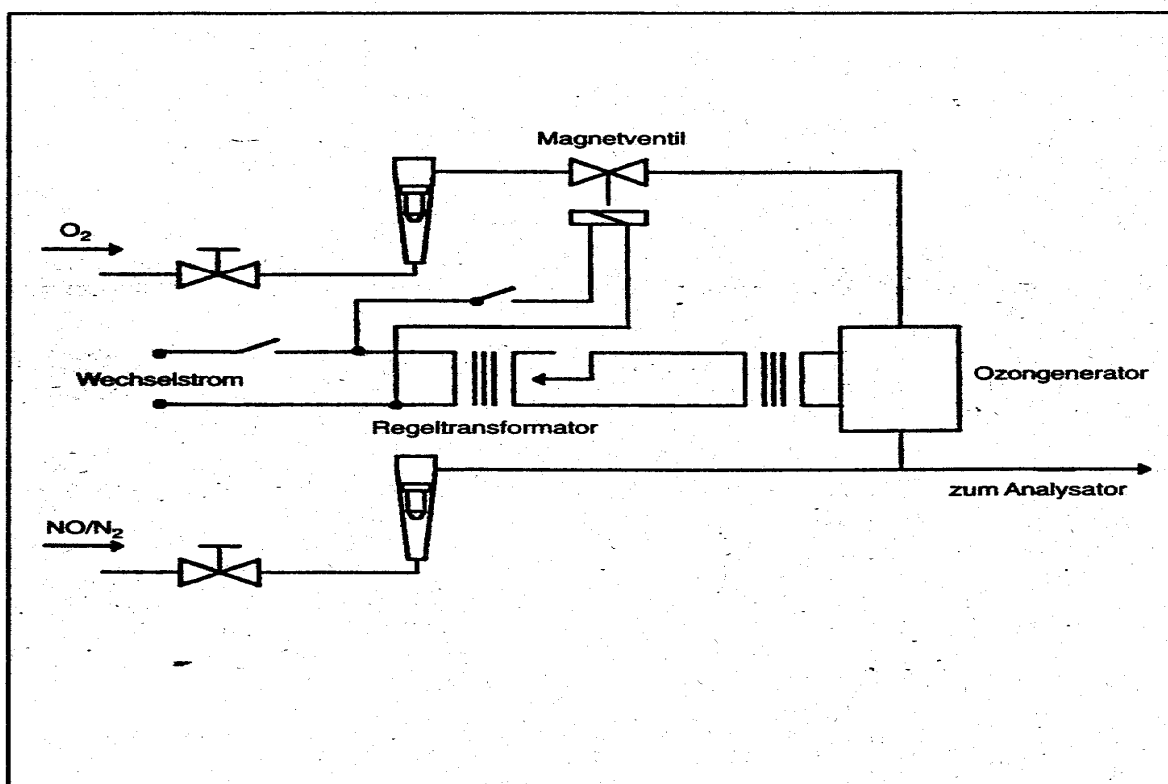
L'efficacité du convertisseur utilisé pour la conversion de NO_2 en NO est éprouvée de la manière indiquée aux points 1.7.1 à 1.7.8 (figure 1).

1.7.1 Installation d'essai

Avec l'installation d'essai illustrée sur la figure 1 (voir aussi annexe 1 point 4.3.5) et la méthode décrite ci-dessous, on peut vérifier l'efficacité des convertisseurs au moyen d'un générateur d'ozone.

Figure 1

Schéma de l'appareil destiné à déterminer l'efficacité du convertisseur de NO_2



1.7.2 Etalonnage

Le CLD et le HCLD sont étalonnés dans la plage de fonctionnement la plus couramment utilisée, conformément aux spécifications du constructeur, avec un gaz de mise à zéro et un gaz d'étalonnage (dont la teneur en NO doit être égale à 80 % environ de la plage de fonctionnement de la concentration de NO_2 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 :

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

a = concentration de NO_x selon le point 1.7.6

b = concentration de NO_x selon le point 1.7.7

c = concentration de NO selon le point 1.7.4

d = concentration de NO selon le point 1.7.5

1.7.4 *Adjonction d'oxygène*

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

La concentration visée sous c est enregistrée. Le générateur d'ozone doit demeurer hors fonction pendant toute cette opération.

1.7.5 *Mise en fonctionnement du générateur d'ozone*

Le générateur d'ozone est alors mis en fonction afin de fournir suffisamment d'ozone pour abaisser la concentration de NO à 20 % environ (10 % au minimum) de la concentration d'étalonnage indiquée au point 1.7.2. La concentration d indiquée doit être enregistrée. (L'analyseur est en 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 a indiquée doit être enregistrée. (L'analyseur est en mode NO_x).

1.7.7 *Mise en fonctionnement du générateur d'ozone*

Le générateur d'ozone est maintenant arrêté. Le mélange de gaz indiqué au point 1.7.6 traverse le convertisseur pour arriver dans le détecteur. La concentration indiquée doit être enregistrée. (L'analyseur est en mode NO_x).

1.7.8 *Mode NO*

Une fois commuté sur le mode NO, le générateur d'ozone étant arrêté, on coupe aussi l'arrivée d'oxygène ou d'air de synthèse. La valeur de NO_x affichée par l'analyseur ne doit pas s'écarter de plus de ± 5 % de la valeur mesurée selon le point 1.7.2. (L'analyseur est en mode NO).

1.7.9 *Intervalle d'essais*

L'efficacité du convertisseur doit être contrôlée 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.

Observation : Si, lors de l'utilisation de l'analyseur dans la plage de fonctionnement la plus courante, le convertisseur NO_x ne permet pas d'obtenir une réduction de 80 % à 20 % selon le point 1.7.2, on utilise la plage la plus élevée qui donnera cette réduction.

1.8 Réglage du FID

1.8.1 Optimisation de la sensibilité du détecteur

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

Pour un réglage des flux de gaz de combustion et d'air conformes aux recommandations du constructeur, un gaz de d'étalonnage de 350 ± 75 ppm C doit être introduit dans l'analyseur. La sensibilité pour un flux de gaz de combustion donné est déterminée sur la base de la différence entre le signal du gaz d'étalonnage et le signal du gaz de mise à zéro. Le flux de gaz de combustion doit être réglé progressivement au-dessus et au-dessous de la spécification du constructeur. On enregistre la différence entre le signal du gaz d'étalonnage et du gaz de mise à zéro pour ces flux de gaz de combustion. On établit une courbe de la différence entre les résultats du gaz d'étalonnage et du gaz de mise à zéro et le flux de gaz de combustion est réglé en fonction de la partie la plus riche de la courbe.

1.8.2 Facteurs de réponse pour les hydrocarbures

On étalonne l'analyseur en utilisant du propane dans de l'air et de l'air de synthèse purifié, conformément au point 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 vingt-quatre heures à une température de $298 (25^\circ \text{C}) \pm 5 \text{ K}$.

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

- Propane et air de synthèse purifié : $1,00 \leq R_f \leq 1,15$
- Propylène et air de synthèse purifié : $0,90 \leq R_f \leq 1,10$
- Toluol et air de synthèse 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 de synthèse purifié.

1.8.3 *Contrôle d'interférence d'oxygène*

Le contrôle d'interférence d'oxygène doit être effectué lors de la mise en service d'un analyseur et après les travaux de maintenance majeurs.

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

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

Cette valeur est fixée par rapport à un facteur de réponse (R_f) de 1,00 pour le propane et l'air de synthèse 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 aux points 1.9.1 et 1.9.2 doivent être exécutés avant la mise en service d'un analyseur et après des travaux de maintenance majeurs.

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

L'eau et le CO₂ peuvent interférer avec le fonctionnement de l'analyseur de CO. On laisse par conséquent barboter dans de l'eau, à température ambiante, un gaz d'étalonnage contenant du CO₂ d'une concentration de 80 à 100 % de l'échelle complète de la plage de mesure maximale en cours d'essai et on enregistre le signal de sortie de l'analyseur. Le signal de sortie ne doit 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 CO₂ 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 *Vérifications de l'effet d'atténuation dans l'analyseur du CO₂*

On fait passer à travers l'analyseur NDIR un gaz d'étalonnage du CO₂ dans une concentration de 80 à 100 % de l'échelle complète de la plage de mesure maximale et on enregistre la valeur de CO₂ (A). Il est ensuite dilué à 50 % avec un gaz d'étalonnage du NO et on le fait passer à travers le NDIR et le (H)CLD en enregistrant les valeurs de CO₂ et de NO (respectivement B et C). On ferme l'arrivée de CO₂ pour que seul le gaz d'étalonnage du NO passe à travers le (H)CLD et on enregistre la valeur de NO (D). L'effet d'atténuation est calculé comme suit :

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

$$\%CO_2 \text{ Effet d'atténuation} = \left[1 - \left(\frac{C \times A}{(D \times A) - (D \times B)} \right) \right] \times 100$$

et il ne doit pas être supérieur à 3 % de l'échelle complète

où :

- A concentration du CO₂ non dilué mesuré avec le NDIR (%)
- B concentration du CO₂ dilué mesuré avec le NDIR (%)
- C concentration du NO dilué mesuré avec le CLD (ppm)
- D concentration du NO non dilué mesuré 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 laisse le NO gazeux barboter dans l'eau à température ambiante et à travers le (H)CLD et on enregistre 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 H (en %) du mélange doit être calculée comme suit :

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

et enregistrée en tant que valeur H. 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. 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 du gaz d'étalonnage du CO₂ non dilué (A, mesurée comme indiqué au point 1.9.2.1) comme suit :

$$Hm = 0,9 A$$

et enregistrée en tant que valeur Hm.

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

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

et ne doit pas dépasser 3 % de l'échelle complète

- 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 (%).

Observation : Il est important que le gaz d'étalonnage du NO contienne une concentration très faible 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 point 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 SYSTEME DE MESURE DES PARTICULES

2.1 Introduction

Chaque élément est étalonné aussi souvent qu'il le faut pour respecter les conditions de précision de la présente norme. La méthode d'étalonnage à utiliser est décrite dans le présent point pour les appareils indiqués à l'annexe 1 point 5 et dans la partie IV.

2.2 Débit

Les compteurs à gaz ou débitmètres sont étalonnés conformément aux normes nationales ou internationales.

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

Si le débit du gaz est déterminé par mesure différentielle de l'écoulement, l'erreur maximale de la différence doit être telle que la précision du GEDF soit de ± 4 % (voir aussi Partie IV, point 2.1.1 EGA). Il peut 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 (Partie IV, point 2.1.1) on vérifie le rapport de dilution pour chaque installation de moteur neuf, alors que le moteur tourne, en utilisant les mesures de concentration du CO₂ ou du NO_x dans les gaz d'échappement bruts et dilués.

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

En cas d'utilisation de débitmètres de haute précision (partie II, point 3.4), le contrôle peut être effectué de manière appropriée sans détermination des concentrations de CO_2 et de NO_x .

2.4 Vérification des conditions d'écoulement partiel

La plage des oscillations de vitesse et la pression des gaz d'échappement doivent être vérifiées et réglées conformément aux dispositions de la Partie IV, point 2.1.1 (EP), le cas échéant.

2.5 Intervalles d'étalonnage

Les instruments de mesure du débit sont étalonnés tous les trois mois au moins ainsi qu'après chaque réparation du système ou modification susceptibles d'influer sur l'étalonnage.

Annexe 3

EVALUATION ET CALCULS DE DONNEES

1. Evaluation des données sur les émissions gazeuses

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

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

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 doivent être renvoyés à la chambre de pesée et conditionnés pendant au moins une heure, mais au maximum quatre-vingts heures, puis pesés. On enregistre le poids brut des filtres, et l'on soustrait le poids de la tare (Partie II, point 3.1). 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 enregistre 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 doit calculer le quotient M_d/M_{DIL} ou V_d/M_{DIL} pour chaque mesure prise individuellement et prendre la moyenne des valeurs.

Si les filtres chargés ne peuvent être placés dans la chambre de pesée dès la fin des mesures, les durées de stockage suivantes sont admissibles

Températures de stockage	Durée de stockage
Conditions de milieu	8 heures
0 °C	24 heures
- 5 °C	10 jours
- 10°C	illimitée

3. Calcul des émissions gazeuses

Les résultats des essais indiqués en dernier recours sont obtenus par les opérations suivantes.

3.1 Détermination du débit des gaz d'échappement

On détermine le débit massique des gaz d'échappement (G_{EXHW} , V_{EXHW} ou V_{EXHD}) pour chaque mode, conformément à l'annexe 1, points 2.1 à 2.3.

Si on utilise un système de dilution en circuit principal, on détermine le débit massique total des gaz d'échappement dilués (G_{TOTW} , V_{TOTW}) pour chaque mode, conformément à l'annexe 1, point 2.4.

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 convertit la concentration mesurée sur une base humide, conformément à la formule suivante, si elle n'est pas déjà mesurée sur une base humide:

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

Pour les gaz d'échappement bruts :

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

ou :

$$K_{w,r,2} = \left(\frac{1}{1 + 1,88 \times 0,005 \times (\%CO[\text{sec}] + \%CO_2[\text{sec}])} \right) - K_{w2}$$

Pour les gaz d'échappement dilués :

$$K_{w,e,1} = \left(1 - \frac{1,88 \times CO_2\%(\text{humide})}{200} \right) - K_{w1}$$

ou

$$K_{w,e,2} = \left(\frac{1 - K_{w1}}{1 + \frac{1,88 \times CO_2\%(\text{sec})}{200}} \right)$$

F_{FH} peut être calculé comme suit :

$$F_{FH} = \frac{1,969}{\left(1 + \frac{G_{FUEL}}{G_{AIRW}} \right)}$$

Pour l'air de dilution :

$$K_{W,d} = 1 - K_{W1}$$

$$k_{W1} = \frac{1,608 \times [H_d \times (1 - 1/DF) + H_a \times (1/DF)]}{1\,000 + 1,608 \times [H_d \times (1 - 1/DF) + H_a \times (1/DF)]}$$

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

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

$$K_{W,a} = 1 - K_{W2}$$

$$k_{W2} = \frac{1,608 \times H_a}{1\,000 + (1,608 \times H_a)}$$

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

où :

- H_a humidité absolue de l'air d'admission, en grammes par kilo d'air sec
- H_d humidité absolue de l'air de dilution, en grammes par kilo d'air sec
- 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).

3.3 Correction de l'humidité pour NO_x

3.3.1 Moteurs Diesel

L'émission de NO_x étant fonction des conditions atmosphériques ambiantes, la concentration de NO_x doit être corrigée par la température de l'air ambiant et l'humidité par les facteurs K_H donnés par la formule suivante :

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

où :

- A 0,309 G_{FUEL}/G_{AIRD} - 0,0266
- B -0,209 G_{FUEL}/G_{AIRD} - 0,00954
- T rapport carburant/air en K

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

- H_a humidité absolue de l'air d'admission, 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).

3.3.2 Moteurs Diesel avec dispositif de refroidissement de la charge

Pour les moteurs Diesel avec dispositif de refroidissement de la charge, l'équation suivante peut aussi être utilisée :

$$K_{HDIES} = \frac{1}{1 - 0,012 \times (H_a - 10,71) - 0,00275 \times (T_a - 298) + 0,000285 \times (T_{SC} - T_{SCRef})}$$

où :

- T_{SC} Température de l'air après le dispositif de refroidissement de la charge
- T_{SCRef} Température de référence de l'eau de refroidissement 25 °C brut, fixée par le fabricant
- autres variables, Cf. point 3.3.1

3.4 Calcul des débits massiques d'émissions

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

a) Pour les gaz d'échappement bruts ³:

$$\text{Gas}_{\text{mass}} = u \cdot \text{conc} \cdot G_{\text{EXHW}}$$

ou :

$$\text{Gas}_{\text{mass}} = v \cdot \text{conc} \cdot V_{\text{EXHD}}$$

ou :

$$\text{Gas}_{\text{mass}} = w \cdot \text{conc} \cdot V_{\text{EXHW}}$$

b) Pour les gaz d'échappement dilués ⁽¹⁾:

$$\text{Gas}_{\text{mass}} = u \cdot \text{conc}_c \cdot G_{\text{TOTW}}$$

ou :

$$\text{Gas}_{\text{mass}} = w \cdot \text{conc}_c \cdot V_{\text{TOTW}}$$

où :

conc_c = concentration de fond corrigée

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

$$\text{DF} = 13,4 / (\text{conc}_{\text{CO}_2} + (\text{conc}_{\text{CO}} + \text{conc}_{\text{HC}}) \cdot 10^{-4})$$

ou :

$$\text{DF} = 13,4 / \text{conc}_{\text{CO}_2}$$

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.

³ Pour le NO_x, la concentration de NO_x- (No_xconc ou No_xconc_c) indiquée par K_{HNOX} (facteur de correction de l'humidité pour le No_{x9} au point 3.3) doit être multipliée comme suit :

$$K_{\text{HNOX}} \times \text{conc} \text{ ou } K_{\text{HNOX}} \times \text{conc}_c$$

3.5 Calcul des émissions spécifiques

L'émission spécifique (g/kWh) est calculée à partir de tous les composants individuels de la manière suivante :

$$\text{Gas individuel} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Gas}_{\text{mass}} \cdot \text{WF}}{\sum_{i=1}^n P_i \cdot \text{WF}}$$

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 à la Partie II, point 3.6.

4. Calcul de l'émission de particules

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

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 est corrigé pour tenir compte de l'humidité de l'air ambiant par le facteur K_p donné par la formule suivante :

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

- H_a humidité absolue de l'air d'admission, en grammes 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).

4.2 Système de dilution en circuit partiel

Les résultats d'essais finals rapportés sur l'émission de particules sont obtenus par les opérations suivantes : Différents types de commande du débit de dilution pouvant être utilisés, différentes méthodes de calcul du débit massique de gaz d'échappement dilués G_{EDF} ou du débit volumique équivalent de gaz d'échappement dilués V_{EDF} sont applicables. Tous les calculs sont établis sur la base des valeurs moyennes des différents modes (i) pendant la période d'échantillonnage.

4.2.1 Systèmes iso cinétiques

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

ou :

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

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

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 A_p et du tuyau d'échappement A_T :

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

4.2.2 Systèmes avec mesure des concentrations de CO₂ ou des NO_x et échantillonnage fractionné

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

ou :

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

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

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 sont converties en base humide conformément au point 3.2.

4.2.3 Systèmes avec mesure du CO₂ et méthode de l'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 est obtenue par les étapes suivantes :

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

et

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

4.2.4 Systèmes avec mesure de débit

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

et

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

4.3 Système de dilution en circuit principal

Les résultats d'essais finals rapportés sur l'émission de particules sont obtenus par les opérations suivantes :

Tous les calculs sont établis sur la base des valeurs moyennes des différents modes (i) pendant la période d'échantillonnage.

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

ou :

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

4.4 Calcul du débit massique de particules

Le débit massique de particules est calculé comme suit :

Pour la méthode à filtres simples :

$$PT_{mass} = \frac{M_f}{M_{SAM}} \times \frac{(G_{EDFW})_{aver}}{1\ 000}$$

ou :

$$PT_{mass} = \frac{M_f}{V_{SAM}} \times \frac{(V_{EDFW})_{aver}}{1\ 000}$$

où :

$(G_{EDFW})_{aver}$, $(V_{EDFW})_{aver}$, $(M_{SAM})_{aver}$, $(V_{SAM})_{aver}$ au cours du cycle d'essai sont 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 :

$$PT_{mass,i} = \frac{M_{f,i}}{M_{SAM,i}} \times \frac{(G_{EDFW,i})}{1\ 000}$$

ou :

$$PT_{mass,i} = \frac{M_{f,i}}{V_{SAM,i}} \times \frac{(V_{EDFW,i})}{1\ 000}$$

où $i = 1, \dots, n$

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

Pour la méthode à filtres simples :

$$PT_{mass} = \left[\frac{M_f}{M_{SAM}} - \left(\frac{M_d}{M_{DIL}} \times \left(1 - \frac{1}{DF} \right) \right) \right] \times \left[\frac{(G_{EDFW})_{aver}}{1\ 000} \right]$$

ou :

$$PT_{mass} = \left[\frac{M_f}{V_{SAM}} - \left(\frac{M_d}{V_{DIL}} \times \left(1 - \frac{1}{DF} \right) \right) \right] \times \left[\frac{(V_{EDFW})_{aver}}{1\ 000} \right]$$

Si plus d'une mesure est effectuée (M_d/M_{DIL}) ou (M_d/V_{DIL}) sont 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 :

$$DF = 13,4 / conc_{CO_2}$$

Pour la méthode à filtres multiples :

$$PT_{mass,i} = \left[\frac{M_{f,i}}{M_{SAM,i}} - \left(\frac{M_d}{M_{DIL}} \times \left(1 - \frac{1}{DF} \right) \right) \right] \times \left[\frac{(G_{EDFW,i})}{1\ 000} \right]$$

ou :

$$PT_{mass,i} = \left[\frac{M_{f,i}}{V_{SAM,i}} - \left(\frac{M_d}{V_{DIL}} \times \left(1 - \frac{1}{DF} \right) \right) \right] \times \left[\frac{(V_{EDFW,i})}{1\ 000} \right]$$

Si plus d'une mesure est effectuée (M_d/M_{DIL}) ou (M_d/V_{DIL}) sont 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 :

$$DF = 13,4 / conc_{CO_2}$$

4.5 Calcul des émissions spécifiques

L'émission de particules PT (g/kWh) est calculée de la manière suivante ⁴ :

Pour la méthode à filtres simples :

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

⁴ Le débit massique de particules Pt_{mass} doit être multiplié par K_p (facteur de correction de l'humidité pour les particules conformément au point 4.1)

Pour la méthode à filtres multiples :

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

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

4.6 Facteur de pondération effectif

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

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

ou :

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

où $i = 1, \dots, n$

La valeur des facteurs de pondération effectifs ne peut s'écarter de plus de $\pm 0,005$ (en valeur absolue) des facteurs de pondération indiqués dans la Partie II, point 3.6.

Partie III

Caractéristiques techniques du carburant de référence prescrites pour les essais de réception et le contrôle de la conformité de la production

CARBURANT DE REFERENCE POUR LES BATEAUX DE NAVIGATION INTERIEURE⁽¹⁾

Note : Les caractéristiques essentielles pour le fonctionnement du moteur et pour les émissions des gaz d'échappement apparaissent en caractères gras.

	Limites et unités ⁽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 ⁽¹⁰⁾	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 % mass ⁽⁹⁾ max. 0,2 % mass ⁽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) en poids	max. 0,3 % mass	ISO 10370
Teneur en cendres	max. 0,01 % mass	ASTM D 482 ⁽¹²⁾
Teneur en eau	max. 0,05 % mass	ASTM D 95, D 1744
Indice de neutralisation (acide fort)	min. 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 carburant peut être obtenu par la formule suivante :

$$\text{Energie spécifique (pouvoir calorifique) (net) MJ/kg} = (46,423 - 8,792 d^2 + 3,17 d) \cdot (1 - (x + y + s)) + 9,42 s - 2,499 x$$

où

d est la densité mesurée à 288 K (15 °C)

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

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

s est la proportion de soufre, en masse (pourcentage divisé par cent).

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 4 R (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 2 R, 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 4 R. 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 assuré 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 d'entreposage et à la durée de vie.

Note 6 : Ce carburant 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 l'indice de cétane du carburant de référence utilisé doit être indiqué.

Note 9 : Ces valeurs devront être réexaminées en permanence, en fonction des tendances du marché. Aux fins de la première réception d'un moteur sans post-traitement des gaz d'échappement à la demande du demandeur, une teneur minimale en soufre de 0,050 % mass est admissible, auquel cas le niveau mesuré des particules doit être corrigé à la hausse jusqu'à la valeur moyenne nominalement spécifiée pour la teneur en soufre du carburant (0,150 % mass) selon la formule suivante :

$$PT_{adj} = PT + [SFC \cdot 0,0917 \cdot (NSLF - FSF)]$$

où

PT_{adj} = valeur PT ajustée (g/kWh)

PT = valeur d'émission spécifique pondérée mesurée pour l'émission de particules (g/kWh)

SFC = consommation de carburant spécifique pondérée (g/kWh) calculée selon la formule figurant ci-dessous

NSLF = moyenne de la spécification nominale de la teneur en soufre par rapport à la masse (c'est-à-dire 0,15 %/100)

FSF = rapport de la teneur en soufre du carburant par rapport à la masse (%/100)

Equation pour le calcul de la consommation de carburant spécifique pondérée :

$$SFC = \frac{\sum_{i=1}^n G_{FUEL,i} \times WF_i}{\sum_{i=1}^n P_i \times WF_i}$$

où

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

Aux fins de la conformité des évaluations de production selon le point 4.3.2 de l'annexe J, les conditions doivent être remplies avec un carburant de référence d'une teneur en soufre répondant au niveau minimal/maximal de 0,1/0,2 % mass.

Note 10 : Des valeurs plus élevées sont admises jusqu'à 855 kg/m³ ; il convient dans ce cas d'indiquer la densité du carburant de référence utilisé. Aux fins de la conformité des évaluations de production selon le point 4.3.2 de l'annexe J, les conditions doivent être remplies avec un carburant de référence d'une teneur en soufre répondant au niveau minimal/maximal de 835/845 kg/m³.

Note 11 : Toutes les propriétés du carburant et les valeurs limites devront être réexaminées en fonction des tendances du marché.

Note 12 : A remplacer par EN/ISO 6245 à son entrée en vigueur.

Partie IV

Système d'analyse et d'échantillonnage

SYSTÈMES D'ANALYSE ET D'ÉCHANTILLONNAGE SYSTÈMES D'ÉCHANTILLONNAGE DES GAZ ET DES PARTICULES

Numéro de la figure	Description
2	Système d'analyse pour les gaz d'échappement bruts
3	Système d'analyse des gaz d'échappement dilués
4	Circuit partiel, débit isocinétique, réglage de l'aspiration, échantillonnage partiel
5	Circuit partiel, débit isocinétique, réglage de la soufflante, échantillonnage partiel
6	Circuit partiel, réglage CO ₂ ou NO _x , échantillonnage partiel
7	Circuit partiel, CO ₂ et équivalence en carbone, échantillonnage total
8	Circuit partiel tube Venturi simple, mesure des concentrations et échantillonnage fractionné
9	Circuit partiel, tube Venturi double ou orifice et mesure des concentrations, échantillonnage partiel
10	Circuit partiel, séparation par tubes multiples, mesure des concentrations et échantillonnage fractionné
11	Circuit partiel, réglage du débit, échantillonnage total
12	Circuit partiel, réglage du débit, échantillonnage partiel
13	Circuit principal, pompe à déplacement positif ou tube Venturi de débit critique, échantillonnage partiel
14	Système d'échantillonnage des particules
15	Système de dilution en circuit principal

1. Définition des émissions gazeuses

Le point 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.

Composantes CO, CO₂, HC, 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 (figure 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 (figure 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 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

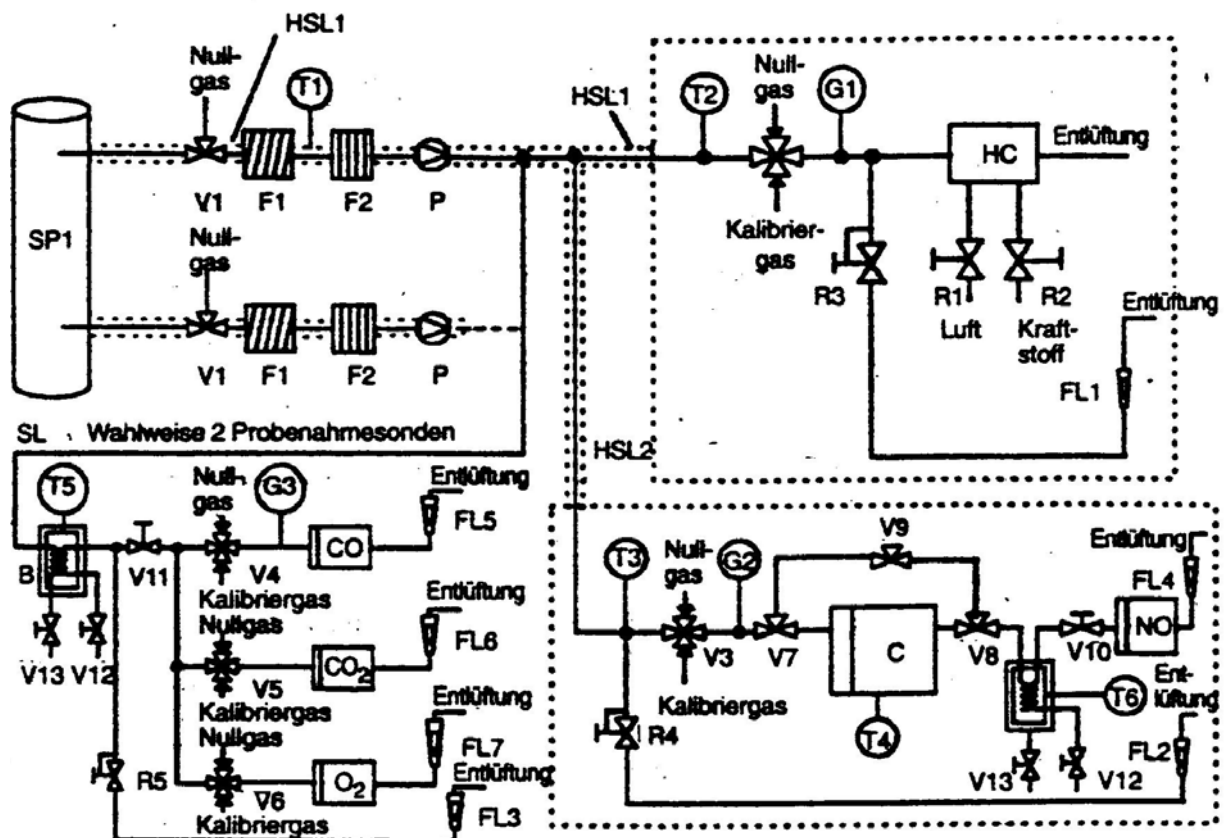
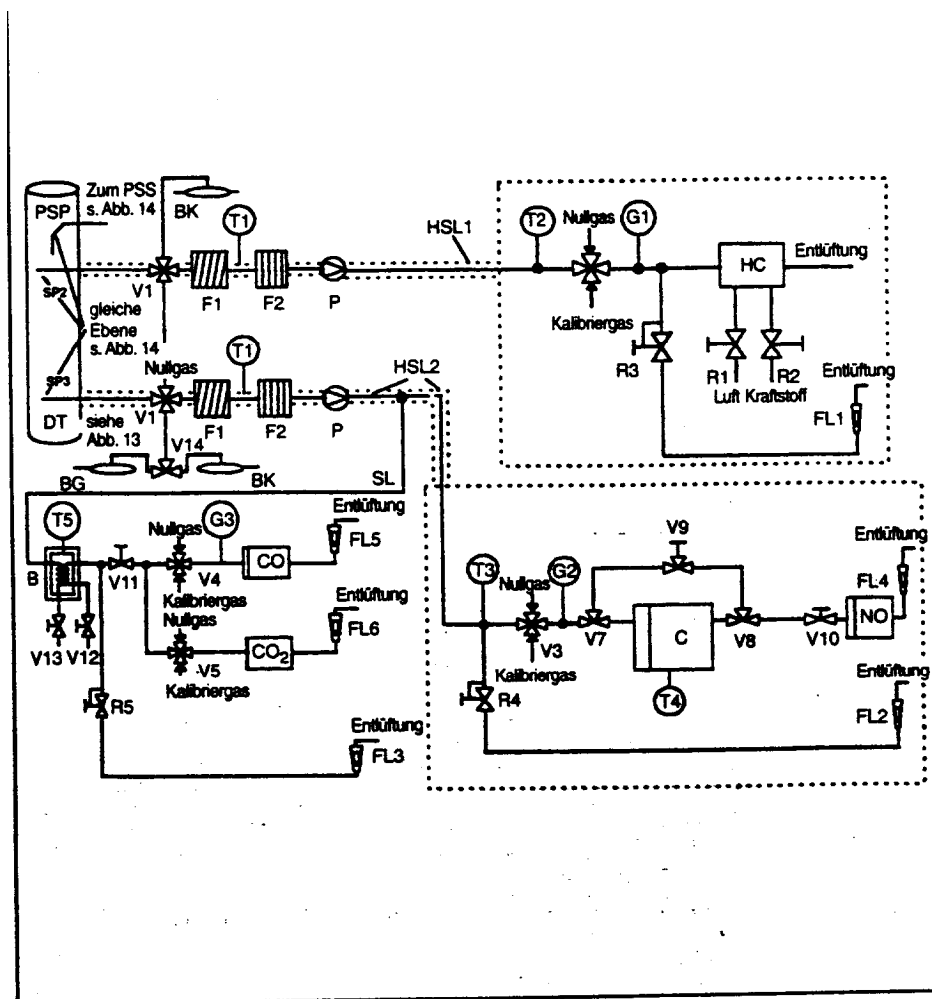


Figure 3

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



Description - 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 (figure 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 (figure 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 (point 2.1.2) 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 dix fois le diamètre du tunnel en aval du point où les gaz d'échappement pénètrent dans le tunnel de dilution),
 - 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) $\pm 10 \text{ K}$ à la sortie de la sonde.
- *Sonde SP3 pour l'analyse des CO, CO₂ et NO_x des gaz d'échappement dilués (figure 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 minimale 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 au maximum,
 - être en acier inoxydable ou en PTFE,
 - maintenir la température de la paroi à 463 K (190 °C) $\pm 10 \text{ K}$ 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 à 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) $\pm 10 \text{ K}$ immédiatement en amont du filtre chauffé (F2) et du détecteur HFID.
- *Conduite de prélèvement chauffée HSL2 pour NO_x*

La conduite 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.
- *BK : Sac de prélèvement pour les concentrations particulières de fond (facultatif, figure 3 seulement)*
Ce sac sert à mesurer les concentrations particulières de fond.
- *BG : Sac d'échantillonnage (facultatif, figure 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 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. Die Temperatur ist auf 453 bis 473 K (180 bis 200 °C) zu halten.
- *CO, CO₂*
Analyseurs NDIR pour la détermination du monoxyde de carbone et du dioxyde de carbone.
- *NO₂*
DéTECTEUR (H)CLD pour la détermination des oxydes d'azote. Si l'on utilise un détecteur HCLD, il devra être maintenu à une température comprise entre 328 et 473 K (55 à 200 °C).
- *C Convertisseur*
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 de gaz d'échappement. 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 la partie II, annexe 2, points 1.9.1 et 1.9.2.

L'élimination de l'eau dans l'échantillon ne doit pas se faire au moyen de dessiccatifs chimiques.
- *Capteur de température T1, T2, T3*
Servent à relever la température des gaz.

- *Capteur de température T4*
Sert à relever la température du convertisseur NO₂-NO.
- *Capteur de température T5*
Sert à relever 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, 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.
- *Débitmètre FL1, FL2, FL3*
Pour mesurer le débit de dérivation des gaz prélevés.
- *Débitmètre FL4 à FL7 (facultatif)*
Zur Überwachung des Durchflusses durch die Analysatoren.
- *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 de mise à 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.
- *Robinet 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.

2. Définition des particules

Les points 2.1 et 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 non indispensables pour assurer la précision de certains systèmes peuvent être éliminés à condition que la décision soit fondée sur des jugements techniques valables.

2.1 Système de dilution

2.1.1 Système de dilution en circuit partiel (figures 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 de dilution. Pour la collecte ultérieure des particules, on peut faire passer à travers le système de prélèvement des particules (point 2.2 figure 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 partiel, la seconde, un système d'échantillonnage fractionné.

Le calcul du coefficient de dilution dépend du système utilisé. Les différents systèmes recommandés sont les suivants.

- *Systèmes isocinétiques* (figures 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, cette dernière égalisation n'est pas nécessaire puisque les particules sont suffisamment fines pour suivre la ligne de courant des fluides.

- *Systèmes avec réglage des débits et mesure des concentrations* (figures 6 à 10)

Avec ces systèmes, on prélève un échantillon de la masse totale des gaz en réglant le débit de l'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 des moteurs. On mesure les concentrations dans les gaz dilués et dans l'air de dilution, tandis que la concentration dans les gaz bruts peut être mesurée directement, soit déterminée à partir du débit du carburant et de l'équation de l'équivalence en carbone, à condition que l'on connaisse la composition du carburant. Les systèmes peuvent être réglés d'après le coefficient de dilution calculé (figures 6 et 7) ou d'après le débit vers le tube de transfert (figures 8, 9 et 10).

- *Systèmes avec réglage et mesure du débit* (figures 11 et 12)

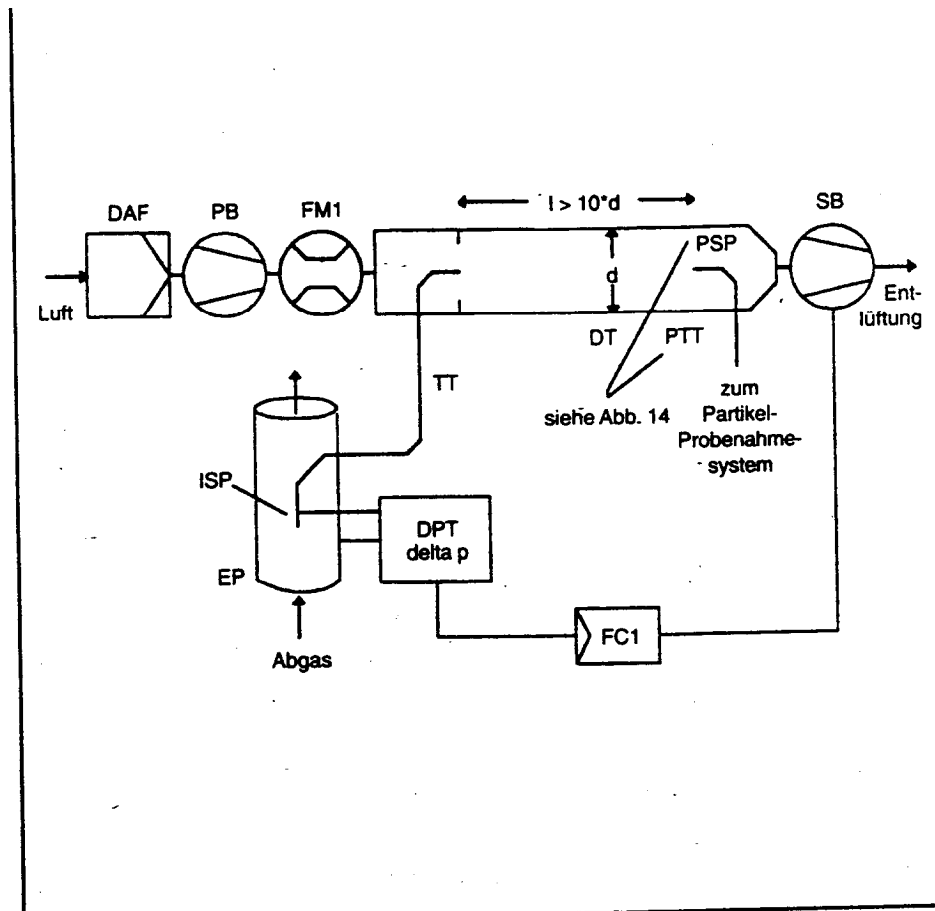
Avec ces systèmes, on prélève un échantillon de la masse totale des gaz en réglant le débit de l'air de dilution et le débit total des gaz dilués. Le coefficient de dilution est déterminé d'après la différence entre les deux débits. Cette méthode exige un étalonnage précis des débitmètres l'un par rapport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

Ces points critiques sont pris en compte pour les systèmes décrits.

Figure 4

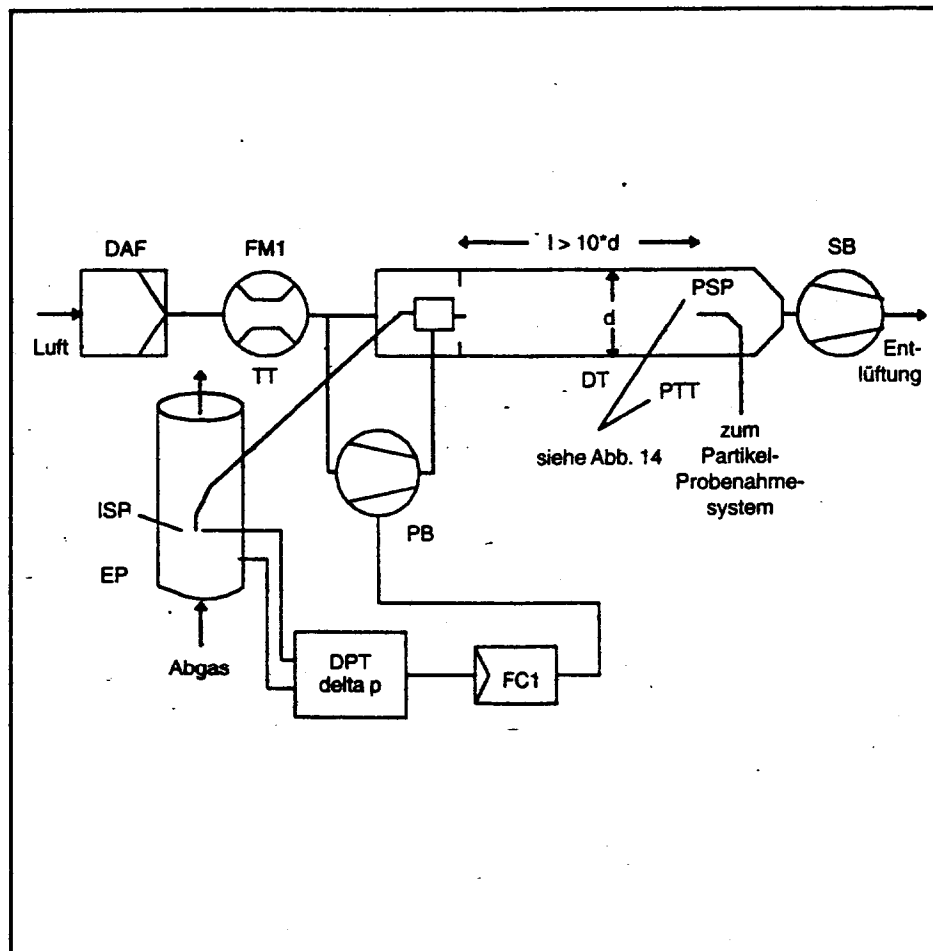
Système de dilution en circuit partiel avec sonde isocinétique et échantillonnage fractionné (réglage par l'aspirateur)



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

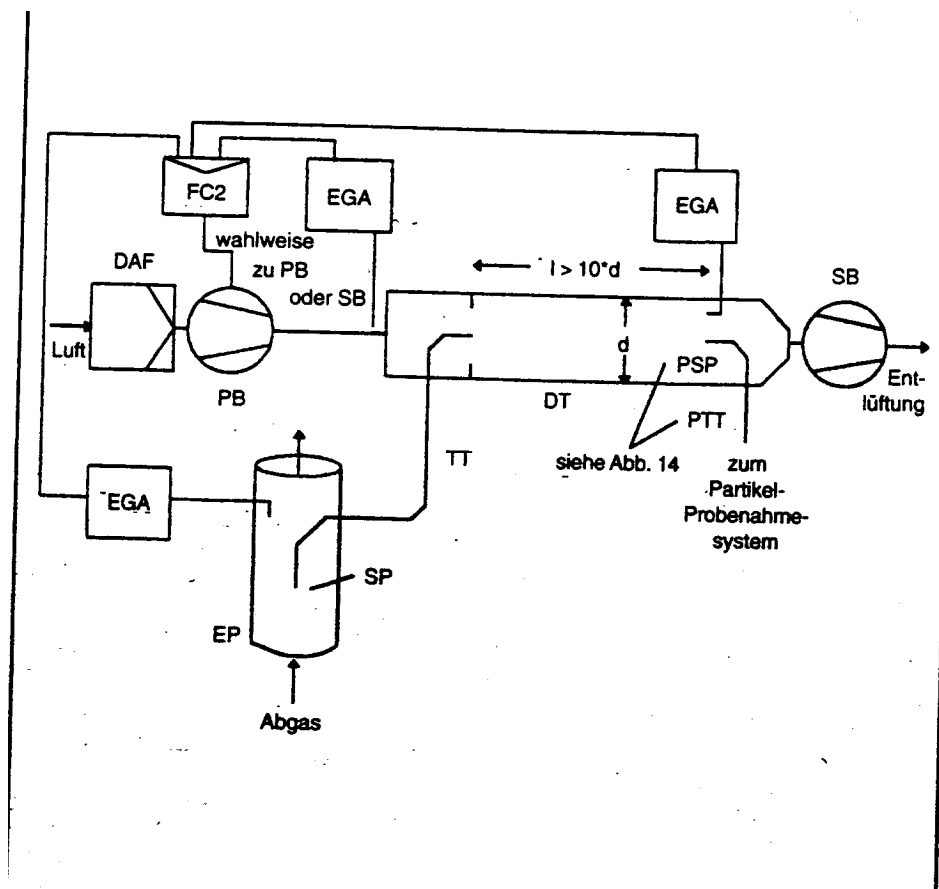
Système de dilution en circuit partiel avec sonde isocinétique et échantillonnage fractionné
(réglage par la soufflante)



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 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. 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 en EP et ISP sont identiques et le débit à travers ISP et TT est une fraction constante du flux des gaz d'échappement. 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 6

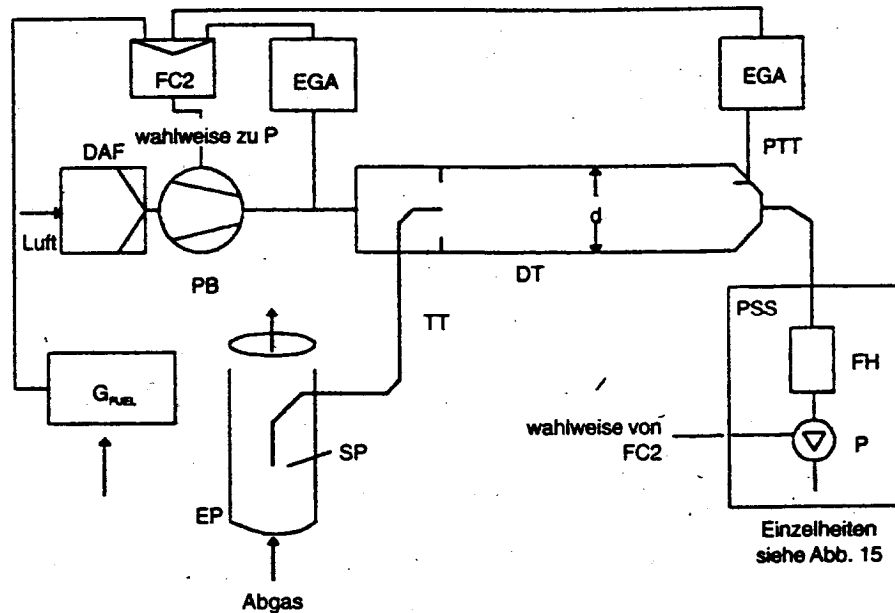
Système de dilution en circuit partiel avec mesure des concentrations de CO₂ ou des NO_x et échantillonnage fractionné



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 d'échappement bruts, les gaz d'échappement dilués et l'air de dilution.

Figure 7

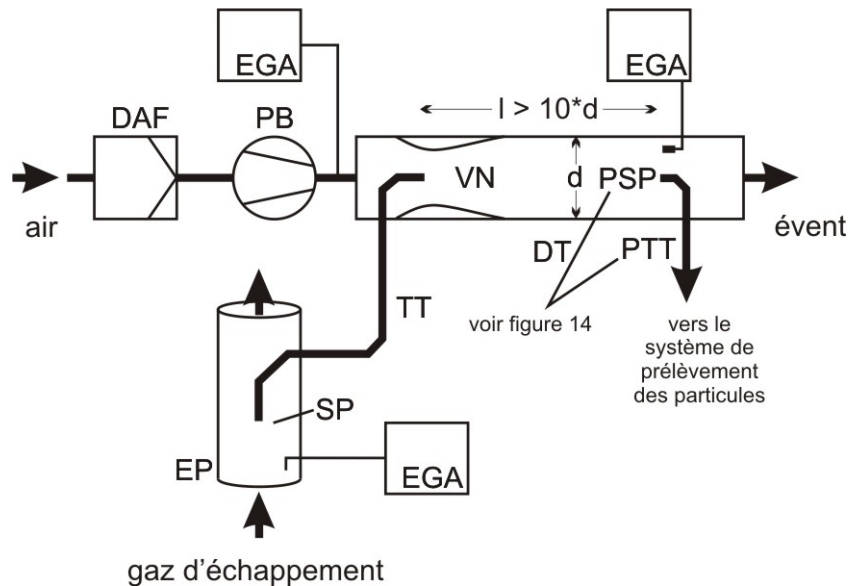
Système de dilution en circuit partiel avec mesure des concentrations de CO₂ et équivalence en carbone et échantillonnage total



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 d'échappement 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 (figure 14). FC2 commande la soufflante PB et le régulateur FC3, le système de prélèvement des particules (figure 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. Le coefficient de dilution est calculé d'après les concentrations de CO₂ et d'après G_{FUEL} avec la méthode de l'équivalence en carbone.

Figure 8

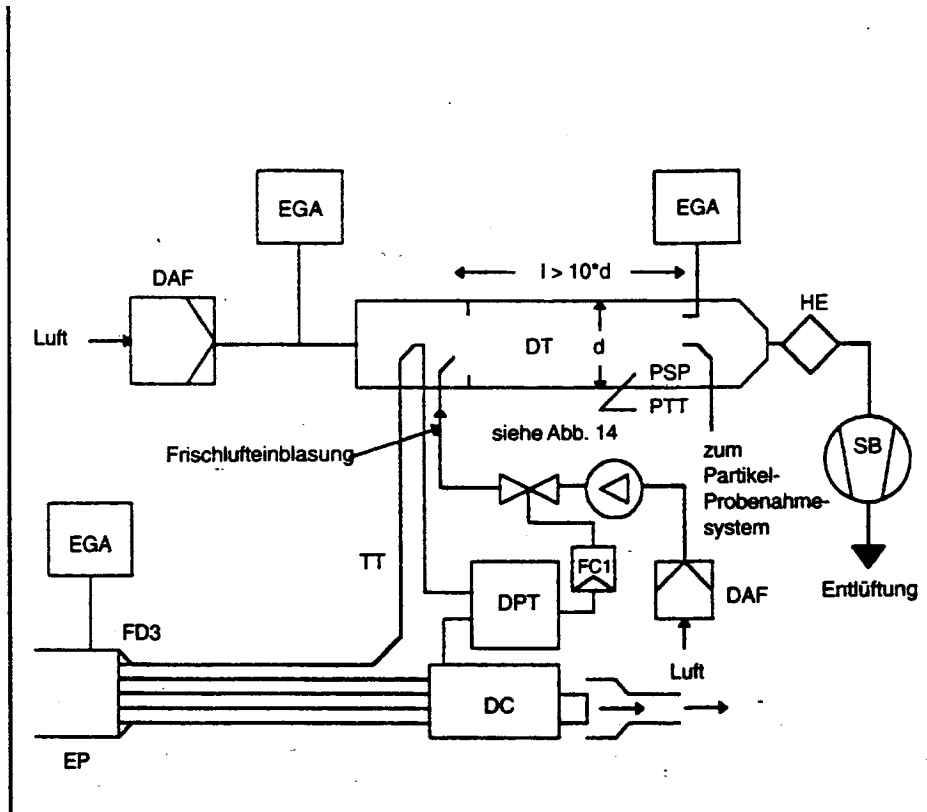
Système de dilution en circuit partiel avec venturi simple, mesure des concentrations et échantillonnage fractionné



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 d'échappement 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 marqueur (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 10

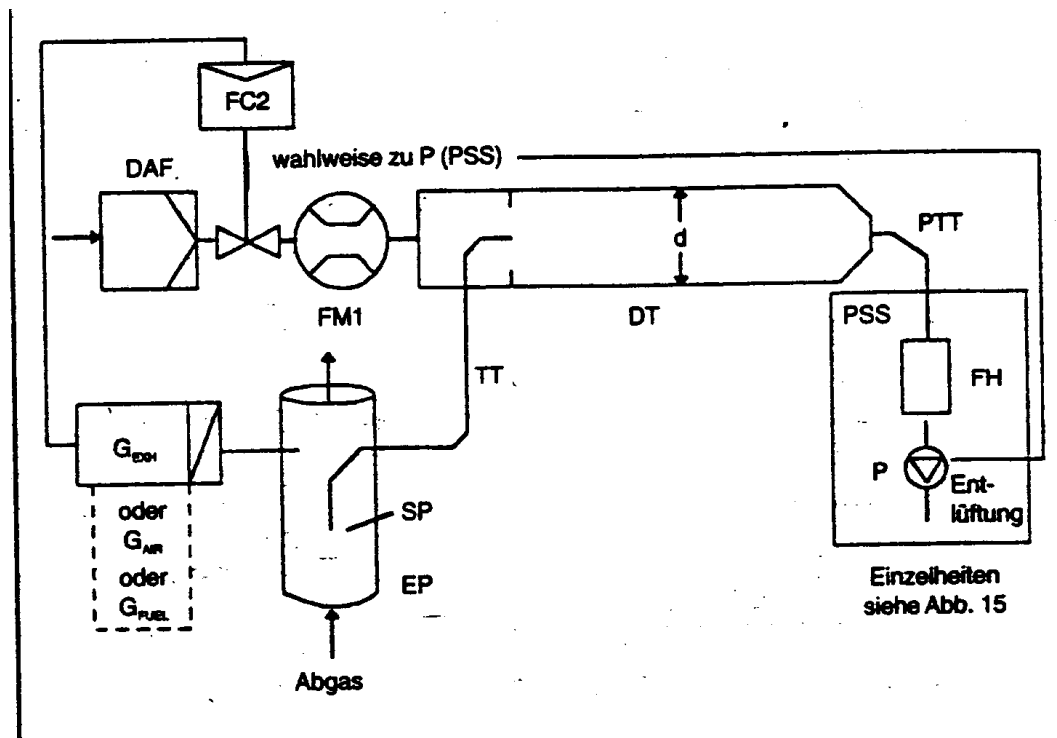
Système de dilution en circuit partiel avec séparation par tubes multiples, mesure des concentrations et échantillonnage fractionné



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 l'humidificateur 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 des 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 11

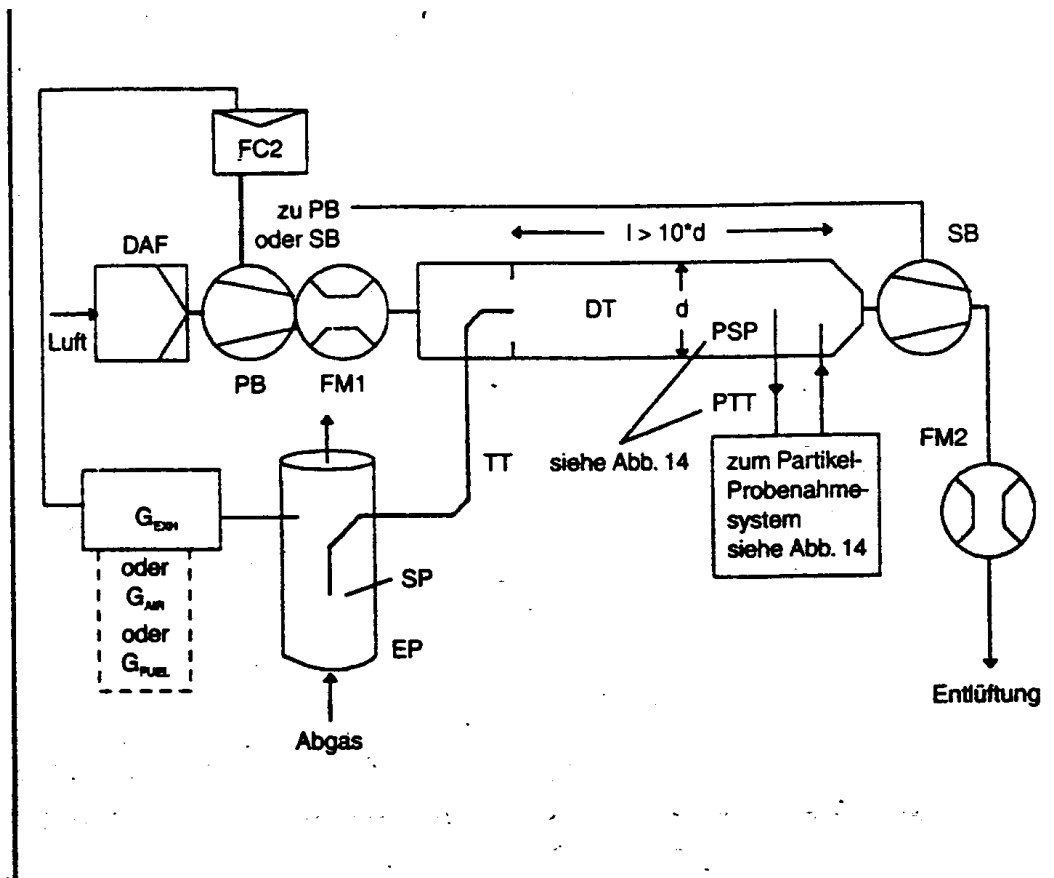
Système de dilution en circuit partiel avec réglage d u débit et échantillonnage total



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. Le débit total à travers le tunnel est réglé par le régulateur de débit FC3 et la pompe de prélèvement du système d'échantillonnage des particules (figure 16). 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 (figure 14). Le coefficient de dilution est calculé d'après ces deux débits.

Figure 12

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



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. 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. Cette opération est 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 de G_{FUEL} comme signaux de commande pour FC2. Le débit de l'air de dilution est mesuré au moyen du débitmètre FM1 et le débit total, au moyen du débitmètre FM2. Le coefficient de dilution est calculé d'après ces deux débits.

Description - Figures 4 à 12

- Tuyau d'échappement EP

Le tuyau d'échappement peut être isolé. Pour réduire l'inertie thermique du tuyau, il est recommandé que le rapport de son épaisseur au diamètre soit de 0,015 au 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 du 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 mode ralenti. 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 posttraitement) 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 (figures 6 à 12)

Le diamètre intérieur minimal sera de 4 mm. Le rapport minimal 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 point 1.

- Systèmes isocinétiques ISP (figures 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 minimal sera de 12 mm.

Il faudra prévoir un système de contrôle pour la séparation isocinétique des gaz d'échappement, qui sera assurée par le maintien d'une différence de pression nulle entre EP et ISP. Dans ces conditions, les vitesses des gaz en EP et ISP sont identiques et le débit massique à travers ISP et TT est une fraction constante de la masse totale des gaz. 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.

- Séparateur FD1, FD2 (figure 9)

Une série de tubes Venturi 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 papillons de réglage PCV1 et PCV2 est utilisé pour la séparation proportionnelle, qui est obtenue par réglage des pressions en EP et en DT.

- *Séparateur* FD3 (figure 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 aboutissent à l'humidificateur 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 à 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 (figures 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 de $V_{EDFW,i}$ se situe dans une marge de $\pm 4\%$.

- *Tube de transfert* TT (figures 4 à 12)

Le tube de transfert pour le prélèvement des particules devra:

- être aussi court que possible, mais d'une longueur maximale de 5 m,
- avoir un diamètre égal ou supérieur à celui de la sonde, mais n'excédant pas 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 maximale de $0,05 \text{ W/m} \times \text{K}$, l'épaisseur radiale de l'isolation 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* DPT (figures 4, 5 et 10)

Le transducteur à pression différentielle devra fonctionner dans une plage maximale de $\pm 500 \text{ Pa}$.

- *Régulateur de débit* FC1 (figures 4, 5 et 10)

Avec les systèmes isocinétiques (figures 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 (figure 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) (figure 5).

Si 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 (figure 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.

- *Papillons de réglage de la pression PCV1, PCV2* (figure 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 EP et entre PB et DT.

- *Humidificateur DC* (figure 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* (figure 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.

- *Régulateur de débit FC2* (figures 6, 7, 11 et 12 au choix)

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

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

- *Débitmètre FM1* (figures 6, 7, 11 et 12)

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

- *Débitmètre FM2* (figure 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 (figures 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 (figures 4, 5, 6, 9, 10 et 12)

Utilisé uniquement avec les systèmes d'échantillonnage fractionné. L'aspirateur peut servir à mesurer le débit de l'air de dilution, à condition d'être étalonné.

- *Filtre pour air de dilution* DAF (figures 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. L'air de dilution devra être à la température de 298 K (25 °C) \pm 5 K.

À la demande des constructeurs, l'air de dilution peut 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 (figures 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 dix fois le diamètre du tunnel en aval du point où les gaz d'échappement pénètrent dans celui-ci,
- doit avoir un diamètre intérieur minimal de 12 mm,
- peut être chauffé à une température maximale 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 (figures 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 minimal 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 maximale 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.

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.

Observation : Si la température ambiante au 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).

- *Échangeur de chaleur* HE (figures 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.

2.1.2 *Système de dilution en circuit principal (figure 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 (CVS). L'opération consiste à mesurer le volume total du mélange des gaz et de l'air de dilution. On peut utiliser soit un système PDP, soit un système 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 (point 2.2 figures 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 que constituant en principe un système de dilution, la méthode de dilution double est étudiée comme variante du système de prélèvement des particules au point 2.2 figure 15, puisque la plupart de ses composantes sont les mêmes que celle 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 n'apparaissent pas dans la liste descriptive. Les conditions à remplir sont indiquées au point 1.

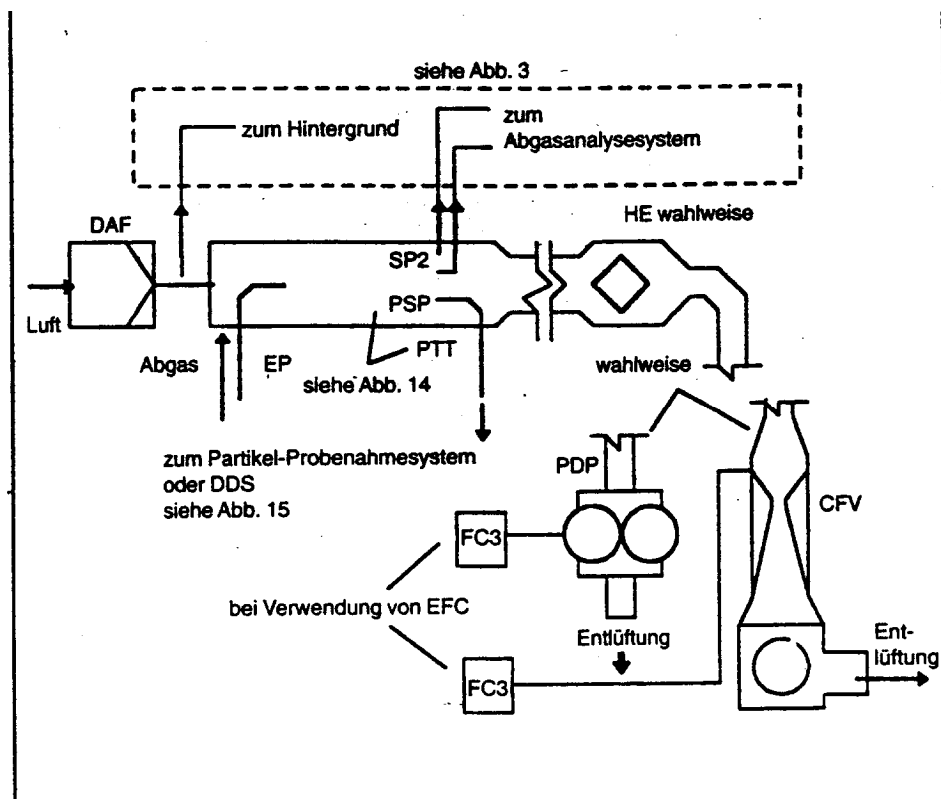
Description – figure 13

- *Tuyau d'échappement* EP

La longueur du tuyau d'échappement ne doit pas dépasser 10 mètres depuis la sortie du collecteur du moteur, du compresseur ou du dispositif de post-traitement jusqu'au tunnel de dilution. Si le système dépasse quatre mètres, 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 à déplacement positif PDP ou 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*

La pompe PDP 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 pression statique 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).

- *Débimètre Venturi à flux critique*

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 de la PDP doit être maintenue à ± 11 K de la température moyenne de fonctionnement observée au cours de l'essai, sans compensation du débit.

- Échangeur 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.

- Compensation électronique du débit 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 compensation pour obtenir une mesure permanente du débit et régler l'échantillonnage proportionnel dans le système de prélèvement des particules.

À cet effet, on utilise les relevés du débit effectués en permanence pour corriger en proportion le débit de l'échantillon passant à travers les filtres à particules du système de prélèvement (figures 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 isolée.

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

Avec la dilution simple, un échantillon provenant du tunnel de dilution est transféré au système de prélèvement des particules (point 2.2 figure 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 avant de passer à travers les filtres de prélèvement (point 2.2 figure 15).

Le débit de la PDP ou la capacité du CFV doit être suffisant pour maintenir les gaz d'échappement 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 l'air de dilution et de l'épurer au charbon de bois afin d'en éliminer les concentrations d'hydrocarbures de fond. L'air de dilution devra être à la température de 298 K (25 °C) ± 5 K. À la demande des constructeurs, l'air de dilution peut 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 d'échappement 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 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 dix fois le diamètre du tunnel en aval du point où les gaz d'échappement pénètrent dans celui-ci,
- doit avoir un diamètre intérieur minimal de 12 mm,
- peut être chauffé à une température maximale 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.

2.2 Sonde de prélèvement des particules (figures 14 et 15)

Le système de prélèvement des particules est utilisé pour la collecte des particules sur le filtre à particules. 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 (point 2.1.1 figures 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 (point 2.1.1 figures 4, 5, 6, 8, 9, 10 et 12 et point 2.1.2 figure 13) et les systèmes de prélèvement constituent généralement des unités séparées.

Dans la présente instruction de service, le système de dilution double DDS (figure 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 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 aux moments voulus. L'interférence de la commutation sur les circuits de contrôle doit être réduit à un minimum.

Description - figures 14 et 15

- Sonde de prélèvement des particules PSP (figures 14 et 15)

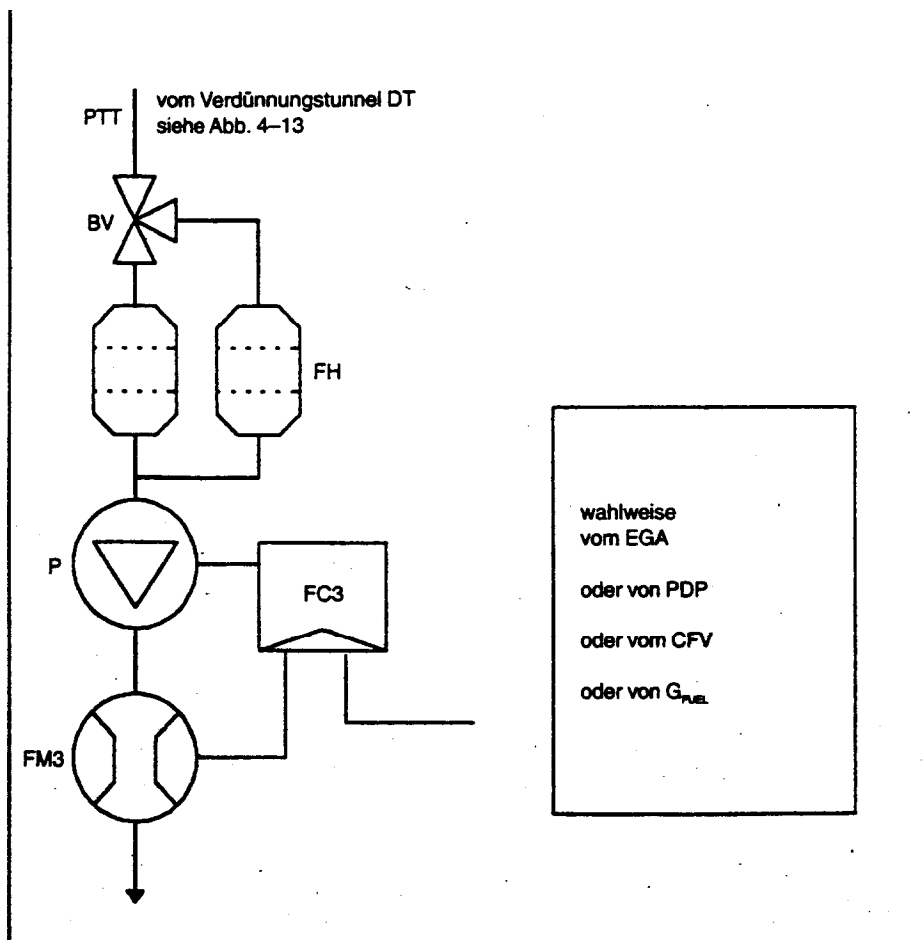
La sonde de prélèvement des particules illustrée dans les figures est le premier élément du tube de transfert des particules PTT.

La sonde :

- 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 (Cf. point 2.1), à une distance d'environ dix fois le diamètre du tunnel en aval du point où les gaz d'échappement pénètrent dans celui-ci,
- doit avoir un diamètre intérieur minimal de 12 mm,
- peut être chauffé à une température maximale 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.

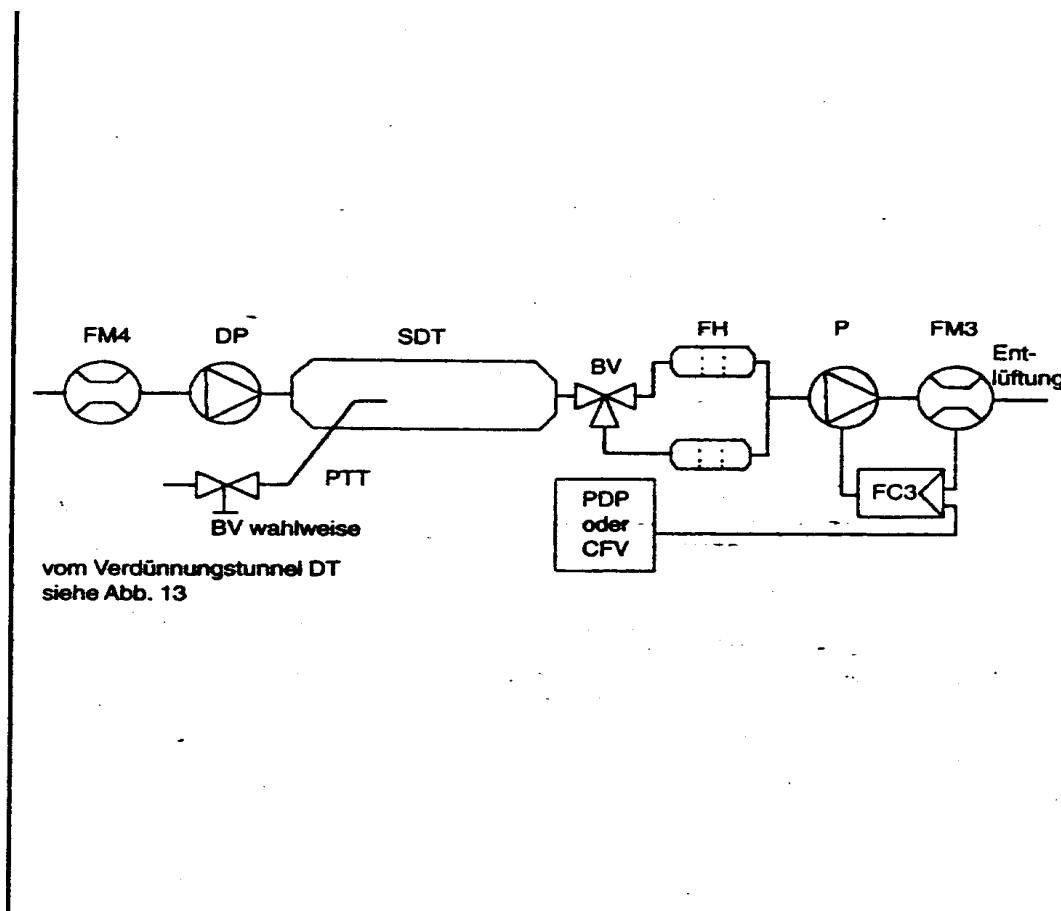
Figure 14

Système d'échantillonnage 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 PST 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 (figure 13), le débit des gaz d'échappement dilués sert de signal de commande pour le FC3.

Figure 15
Système de dilution (système 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 (figure 13), le débit intégral des gaz d'échappement dilués sert de signal de commande pour le FC3.

- Tube de transfert des particules PTT (figures 14 et 15)

Le tube de transfert des particules doit avoir une longueur maximale 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 chauffé à une température maximale 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 isolé.

- Tunnel de dilution secondaire SDT (figure 15)

Le tunnel de dilution secondaire doit avoir un diamètre minimal 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 tunnel de dilution secondaire :

- peut être chauffé à une température maximale 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.

- Porte-filtre(s) FH (figures 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 de la partie II, annexe 1, point 5.1.3.

Les porte-filtres:

- peuvent être chauffés à une température maximale 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 (figures 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 (figure 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 (figures 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 (figure 13) est utilisé.

- Débitmètre FM3 (figures 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 (figure 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 $298\text{ K } (25\text{ °C}) \pm 5\text{ K}$.

- 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.

Observation : Si la température ambiante au voisinage du PSP, du PTT, du SDT et du FH est inférieure à $239\text{ K } (20\text{ °C})$, il faut prendre des précautions pour éviter les pertes de particules sur les parois relativement froides 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 $293\text{ K } (20\text{ °C})$.

Avec des charges 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 $293\text{ K } (20\text{ °C})$.

**INSTRUCTION DE SERVICE n° 19 aux COMMISSIONS de VISITE
conformément à l'article 1.07 du RVBR**

Moteurs de remplacement

(articles 24.02, chiffre 2 et 24.06, chiffre 5 ad chapitre 8bis)

1. Introduction générale

Conformément à l'article 24.02, chiffre 2 et à l'article 24.06, chiffre 5, les prescriptions du chapitre 8bis ne s'appliquent pas aux moteurs de remplacement installés avant le 31 décembre 2011 inclus à bord de bateaux en service au 1^{er} janvier 2002. Conformément aux notes de bas de page de ces prescriptions, un moteur de remplacement est un moteur d'occasion révisé, similaire au moteur qu'il remplace en ce qui concerne la puissance, le régime et les conditions d'installation.

2. Commentaire

Il s'agit d'un moteur de remplacement si :

- a) il peut être prouvé que le moteur a été construit avant le 1^{er} janvier 2002 ;
- b) il peut être prouvé que le moteur a été utilisé auparavant et a été remis en état ;
- c) il s'agit d'un moteur de même type que le moteur d'origine (moteur à cylindres en ligne, moteur à cylindres convergents ;
- d) il s'agit d'un moteur possédant le même nombre de cylindres que le moteur d'origine ;
- e) la puissance nominale du moteur diffère de 10 % au maximum de celle du moteur d'origine ;
- f) le régime du moteur diffère de 10 % au maximum de celle du moteur d'origine.

**INSTRUCTION DE SERVICE n° 23 aux COMMISSIONS de VISITE
conformément à l'article 1.07 du RVBR**

**Affectation de l'utilisation faite du moteur à l'agrément de type et
utilisations particulières du moteur (Utilisations faites du moteur)**

**(Article 8bis.03, article 8bis.11 et annexe J en liaison avec l'article 8bis.07,
instruction de service n° 16)**

Conformément à l'article 8bis.02, chiffre 3, dès lors qu'il dépasse une puissance nominale donnée et n'est pas visé par les prescriptions de l'UE en la matière, un moteur installé à bord d'un bâtiment ou installé dans des machines présentes à bord doit posséder un agrément de type certifiant la conformité aux prescriptions du chapitre 8bis.

L'agrément de type doit être demandé conformément à l'article 8bis.03 et doit être accordé par l'autorité compétente suivant la procédure visée à l'article 8bis.04.

Conformément à l'article 8bis.07, un agrément de type équivalent accordé conformément à la Directive 97/68/CE⁵ peut également être reconnu.

L'article 8bis.11 fixe les dispositions relatives au contrôle des moteurs.

Etant donné que les moteurs peuvent servir pour différentes utilisations devant être mentionnées dans plusieurs dispositions de l'annexe J au RVBR et de la Directive 97/68/CE et qui sont soumises à des contrôles sur la base de dispositions complémentaires, la présente instruction de service a pour objet de faciliter la mise en œuvre desdites dispositions. Le tableau ci-après énumère les prescriptions déterminantes devant être prises en compte.

	Règlementation	
	RVBR	Instruction de service 97/68/CE
Dispositions complémentaires relatives aux contrôles	Annexe J, Partie I, chiffre 3 et instruction de service n° 16	Annexe I, chiffre 4
Utilisation du moteur	Annexe J, Partie II, chiffre 0.4 Annexe J, Partie III, chiffre 0.4 Annexe J, Partie VIII	Annexe II, chiffre 0.4 Annexe VII, chiffre 0.4
Association au numéro de l'agrément de type	Annexe J, Partie IV, section 3	Annexe VIII, section 2 en liaison avec l'annexe III, section 3.7

La présente instruction de service précise dans sa première partie l'association de l'utilisation faite du moteur (utilisation du moteur) aux prescriptions de contrôle et cycles d'essais définis par la procédure de réception par type et comporte dans sa deuxième partie des dispositions relatives aux utilisations spéciales faites des moteurs.

⁵ Directive 97/68/CE, du 16 décembre 1997, du Parlement européen et du Conseil sur le rapprochement des législations des Etats membres relatives aux mesures à prendre contre les émissions de gaz et de particules polluants provenant des moteurs à combustion interne destinés aux engins mobiles non routiers. (JO1 CE n° L 059 du 27 février 1998) modifié en dernier lieu par l'instruction de service 2004/26/CE du 21 avril 2004 (JO I. EU L 146 du 30 avril 2004, corrigé par JO I. EU L 225 du 25 juin 2004)

Partie I

Association de l'utilisation faite du moteur (utilisation du moteur) à l'agrément de type

L'association de l'utilisation faite du moteur (utilisation du moteur) aux prescriptions de contrôle et aux cycles d'essais définis par la procédure de réception par type est effectuée suivant le tableau ci-après.

Utilisation du moteur		Base juridique	Catégorie de moteur	Phase de valeurs limites	Contrôles		
					Prescription ²⁾	Cycle d'essais ISO 8178	
Moteurs de propulsion principale et auxiliaire des bâtiments avec caractéristique d'hélice	I	Directive ¹⁾	V	IIIA	C ³⁾	E3	
		RVBR	-	I, II ⁴⁾	-	E3	
Moteurs de propulsion principale des bâtiments à régime constant (y compris les installations à propulsion Diesel-électrique et les hélices à pas variable)	II	Directive	V	IIIA	C ³⁾	E2	
		RVBR	-	I, II ⁴⁾	-	E2	
Moteurs auxiliaires à	régime constant	Directive	V	IIIA	B	D2	
			H, I, J, K				
		D, E, F, G,	II				
	RVBR	-	I, II ⁴⁾	-	D2		
	régime variable et charge variable	IV	Directive	V	IIIA	A	C1
				H, I, J, K			
L, M, N, P				IIIB			
Q, R			IV				
RVBR	-	I, II ⁴⁾	-	C1			

¹⁾ Directive 97/68/CE

²⁾ Prescription de contrôle de la Directive 97/68/CE, annexe III, section 3.7.1

³⁾ L'utilisation en tant que "propulsion principale du bâtiment à régime constant" ou "propulsion du bâtiment avec caractéristique de l'hélice" doit être spécifiée dans le certificat de réception par type.

⁴⁾ Les valeurs limites de l'étape II du RVBR sont applicables à partir du 1^{er} juillet 2007 conformément à la résolution 2003-II-27

Partie II

Dispositions relatives aux moteurs destinés à des utilisations spéciales (utilisations du moteur)

1. Moteurs destinés à plus d'une utilisation durant l'exploitation du bâtiment
 - a) Les moteurs auxiliaires qui font fonctionner des machines et pouvant être classés à la fois dans les utilisations III et IV du moteur conformément au tableau de la Partie I de la présente instruction de service doivent posséder un agrément de type pour chacune des utilisations au sens de ce tableau.
 - b) les moteurs de propulsion principale qui font également fonctionner des machines doivent uniquement posséder l'agrément de type requis pour le type de propulsion principale conformément au tableau de la Partie I de la présente instruction de service, dès lors que la propulsion du bateau constitue l'utilisation principale du moteur. Si la durée de l'utilisation secondaire est supérieure à 30 %, le moteur doit posséder un agrément de type pour cette utilisation secondaire, en plus de l'agrément de type pour la propulsion principale.

2. Propulsion par boteurs actifs
 - a) Les boteurs actifs actionnés directement ou par générateur, à régime et charge variables, relèvent des utilisations I ou IV du moteur conformément au tableau de la partie I de la présente instruction de service.
 - b) Les boteurs actifs actionnés par générateur, à régime et charge constants, relèvent des utilisations II, III ou IV du moteur conformément au tableau de la partie I de la présente instruction de service.

3. Moteurs à puissance réduite

Les moteurs installés doivent présenter la puissance nominale attestée par le certificat de réception par type et indiquée sur le moteur conformément au marquage visé à l'annexe J, partie I, du RVBR. Toutefois, ils ne doivent pas nécessairement faire fonctionner des groupes ou machines présentant la même puissance absorbée. La puissance peut être réduite par des mesures externes au moteur pour atteindre la puissance nécessaire pour une utilisation donnée.
