

## I

*(Actes dont la publication est une condition de leur applicabilité)*

**DIRECTIVE 2004/26/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL****du 21 avril 2004****modifiant la directive 97/68/CE sur le rapprochement des législations des États membres relatives aux mesures contre les émissions de gaz et de particules polluants provenant des moteurs à combustion interne destinés aux engins mobiles non routiers****(Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE)**

LE PARLEMENT EUROPÉEN ET LE CONSEIL DE L'UNION EUROPÉENNE,

vu le traité instituant la Communauté européenne, et notamment son article 95,

vu la proposition de la Commission<sup>1</sup>,

vu l'avis du Comité économique et social européen<sup>2</sup>,

statuant conformément à la procédure visée à l'article 251 du traité<sup>3</sup>,

considérant ce qui suit:

- (1) La directive 97/68/CE<sup>4</sup> met en œuvre en deux phases des valeurs limites d'émission pour les moteurs à allumage par compression et invite la Commission à proposer une réduction supplémentaire de ces valeurs limites, en tenant compte de l'ensemble des techniques disponibles pour contrôler les émissions polluantes des moteurs à allumage par compression ainsi que de la situation en matière de qualité de l'air.
- (2) Selon les conclusions du programme Auto-Oil, des mesures supplémentaires doivent être prises pour améliorer la qualité future de l'air dans la Communauté, particulièrement en ce qui concerne la formation d'ozone et les émissions de particules.
- (3) Dans le secteur des véhicules routiers, une technologie avancée de réduction des émissions provenant des moteurs à allumage par compression est déjà largement disponible et cette technologie devrait être applicable dans une large mesure dans le secteur des engins mobiles non routiers.
- (4) Il subsiste des incertitudes quant au rapport coût/efficacité de l'utilisation de dispositifs de post-traitement pour réduire les émissions de particules et d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>). Une étude technique devrait être réalisée avant le 31 décembre 2007 et, le cas échéant, il conviendrait de prévoir des exemptions ou de reporter les dates d'entrée en vigueur.
- (5) Une procédure d'essai en régime transitoire doit être mise au point pour couvrir les conditions de fonctionnement réelles de ce type d'engins. L'essai devrait par conséquent comprendre, dans une proportion appropriée, les émissions d'un moteur à froid.
- (6) Dans des conditions de charge choisies au hasard et dans une plage de fonctionnement définie, le dépassement des valeurs limites ne devrait pas être supérieur à un pourcentage approprié.
- (7) En outre, il convient d'empêcher l'utilisation d'un dispositif d'invalidation ou d'une stratégie irrationnelle de contrôle des émissions.
- (8) Le paquet proposé de valeurs limites devrait être aligné autant que possible sur la législation en cours d'élaboration aux États-Unis, afin d'offrir aux constructeurs un marché mondial pour leurs moteurs.
- (9) Il convient d'appliquer également des normes d'émission pour des applications ferroviaires et de navigation intérieure, afin de contribuer à leur promotion en tant que modes de transport respectueux de l'environnement.

---

<sup>1</sup> JO C

<sup>2</sup> JO C 220 du 16.9.2003, p. 16.

<sup>3</sup> Avis du Parlement européen du 21 octobre 2003 (non encore paru au Journal officiel) et décision du Conseil du 30 mars 2004 (non encore parue au Journal officiel).

<sup>4</sup> JO L 59 du 27.2.1998, p. 1. Directive modifiée en dernier lieu par la directive 2002/88/CE (JO L 35 du 11.2.2003, p. 28).

- (10) Lorsque des engins mobiles non routiers respectent anticipativement les futures phases de valeurs limites, il devrait être possible de le signaler.
- (11) En raison de la technologie requise pour respecter les valeurs limites des phases III B et IV pour les émissions de particules et de NO<sub>x</sub>, la teneur en soufre du carburant doit être réduite dans de nombreux États membres. Il convient de définir un carburant de référence qui reflète la situation sur le marché des carburants.
- (12) Il est important aussi de tenir compte des performances des moteurs en matière d'émissions pendant toute leur durée de vie utile. Des exigences de durabilité devraient être prescrites pour éviter la détérioration de ces performances.
- (13) Il est nécessaire de prévoir des dispositions spéciales pour les constructeurs d'équipements, afin de leur donner le temps de concevoir leurs produits et de résoudre les problèmes de production en petites séries.
- (14) Étant donné que l'objectif de la présente directive, à savoir l'amélioration de la qualité de l'air, ne peut pas être réalisé de manière suffisante par les États membres, car les limitations nécessaires en matière d'émissions des produits doivent être prescrites au niveau communautaire, la Communauté peut prendre des mesures, conformément au principe de subsidiarité consacré à l'article 5 du traité. Conformément au principe de proportionnalité tel qu'énoncé audit article, la présente directive n'excède pas ce qui est nécessaire pour atteindre cet objectif.
- (15) La directive 97/68/CE devrait donc être modifiée en conséquence,

ONT ARRÊTÉ LA PRÉSENTE DIRECTIVE:

Article premier

La directive 97/68/CE est modifiée comme suit:

1) À l'article 2, les tirets suivants sont ajoutés:

- "- bateau de la navigation intérieure, un bateau destiné à être utilisé sur des voies navigables intérieures, d'une longueur égale ou supérieure à 20 mètres et d'un volume égal ou supérieur à 100 m<sup>3</sup> selon la formule définie à l'annexe I, section 2, point 2.8 bis, ou un remorqueur ou un pousseur construit pour remorquer, pousser ou mener à couple des bateaux de 20 mètres ou plus.

Cette définition n'englobe pas:

- les bateaux destinés au transport de voyageurs transportant 12 personnes au maximum en plus de l'équipage,
- les bateaux de plaisance d'une longueur inférieure à 24 mètres (tels qu'ils sont définis à l'article 1<sup>er</sup>, paragraphe 2, de la directive 94/25/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 juin 1994 concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives des États membres relatives aux bateaux de plaisance\*),
- les bateaux de service des autorités de contrôle,
- les bateaux de service d'incendie,
- les bateaux militaires,
- les bateaux de pêche inscrits au fichier communautaire des navires de pêche,
- les navires de mer, y compris les remorqueurs et pousseurs de mers circulant ou stationnant sur les eaux fluvio-maritimes ou se trouvant temporairement sur les eaux intérieures, pour autant qu'ils soient munis d'un certificat de navigation ou de sécurité en cours de validité défini à l'annexe I, section 2, point 2.8 ter),
- fabricant de l'équipement d'origine (FEO), un fabricant d'un type d'engin mobile non routier,
- mécanisme de flexibilité, la procédure autorisant un producteur d'engins à mettre sur le marché, pendant la période séparant deux phases de valeurs limites, un nombre limité de moteurs destinés à être installés dans des engins mobiles non routiers qui ne respectent que les valeurs limites d'émission de la phase antérieure.

\* JO L 164 du 30.6.1994, p. 15. Directive modifiée en dernier lieu par le règlement (CE) n° 1882/2003 (JO L 284 du 31.10.2003, p. 1)."

2) L'article 4 est modifié comme suit:

a) à la fin du paragraphe 2, le texte suivant est ajouté:

"L'annexe VIII est modifiée conformément à la procédure prévue à l'article 15.",

b) le paragraphe suivant est ajouté:

"6. Les moteurs à allumage par compression destinés à des utilisations autres que la propulsion de locomotives, autorails et bateaux de la navigation intérieure peuvent être mis sur le marché dans le cadre d'un mécanisme de flexibilité conformément à la procédure visée à l'annexe XIII, en sus des paragraphes 1 à 5."

3) À l'article 6, le paragraphe suivant est ajouté:

"5. Les moteurs à allumage par compression mis sur le marché dans le cadre d'un mécanisme de flexibilité sont étiquetés conformément à l'annexe XIII."

4) L'article suivant est inséré après l'article 7:

"Article 7bis

Bateaux de la navigation intérieure

1. Les dispositions ci-après s'appliquent aux moteurs destinés à être installés dans des bateaux de la navigation intérieure. Les paragraphes 2 et 3 ne s'appliquent pas tant que l'équivalence entre les exigences établies par la présente directive et celles établies dans le cadre de la convention de Mannheim sur la navigation du Rhin n'est pas reconnue par la Commission centrale pour la navigation du Rhin (ci-après dénommée "CCNR") et que la Commission n'en a pas été informée.

2. Jusqu'au 30 juin 2007, les États membres ne peuvent pas refuser la mise sur le marché de moteurs qui répondent aux conditions établies par la CCNR étape I, pour laquelle les valeurs limites d'émission sont établies à l'annexe XIV.

3. À partir du 1<sup>er</sup> juillet 2007 et jusqu'à l'entrée en vigueur d'un ensemble supplémentaire de valeurs limites qui résulteraient d'autres modifications de la présente directive, les États membres ne peuvent refuser la mise sur le marché de moteurs qui répondent aux conditions établies par la CCNR étape II, pour laquelle les valeurs limites d'émission sont établies à l'annexe XV.

4. Conformément à la procédure visée à l'article 15, l'annexe VII est adaptée pour intégrer les informations supplémentaires et spécifiques qui peuvent être requises en ce qui concerne le certificat de réception par type pour les moteurs destinés à être installés dans des bateaux de la navigation intérieure.

5. Aux fins de la présente directive, pour ce qui concerne les bateaux de la navigation intérieure, tout moteur auxiliaire d'une puissance supérieure à 560 kW est soumis aux mêmes conditions que les moteurs de propulsion."

5) L'article 8 est modifié comme suit:

a) le titre est remplacé par les mots "Mise sur le marché",

b) le paragraphe 1, est remplacé par le texte suivant:

"1. Les États membres ne peuvent pas refuser la mise sur le marché de moteurs, qu'ils soient ou non déjà installés sur des engins, dès lors qu'ils répondent aux exigences de la présente directive."

c) le paragraphe suivant est inséré après le paragraphe 2:

"2 bis. Les États membres ne délivrent pas le certificat communautaire pour bateaux de la navigation intérieure établi par la directive 82/714/CEE du Conseil du 4 octobre 1982 établissant les prescriptions techniques des bateaux de la navigation intérieure\* aux navires dont les moteurs ne répondent pas aux exigences de la présente directive.

\* JO L 301 du 28.10.1982, p. 1. Directive modifiée en dernier lieu par l'acte d'adhésion de 2003."

6) L'article 9 est modifié comme suit:

a) au paragraphe 3, la phrase introductive est remplacée par le texte suivant:

"Les États membres refusent de procéder à la réception par type d'un type ou d'une famille de moteurs et de délivrer le document décrit à l'annexe VII et ils refusent de procéder à toute autre réception par type pour les engins mobiles non routiers sur lesquels un moteur non encore mis sur le marché est installé."

b) les paragraphes suivants sont insérés après le paragraphe 3:

"3bis. RÉCEPTION PAR TYPE DES MOTEURS PENDANT LA PHASE III A (CATÉGORIES DE MOTEURS H, I, J et K)

Les États membres refusent de procéder à la réception par type des types ou familles de moteurs suivants et de délivrer le document décrit à l'annexe VII et ils refusent de procéder à toute autre réception par type pour les engins mobiles non routiers sur lesquels un moteur non encore mis sur le marché est installé:

- H: après le 30 juin 2005, pour les moteurs – autres que les moteurs à vitesse constante – d'une puissance de:  $130 \text{ kW} \leq P \leq 560 \text{ kW}$ ,
- I: après le 31 décembre 2005, pour les moteurs – autres que les moteurs à vitesse constante – d'une puissance de:  $75 \text{ kW} \leq P < 130 \text{ kW}$ ,
- J: après le 31 décembre 2006, pour les moteurs – autres que les moteurs à vitesse constante – d'une puissance de:  $37 \text{ kW} \leq P < 75 \text{ kW}$ ,
- K: après le 31 décembre 2005, pour les moteurs – autres que les moteurs à vitesse constante – d'une puissance de:  $19 \text{ kW} \leq P < 37 \text{ kW}$ ,

si ces moteurs ne satisfont pas aux exigences de la présente directive et si leurs émissions de particules et de gaz polluants ne sont pas conformes aux valeurs limites indiquées dans le tableau figurant à l'annexe I, point 4.1.2.4.

3 ter. RÉCEPTION PAR TYPE PENDANT LA PHASE III A DES MOTEURS À VITESSE CONSTANTE (CATÉGORIES DE MOTEURS H, I, J et K)

Les États membres refusent de procéder à la réception par type des types ou familles de moteurs suivants et de délivrer le document décrit à l'annexe VII et ils refusent de procéder à toute autre réception par type pour les engins mobiles non routiers sur lesquels un moteur non encore mis sur le marché est installé:

- moteurs à vitesse constante de catégorie H: après le 31 décembre 2009, pour les moteurs d'une puissance de:  $130 \text{ kW} \leq P \leq 560 \text{ kW}$ ,
- moteurs à vitesse constante de catégorie I: après le 31 décembre 2009, pour les moteurs d'une puissance de:  $75 \text{ kW} \leq P < 130 \text{ kW}$ ,
- moteurs à vitesse constante de catégorie J: après le 31 décembre 2010, pour les moteurs d'une puissance de:  $37 \text{ kW} \leq P < 75 \text{ kW}$ ,
- moteurs à vitesse constante de catégorie K: après le 31 décembre 2009, pour les moteurs d'une puissance de:  $19 \text{ kW} \leq P < 37 \text{ kW}$ ,

si ces moteurs ne satisfont pas aux exigences de la présente directive et si leurs émissions de particules et de gaz polluants ne sont pas conformes aux valeurs limites indiquées dans le tableau figurant à l'annexe I, point 4.1.2.4.

3 quater. RÉCEPTION PAR TYPE DES MOTEURS PENDANT LA PHASE III B (CATÉGORIE DE MOTEURS L, M, N et P)

Les États membres refusent de procéder à la réception par type des types ou familles de moteurs suivants et de délivrer le document décrit à l'annexe VII et ils refusent de procéder à toute autre réception par type pour les engins mobiles non routiers sur lesquels un moteur non encore mis sur le marché est installé:

- L : après le 31 décembre 2009 pour les moteurs - autres que les moteurs à vitesse constante - d'une puissance:  $130 \text{ kW} \leq P < 560 \text{ kW}$ ,
- M : après le 31 décembre 2010 pour les moteurs - autres que les moteurs à vitesse constante - d'une puissance:  $75 \text{ kW} \leq P < 130 \text{ kW}$ ,
- N : après le 31 décembre 2010 pour les moteurs - autres que les moteurs à vitesse constante - d'une puissance:  $56 \text{ kW} \leq P < 75 \text{ kW}$ ,
- P : après le 31 décembre 2011 pour les moteurs - autres que les moteurs à vitesse constante - d'une puissance:  $37 \text{ kW} \leq P < 56 \text{ kW}$ ,

si ces moteurs ne satisfont pas aux exigences de la présente directive et si leurs émissions de particules et de gaz polluants ne sont pas conformes aux valeurs limites indiquées dans le tableau figurant à l'annexe I, point 4.1.2.5.

- 3 quinquies. RÉCEPTION PAR TYPE DES MOTEURS PENDANT LA PHASE IV (CATÉGORIES DE MOTEURS Q et R)
- Les États membres refusent de procéder à la réception par type des types ou familles de moteurs suivants et de délivrer le document décrit à l'annexe VII et ils refusent de procéder à toute autre réception par type pour les engins mobiles non routiers sur lesquels un moteur non encore mis sur le marché est installé:
- Q : après le 31 décembre 2012, pour les moteurs - autres que les moteurs à vitesse constante - d'une puissance de:  $130 \text{ kW} \leq P \leq 560 \text{ kW}$ ,
  - R : après le 30 septembre 2013, pour les moteurs - autres que les moteurs à vitesse constante - d'une puissance de:  $56 \text{ kW} \leq P < 130 \text{ kW}$ ,
- si ces moteurs ne satisfont pas aux exigences de la présente directive et si leurs émissions de particules et de gaz polluants ne sont pas conformes aux valeurs limites indiquées dans le tableau figurant à l'annexe I, point 4.1.2.6.
- 3 sexies. RÉCEPTION PAR TYPE PENDANT LA PHASE III A DES MOTEURS DE PROPULSION UTILISÉS SUR LES BATEAUX DE LA NAVIGATION INTÉRIEURE (CATÉGORIE DE MOTEURS V)
- Les États membres refusent de procéder à la réception par type des types ou familles de moteurs suivants et de délivrer le document décrit à l'annexe VII:
- V1:1: après le 31 décembre 2005 pour les moteurs d'une puissance égale ou supérieure à 37 kW et un volume inférieur à 0,9 litre par cylindre,
  - V1:2: après le 30 juin 2005 pour les moteurs d'un volume égal ou supérieur à 0,9 litre mais inférieur à 1,2 litre par cylindre,
  - V1:3: après le 30 juin 2005 pour les moteurs d'un volume égal ou supérieur à 1,2 litre mais inférieur à 2,5 litres par cylindre, et d'une puissance de  $37 \text{ kW} \leq P < 75 \text{ kW}$ ,
  - V1:4: après le 31 décembre 2006 pour les moteurs d'un volume égal ou supérieur à 2,5 litres mais inférieur à 5 litres par cylindre,
  - V2: après le 31 décembre 2007 pour les moteurs d'un volume égal ou supérieur à 5 litres par cylindre,
- si ces moteurs ne satisfont pas aux exigences de la présente directive et si leurs émissions de particules et de gaz polluants ne sont pas conformes aux valeurs limites indiquées dans le tableau figurant à l'annexe I, point 4.1.2.4.
- 3 septies. RÉCEPTION PAR TYPE PENDANT LA PHASE III A DES MOTEURS À PROPULSION UTILISÉS SUR LES AUTORAILS
- Les États membres refusent de procéder à la réception par type des types ou familles de moteurs suivants et de délivrer le document décrit à l'annexe VII:
- RC A: après le 30 juin 2005 pour les moteurs d'une puissance supérieure à 130 kW
- si ces moteurs ne satisfont pas aux exigences de la présente directive et si leurs émissions de particules et de gaz polluants ne sont pas conformes aux valeurs limites indiquées dans le tableau figurant à l'annexe I, point 4.1.2.4.
- 3 octies. RÉCEPTION PAR TYPE PENDANT LA PHASE III B DES MOTEURS DE PROPULSION UTILISÉS SUR LES AUTORAILS
- Les États membres refusent de procéder à la réception par type des types ou familles de moteurs suivants et de délivrer le document décrit à l'annexe VII:
- RC B: après le 31 décembre 2010 pour les moteurs d'une puissance supérieure à 130 kW
- si ces moteurs ne satisfont pas aux exigences de la présente directive et si leurs émissions de particules et de gaz polluants ne sont pas conformes aux valeurs limites indiquées dans le tableau figurant à l'annexe I, point 4.1.2.5.
- 3 nonies. RÉCEPTION PAR TYPE PENDANT LA PHASE III A DES MOTEURS DE PROPULSION UTILISÉS SUR LES LOCOMOTIVES
- Les États membres refusent de procéder à la réception par type des types ou familles de moteurs suivants et de délivrer le document décrit à l'annexe VII:

- RL A: après le 31 décembre 2005 pour les moteurs d'une puissance de  $130 \text{ kW} \leq P \leq 560 \text{ kW}$ ,
- RH A: après le 31 décembre 2007 pour les moteurs d'une puissance de  $560 \text{ kW} < P$ ,

si ces moteurs ne satisfont pas aux exigences de la présente directive et si leurs émissions de particules et de gaz polluants ne sont pas conformes aux valeurs limites indiquées dans le tableau figurant à l'annexe I, point 4.1.2.4. Les dispositions du présent paragraphe ne s'appliquent pas aux types ou familles de moteurs en question lorsqu'un contrat d'achat du moteur a été passé avant le ..... \* et à condition que le moteur soit mis sur le marché au plus tard deux ans après la date d'application pour la catégorie de locomotives en question.

3 decies. <sup>\*</sup> Date d'entrée en vigueur de la présente directive."  
RÉCEPTION PAR TYPE PENDANT LA PHASE III B DES MOTEURS DE PROPULSION UTILISÉS  
DANS LES LOCOMOTIVES

Les États membres refusent de procéder à la réception par type des types ou familles de moteurs suivants et de délivrer le document décrit à l'annexe VII:

- R B: après le 31 décembre 2010 pour les moteurs d'une puissance supérieure à 130 kW

si ces moteurs ne satisfont pas aux exigences de la présente directive et si leurs émissions de gaz et de particules polluants ne sont pas conformes aux valeurs limites indiquées dans le tableau figurant à l'annexe I, point 4.1.2.5. Les dispositions du présent paragraphe ne sont pas applicables aux types et familles de moteurs visés lorsque le contrat d'achat du moteur a été passé avant le ..... \* et à condition que le moteur soit mis sur le marché deux ans au maximum après la date applicable à la catégorie de locomotives concernée.

<sup>\*</sup> Date d'entrée en vigueur de la présente directive."

c) le titre du paragraphe 4 est remplacé par le texte suivant:

"MISE SUR LE MARCHÉ ET DATES DE PRODUCTION DES MOTEURS"

d) le paragraphe suivant est inséré:

4bis. "Sans préjudice de l'article 7 bis et de l'article 9, paragraphes 3 octies et 3 nonies et exception faite des engins et moteurs destinés à l'exportation vers les pays tiers, les États membres n'autorisent, après les dates indiquées ci-après, la mise sur le marché de moteurs, qu'ils soient ou non déjà installés sur des engins, que s'ils sont conformes aux exigences de la présente directive et si le moteur concerné est réceptionné en conformité avec l'une des catégories visées aux paragraphes 2 et 3.

Phase III A moteurs autres que moteurs à vitesse constante

- catégorie H: 31 décembre 2005
- catégorie I: 31 décembre 2006
- catégorie J: 31 décembre 2007
- catégorie K: 31 décembre 2006

Phase III A moteurs de bateaux de navigation intérieure

- catégorie V1:1: 31 décembre 2006
- catégorie V1:2: 31 décembre 2006
- catégorie V1:3: 31 décembre 2006
- catégorie V1:4: 31 décembre 2008
- catégories V2: 31 décembre 2008

Phase III A moteurs à vitesse constante

- catégorie H: 31 décembre 2010
- catégorie I: 31 décembre 2010
- catégorie J: 31 décembre 2011
- catégorie K: 31 décembre 2010

Phase III A moteurs d'autorails

- catégorie RC A: 31 décembre 2005

## Phase III A moteurs de locomotives

- catégorie RL A: 31 décembre 2006
- catégorie RH A: 31 décembre 2008
- catégorie P: 31 décembre 2012

## Phase III B moteurs autres que moteurs à vitesse constante

- catégorie L: 31 décembre 2010
- catégorie M: 31 décembre 2011
- catégorie N: 31 décembre 2011
- catégorie P: 31 décembre 2012

## Phase III B moteurs d'autorails

- catégorie RC B: 31 décembre 2011

## Phase III B moteurs de locomotives

- catégorie R B: 31 décembre 2011

## Phase IV moteurs autres que moteurs à vitesse constante

- catégorie Q: 31 décembre 2013
- catégorie R: 30 septembre 2014

Pour chaque catégorie, le respect des exigences susmentionnées est différé de deux ans dans le cas des moteurs dont la date de production est antérieure à la date indiquée.

L'autorisation octroyée pour une phase de valeurs limites d'émission expire à la date d'entrée en vigueur obligatoire de la phase suivante de valeurs limites."

- e) le paragraphe suivant est inséré:

"4 ter. MENTION DU RESPECT ANTICIPÉ DES EXIGENCES DES PHASES III A, III B et IV

Pour les types ou familles de moteurs qui respectent les valeurs limites indiquées dans le tableau figurant à l'annexe I, points 4.1.2.4, 4.1.2.5 et 4.1.2.6 avant les échéances visées au paragraphe 4 du présent article, les États membres autorisent l'application d'une étiquette ou d'une marque spéciales signalant le respect anticipé des valeurs limites avant l'échéance."

- 7) L'article 10 est modifié comme suit:

- a) les paragraphes 1 et 1 bis sont remplacés par le texte suivant:

"1. Les exigences prévues à l'article 8, paragraphes 1 et 2, à l'article 9, paragraphe 4 et à l'article 9bis, paragraphe 5, ne sont pas applicables:

- aux moteurs destinés aux forces armées,
- aux moteurs exemptés conformément aux paragraphes 1bis et 2,
- aux moteurs destinés à des machines essentiellement affectées au lancement et à la récupération de bateaux de sauvetage,
- aux moteurs utilisés dans les machines destinées essentiellement au lancement et à la récupération de bateaux lancés à partir du rivage.

1 bis. Sans préjudice de l'article 7bis et de l'article 9, paragraphe 3 octies et 3 nonies, les moteurs de remplacement, à l'exception des moteurs d'autorails, de locomotives et des bateaux de la navigation intérieure, doivent être conformes aux valeurs limites que devait respecter le moteur remplacé lors de sa mise sur le marché.

La mention "MOTEUR DE REMPLACEMENT" figure sur une étiquette apposée sur le moteur ou est insérée dans le manuel de l'utilisateur."

- b) les paragraphes suivants sont ajoutés:
- "5. Les moteurs peuvent être mis sur le marché dans le cadre d'un mécanisme de flexibilité conformément aux dispositions de l'annexe XIII.
6. Le paragraphe 2 ne s'applique pas aux moteurs de propulsion destinés aux bateaux de la navigation intérieure.
7. Les États membres autorisent la mise sur le marché de moteurs répondant aux définitions de l'annexe I, Ai) et Aii), dans le cadre du mécanisme de flexibilité conformément aux dispositions de l'annexe XIII."
- 8) Les annexes sont modifiées comme suit:
- a) les annexes I, III, V, VII et XII sont modifiées conformément à l'annexe I de la présente directive;
- b) l'annexe VI est remplacée par le texte de l'annexe II de la présente directive;
- c) une nouvelle annexe XIII est ajoutée conformément à l'annexe III de la présente directive;
- d) une nouvelle annexe XIV est ajoutée conformément à l'annexe IV de la présente directive;
- e) une nouvelle annexe XV est ajoutée conformément à l'annexe IV de la présente directive.
- et la liste des annexes est modifiée en conséquence.

#### Article 2

Au plus tard le 31 décembre 2007, la Commission:

- a) réévalue ses estimations d'inventaire d'émissions non routières et examine spécifiquement les contrôles par recoupement éventuel et les facteurs de correction;
- b) examine la technologie disponible, y inclus les coûts/bénéfices, en vue de confirmer les valeurs limites des phases III B et IV et d'évaluer la nécessité éventuelle de mécanismes de flexibilité ou d'exemptions supplémentaires, ou de dates d'introduction ultérieures pour certains types d'équipements ou de moteurs, en tenant compte des moteurs équipant des engins mobiles non routiers affectés à des utilisations saisonnières;
- c) évalue la mise en œuvre de cycles d'essais pour les moteurs équipant les autorails et les locomotives, et, dans le cas de ces dernières, le rapport coûts/bénéfices d'une nouvelle réduction des valeurs limites d'émissions, en vue de la mise en œuvre de dispositifs de post-traitement des émissions de NO<sub>x</sub>;
- d) examine la nécessité d'introduire une série supplémentaire de valeurs limites pour les moteurs destinés aux bateaux de la navigation intérieure, compte tenu notamment de la possibilité technique et économique de réductions optionnelles secondaires dans cette application;
- e) examine la nécessité d'introduire des valeurs limites d'émissions pour les moteurs d'une puissance inférieure à 19 kW ou supérieure à 560 kW;
- f) examine la disponibilité des carburants nécessaires aux technologies mises en œuvre pour se conformer aux normes des phases III B et IV;
- g) examine les conditions de fonctionnement des moteurs au-delà desquelles les pourcentages maximum autorisés pour le dépassement des valeurs limites d'émissions prévues à l'annexe I, points 4.1.2.5 et 4.1.2.6 peuvent être dépassés, et présente des propositions appropriées pour l'adaptation technique de la directive, conformément à la procédure visée à l'article 15 de la directive 97/68/CE;
- h) évalue la nécessité d'un système de "conformité des équipements en service" et examine les solutions possibles pour sa mise en œuvre;
- i) envisage une réglementation détaillée pour prévenir le "cycle beating " et le "cycle by-pass",

et soumet, le cas échéant, des propositions au Parlement européen et au Conseil.



Article 3

1. Les États membres mettent en vigueur les dispositions législatives, réglementaires et administratives nécessaires pour se conformer à la présente directive au plus tard le .....\* Ils en informent immédiatement la Commission.

Lorsque les États membres adoptent ces dispositions, celles-ci contiennent une référence à la présente directive ou sont accompagnées d'une telle référence lors de leur publication officielle. Les modalités de cette référence sont arrêtées par les États membres.

2. Les États membres communiquent à la Commission le texte des principales dispositions de droit interne qu'ils adoptent dans le domaine régi par la présente directive.

Article 4

Les États membres fixent les sanctions en cas de violation des dispositions nationales arrêtées conformément à la présente directive et prennent toutes mesures nécessaires pour leur mise en œuvre. Ces sanctions doivent être efficaces, proportionnées et dissuasives. Les États membres communiquent ces dispositions à la Commission au plus tard le .....\*. Ils l'informent dans les meilleurs délais de toute modification ultérieure de ces dispositions.

Article 5

La présente directive entre en vigueur le vingtième jour suivant celui de sa publication au Journal officiel de l'Union européenne.

Article 6

Les États membres sont destinataires de la présente directive.

Fait à Strasbourg, le 21 avril 2004

*Par le Parlement européen*

*Le président*

P. COX

*Par le Conseil*

*Le président*

D. ROCHE

---

\* Douze mois à compter de la date d'entrée en vigueur de la présente directive.

\* Douze mois à compter de la date d'entrée en vigueur de la présente directive.

## ANNEXE I

## 1. L'ANNEXE I EST MODIFIÉE COMME SUIT:

## 1) La section 1 est modifiée comme suit:

## a) le point a) est remplacé par le texte suivant:

"a) être destinés ou propres à se déplacer ou être déplacés, sur route ou en dehors des routes:

i) avec un moteur à allumage par compression ayant une puissance nette telle qu'elle est définie au point 2.4, supérieure ou égale à 19 kW, mais n'excédant pas 560 kW, fonctionnant à vitesse intermittente plutôt qu'à une seule vitesse constante,

ou

ii) avec un moteur à allumage par compression ayant une puissance nette telle qu'elle est définie à la section 2.4, supérieure ou égale à 19 kW, mais n'excédant pas 560 kW, et fonctionnant à vitesse constante. Ces limites ne sont applicables qu'au 31 décembre 2006,

ou

iii) avec un moteur à essence, à allumage commandé, ayant une puissance nette telle qu'elle est prévue au point 2.4, n'excédant pas 19 kW,

ou

iv) avec des moteurs conçus pour la propulsion d'autorails, c'est-à-dire de véhicules sur rail autopropulsés spécialement conçus pour transporter des marchandises et/ou des passagers,

ou

v) avec des moteurs conçus pour la propulsion de locomotives, c'est-à-dire d'éléments autopropulsés d'équipement sur rail, conçus pour déplacer ou propulser des wagons conçus pour le transport de marchandises, de passagers et autres équipements, mais qui ne sont pas eux-mêmes conçus pour transporter des marchandises, des passagers (autres que les conducteurs de la locomotive) ou autres équipements, ni destinés à cette utilisation. Tout moteur auxiliaire et tout moteur destiné à alimenter les équipements de maintenance ou d'aménagement sur les rails ne sont pas couverts par le présent paragraphe, mais relèvent des dispositions du point A i)."

## b) le point b) est remplacé par le texte suivant:

"b) aux bateaux, à l'exception des bateaux destinés à la navigation intérieure",

## c) le point c) est supprimé.

## 2) La section 2 est modifiée comme suit:

## a) les points suivants sont insérés:

"2.8 bis. "volume égal ou supérieur à 100 m<sup>3</sup>", en ce qui concerne un bateau de la navigation intérieure, le volume de celui-ci calculé à l'aide de la formule  $L \times B \times T$ , où L est la longueur maximale de la coque, gouvernail et beaupré non compris, B est la largeur maximale de la coque en mètres, mesurée à l'extérieur du bordé (roues à aubes, bourrelets de défense, etc., non compris) et T est la distance verticale entre le point le plus bas de la coque hors membrures ou de la quille et le plan du plus grand enfoncement du bateau.

2.8 ter. "certificat de navigation ou de sécurité en cours de validité":

a) un certificat qui atteste la conformité à la Convention internationale de 1974 pour la sauvegarde la vie en mer (SOLAS), telle qu'elle a été modifiée, ou à une convention équivalente, ou

b) un certificat qui atteste la conformité à la Convention internationale de 1966 sur les lignes de charge, telle qu'elle a été modifiée, ou à une convention équivalente, et un certificat IOPP qui atteste la conformité à la Convention internationale de 1973 pour la prévention de la pollution par les navires (MARPOL), telle qu'elle a été modifiée.

2.8 quater. "Dispositif d'invalidation" désigne un dispositif qui mesure, détecte ou réagit à des variables de fonctionnement afin d'activer, de moduler, de retarder ou de désactiver le fonctionnement d'une composante ou fonction quelconque du système de contrôle d'émissions, en sorte que l'efficacité du système de contrôle est réduite dans les conditions rencontrées pendant l'utilisation normale d'engins mobiles non routiers, à moins que l'utilisation de ce dispositif ne soit essentiellement incluse dans la procédure de certification du test d'émissions appliquée."

2.8 quinquies. "Stratégie irrationnelle de contrôle" désigne toute stratégie ou mesure qui, dans les conditions normales d'utilisation d'un engin mobile non routier, réduit l'efficacité du système de contrôle d'émissions à un niveau inférieur à celui prévu pour les procédures de tests d'émissions applicables."

b) le point suivant est inséré:

"2.17. "cycle d'essai", une séquence de points d'essai, chaque point étant défini par une vitesse et un couple, que le moteur doit respecter en modes stabilisés (essai NRSC) ou dans des conditions de fonctionnement transitoires (essai NRTC);"

c) le point 2.17 actuel est renuméroté 2.18 et il est remplacé par le texte suivant:

"2.18. Symboles et abréviations

2.18.1. Symboles des paramètres d'essai

| Symbole           | Unité   | Terme   |
|-------------------|---|---|
| $A/F_{st}$        | -   | Rapport air/carburant stœchiométrique   |
| $A_p$             | m <sup>2</sup>  | Aire de la section de la sonde de prélèvement isocinétique                          |
| $A_T$             | m <sup>2</sup>  | Aire de la section du tuyau d'échappement   |
| Aver              | Valeurs moyennes pondérées pour:<br>m <sup>3</sup> /h<br>kg/h | - le débit volumique<br>- le débit massique   |
| CI                | -   | Hydrocarbure exprimé en équivalent-carbone I  |
| $C_d$             | -   | Coefficient de décharge du SSV  |
| conc              | ppm<br>Vol%   | Concentration (avec le suffixe de l'élément qui est à l'origine de la dénomination) |
| conc <sub>c</sub> | ppm vol%  | Concentration corrigée de la concentration de fond                                  |
| conc <sub>d</sub> | ppm vol%  | Concentration du polluant mesurée dans l'air de dilution                            |
| conc <sub>e</sub> | ppm vol%  | Concentration du polluant mesurée dans le gaz d'échappement dilué                   |
| D                 | m   | Diamètre  |
| DF                | -   | Facteur de dilution   |
| $F_a$             | -   | Facteur atmosphérique de laboratoire  |
| $G_{AIRD}$        | kg/h  | Débit massique d'air d'admission (conditions sèches)                                |
| $G_{AIRW}$        | kg/h  | Débit massique d'air d'admission (conditions humides)                               |
| $G_{DILW}$        | kg/h  | Débit massique d'air de dilution (conditions humides)                               |
| $G_{EDFW}$        | kg/h  | Débit massique équivalent 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   |
| $G_{SE}$          | kg/h  | Débit massique de l'échantillon de gaz d'échappement                                |
| $G_T$             | cm <sup>3</sup> /min  | Débit du gaz marqueur   |
| $G_{TOTW}$        | kg/h  | Débit massique de gaz d'échappement dilués (conditions humides)                     |
| $H_a$             | g/kg  | Humidité absolue de l'air d'admission   |
| $H_d$             | g/kg  | Humidité absolue de l'air de dilution   |
| $H_{REF}$         | g/kg  | Valeur de référence de l'humidité absolue (10,71 g/kg)                              |

| Symbole        | Unité    | Terme   |
|----------------|----------|---|
| i              | -        | Indice désignant un des modes de l'essai (essai NRSC) ou une valeur instantanée (essai NRTC)                                |
| $K_H$          | -        | Facteur de correction de l'humidité pour les $NO_x$   |
| $K_p$          | -        | Facteur de correction de l'humidité pour les particules   |
| $K_V$          | -        | Fonction d'étalonnage du CFV  |
| $K_{W,a}$      | -        | Facteur de correction pour l'air d'admission (passage des conditions sèches aux conditions humides)                         |
| $K_{W,d}$      | -        | Facteur de correction pour l'air de dilution (passage des conditions sèches aux conditions humides)                         |
| $K_{W,e}$      | -        | Facteur de correction pour les gaz d'échappement dilués (passage des conditions sèches aux conditions humides)              |
| $K_{W,r}$      | -        | Facteur de correction pour les gaz d'échappement bruts (passage des conditions sèches aux conditions humides)               |
| L              | %        | Pourcentage du couple maximal pour le régime du moteur à l'essai  |
| $M_d$          | mg       | Masse des particules collectées dans l'air de dilution  |
| $M_{DIL}$      | kg       | Masse de l'échantillon d'air de dilution traversant les filtres à particules  |
| $M_{EDFW}$     | kg       | Masse de l'équivalent de gaz d'échappement dilués sur la durée du cycle   |
| $M_{EXHW}$     | kg       | Masse totale de gaz d'échappement sur la durée du cycle   |
| $M_f$          | mg       | Masse des particules collectées   |
| $M_{f,p}$      | mg       | Masse des particules collectées sur le filtre primaire  |
| $M_{f,b}$      | mg       | Masse des particules collectées sur le filtre secondaire  |
| $M_{gaz}$      | g        | Masse totale de gaz polluant sur la durée du cycle  |
| $M_{PT}$       | g        | Masse totale de particules sur la durée du cycle  |
| $M_{SAM}$      | kg       | Masse de gaz d'échappement dilués traversant les filtres à particules   |
| $M_{SE}$       | kg       | Masse de l'échantillon de gaz d'échappement sur la durée du cycle   |
| $M_{SEC}$      | kg       | Masse de l'air de dilution secondaire   |
| $M_{TOT}$      | kg       | Masse totale de gaz d'échappement doublement dilués sur la durée du cycle   |
| $M_{TOTW}$     | kg       | Masse totale de gaz d'échappement dilués traversant le tunnel de dilution sur la durée du cycle dans des conditions humides |
| $M_{TOTW,I}$   | kg       | Masse instantanée de gaz d'échappement dilués traversant le tunnel de dilution dans des conditions humides                  |
| mass           | g/h      | Indice désignant le débit massique des émissions  |
| $N_p$          | -        | Nombre total de tours de la pompe volumétrique sur la durée du cycle  |
| $n_{réf}$      | Tr/min   | Régime de référence du moteur pour l'essai NRTC   |
| $\dot{n}_{sp}$ | $s^{-2}$ | Dérivée du régime du moteur   |
| P              | kW       | Puissance au frein, non corrigée  |

| Symbole      | Unité              | Terme  |
|--------------|--------------------|--|
| $p_1$        | kPa                | Dépression sous la pression atmosphérique à l'orifice d'aspiration de la pompe   |
| $P_A$        | kPa                | Pression absolue   |
| $P_a$        | kPa                | Tension de vapeur à saturation de l'air d'admission du moteur (pression ambiante)<br>(ISO 3046: $p_{s_y}$ = essai PSY)   |
| $P_{AE}$     | kW                 | Puissance totale déclarée absorbée par les accessoires prévus pour l'essai qui ne sont pas requis par les dispositions de la section 2.4 de la présente annexe |
| $P_B$        | kPa                | Pression barométrique totale (ISO 3046:<br>$P_x$ = site PX, pression totale ambiante<br>$P_y$ = essai PY, pression totale ambiante)                            |
| $P_d$        | kPa                | Tension de vapeur à saturation de l'air de dilution  |
| $P_M$        | kW                 | Puissance maximale au régime d'essai dans les conditions d'essai (annexe VII, appendice 1)   |
| $P_m$        | kW                 | Puissance mesurée au banc d'essai  |
| $p_s$        | kPa                | Pression atmosphérique (conditions sèches)   |
| $Q$          | -                  | Taux de dilution   |
| $Q_s$        | m <sup>3</sup> /s  | Débit volumique de l'échantillon à volume constant   |
| $r$          | -                  | Rapport entre la pression statique au col et à l'entrée de la sonde SSV  |
| $r$          | m <sup>3</sup> /s  | Rapport de l'aire de la section de la sonde isocinétique à celle du tuyau d'échappement  |
| $R_a$        | %                  | Humidité relative de l'air d'admission   |
| $R_d$        | %                  | Humidité relative de l'air de dilution   |
| $Re$         | -                  | Nombre de Reynolds   |
| $R_f$        | -                  | Facteur de réaction du FID   |
| $T$          | K                  | Température absolue  |
| $T$          | s                  | Temps de mesure  |
| $T_a$        | K                  | Température absolue de l'air d'admission   |
| $T_D$        | K                  | Température absolue au point de rosée  |
| $T_{ref}$    | K                  | Température de référence de l'air de combustion (298 K)  |
| $T_{sp}$     | Nm                 | Couple requis par le cycle transitoire   |
| $t_{10}$     | s                  | Temps entre le signal d'entrée progressif et 10 % du relevé final  |
| $t_{50}$     | s                  | Temps entre le signal d'entrée progressif et 50 % du relevé final  |
| $t_{90}$     | s                  | Temps entre le signal d'entrée progressif et 90 % du relevé final  |
| $\Delta t_i$ | s                  | Intervalle de temps pour le débit instantané du CFV  |
| $V_0$        | m <sup>3</sup> /tr | Débit volumique de la pompe volumétrique dans des conditions réelles   |
| $W_{eff}$    | kWh                | Travail du cycle effectif de l'essai NRTC  |

| Symbole          | Unité              | Terme   |
|------------------|--------------------|---|
| WF               | -                  | Facteur de pondération  |
| WF <sub>E</sub>  | -                  | Facteur de pondération effectif   |
| X <sub>0</sub>   | m <sup>3</sup> /tr | Fonction d'étalonnage du débit volumique de la pompe volumétrique                             |
| Θ <sub>D</sub>   | kg·m <sup>2</sup>  | Inertie de rotation du dynamomètre à courant de Foucault                                      |
| β                |                    | Rapport entre le diamètre d du col du SSV et le diamètre intérieur du tuyau d'admission       |
| λ                | -                  | Rapport air/carburant relatif: rapport a/c effectif divisé par le rapport a/c stœchiométrique |
| ρ <sub>EXH</sub> | kg/m <sup>3</sup>  | Densité des gaz d'échappement   |

### 2.18.2. Symboles des composés chimiques

|                               |                         |
|-------------------------------|-------------------------|
| CH <sub>4</sub>               | Méthane                 |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> | Propane                 |
| C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> | Éthane                  |
| CO                            | Monoxyde de carbone     |
| CO <sub>2</sub>               | Dioxyde de carbone      |
| DOP                           | Di-octylphthalate       |
| H <sub>2</sub> O              | Eau                     |
| HC                            | Hydrocarbures           |
| NO <sub>x</sub>               | Oxydes d'azote          |
| NO                            | Monoxyde d'azote        |
| NO <sub>2</sub>               | Dioxyde d'azote         |
| O <sub>2</sub>                | Oxygène                 |
| P                             | Particules              |
| PTFE                          | Polytétrafluoroéthylène |

### 2.18.3. Abréviations

|      |  |
|------|--|
| CFV  | Venturi à écoulement critique                                  |
| CLD  | Détecteur à chimiluminescence                                  |
| FID  | Détecteur à ionisation de flamme                               |
| GN   | Gaz naturel  |
| HCLD | Détecteur à chimiluminescence chauffé                          |
| HFID | Détecteur à ionisation de flamme chauffé                       |
| NDIR | Analyseur non dispersif à absorption dans l'infrarouge         |
| NRSC | Cycle en régimes stabilisés pour engins mobiles non routiers   |
| NRTC | Cycle en régimes transitoires pour engins mobiles non routiers |
| PDP  | Pompe à déplacement positif                                    |
| SSV  | Venturi subsonique"  |

3) La section 3 est modifiée comme suit:

a) le point suivant est inséré:

"3.1.4. les étiquettes visées à l'annexe XIII, si le moteur est mis sur le marché dans le cadre d'un mécanisme de flexibilité."

4) La section 4 est modifiée comme suit:

a) à la fin du point 4.1.1 le texte suivant est ajouté:

"Tous les moteurs rejetant des gaz d'échappement mélangés à de l'eau sont équipés d'un raccord dans le système d'échappement du moteur, situé en aval du moteur et avant le point où l'échappement entre en contact avec l'eau (ou avec tout autre fluide de refroidissement ou de déterision), pour recevoir provisoirement le système d'échantillonnage des émissions de gaz ou de particules. Il importe que ce raccord soit situé de façon à permettre un mélange représentatif pour l'échantillonnage de l'échappement. Ce raccord est fileté à l'intérieur à l'aide de filetage standard pour tuyaux d'une largeur maximale de 1,3 cm. Lorsqu'il n'est pas en service, il est fermé par un bouchon (des raccords équivalents sont autorisés)."

b) le point suivant est ajouté:

"4.1.2.4. Les émissions de monoxyde de carbone, la somme des émissions d'hydrocarbures et d'oxydes d'azote ainsi que les émissions de particules ne doivent pas, pour la phase III A, dépasser les quantités indiquées dans le tableau ci-dessous:

Moteurs utilisés pour des applications autres que la propulsion des bateaux de la navigation intérieure, des locomotives et des autorails:

| Puissance nette (P) (kW) | Masse de monoxyde de carbone (CO) (g/kWh) | Somme des hydrocarbures et des oxydes d'azote (HC + NO <sub>x</sub> ) (g/kWh) | Masse de particules (PT) (g/kWh) |
|--------------------------|---|---|----------------------------------|
| H: 130 kW ≤ P ≤ 560 kW,  | 3,5                                       | 4,0   | 0,2                              |
| I: 75 kW ≤ P < 130 kW    | 5,0                                       | 4,0   | 0,3                              |
| J: 37 kW ≤ P < 75 kW,    | 5,0                                       | 4,7   | 0,4                              |
| K: 19 kW ≤ P < 37 kW     | 5,5                                       | 7,5   | 0,6                              |

Moteurs destinés à la propulsion des bateaux de la navigation intérieure:

| Catégorie: cylindrée/puissance nette (SV/P) (litres par cylindre/kW) | Masse de monoxyde de carbone (CO) (g/kWh) | Somme des hydrocarbures et des oxydes d'azote (HC + NO <sub>x</sub> ) (g/kWh) | Masse de particules (PT) (g/kWh) |
|--|---|---|----------------------------------|
| V1:1 SV < 0,9 et P ≥ 37 kW   | 5,0                                       | 7,5   | 0,40                             |
| V1:2 0,9 ≤ SV < 1,2  | 5,0                                       | 7,2   | 0,30                             |
| V1:3 1,2 ≤ SV < 2,5  | 5,0                                       | 7,2   | 0,20                             |
| V1:4 2,5 ≤ SV < 5  | 5,0                                       | 7,2   | 0,20                             |
| V2:1 5 ≤ SV < 15   | 5,0                                       | 7,8   | 0,27                             |
| V2:2 15 ≤ SV < 20 et P < 3 300 kW                                    | 5,0                                       | 8,7   | 0,50                             |
| V2:3 15 ≤ SV < 20 et P ≥ 3 300 kW                                    | 5,0                                       | 9,8   | 0,50                             |
| V2:4 20 ≤ SV < 25  | 5,0                                       | 9,8   | 0,50                             |
| V2:5 25 ≤ SV < 30  | 5,0                                       | 11,0  | 0,50                             |

Moteurs destinés à la propulsion des locomotives

| Catégorie: Puissance nette (P) (kW)             | Monoxyde de carbone (CO) (g/kWh) | Somme des hydrocarbures et des oxydes d'azote (HC+NO <sub>x</sub> ) (g/kWh) |   | Particules (PT) (g/kWh) |
|---|----------------------------------|---|---|-------------------------|
| RL A: 130 kW ≤ P ≤ 560 kW                       | 3,5                              | 4,0   |   | 0,2                     |
|   | (CO) (g/kWh)                     | Hydrocarbures (HC) (g/kWh)  | Oxydes d'azote (NO <sub>x</sub> ) (g/kWh) | Particules (PT) (g/kWh) |
| RH A: P > 560 kW                                | 3,5                              | 0,5   | 6,0                                       | 0,2                     |
| RH A Moteurs à P > 2000 kW et SV > 5 l/cylindre | 3,5                              | 0,4   | 7,4                                       | 0,2                     |

## Moteurs de traction des autorails

| Catégorie: Puissance nette(P) (kW) | Monoxyde de carbone (CO) (g/kWh) | Somme des hydrocarbures et des oxydes d'azote (HC+NOx) (g/kWh) | Particules (PT) (g/kWh) |
|------------------------------------|----------------------------------|--|-------------------------|
| RC A: 130 kW < P                   | 3,5                              | 4,0  | 0,20                    |

c) le point suivant est inséré:

"4.1.2.5 Les émissions de monoxyde de carbone, les émissions d'hydrocarbures et d'oxydes d'azote (ou leur somme, le cas échéant) et les émissions de particules ne doivent pas, pour la phase III B, dépasser les quantités indiquées dans le tableau ci-dessous:

Moteurs destinés à des utilisations autres que la traction de locomotives, d'autorails et de bateaux de la navigation intérieure

| Catégorie: puissance nette (P) (kW) | Masse de monoxyde de carbone (CO) (g/kWh) | Hydro-carbures (HC) (g/kWh)                                   | Oxydes d'azote (Nox) (g/kWh) | Masse de particules (PT) (g/kWh) |
|-------------------------------------|---|---|------------------------------|----------------------------------|
| L: 130 kW ≤ P ≤ 560 kW <sup>1</sup> | 3,5                                       | 0,19  | 2,0                          | 0,02                             |
| M: 75 kW ≤ P < 130 kW               | 5,0                                       | 0,19  | 3,3                          | 0,02                             |
| N: 5637 kW ≤ P < 75 kW              | 5,0                                       | 0,19  | 3,3                          | 0,02                             |
|                                     |   | Somme des hydrocarbures et oxydes d'azotes (HC + NOx) (g/kWh) |                              |                                  |
| P: 37 kW ≤ P < 56 kW                | 5,0                                       | 4,7   |                              | 0,025                            |

## Moteurs destinés à la propulsion des autorails

| Catégorie: puissance nette (P) (kW) | Masse de monoxyde de carbone (CO) (g/kWh) | Hydrocarbures (HC) (g/kWh) | Oxydes d'azote (NOx) (g/kWh) | Masse de particules (PT) (g/kWh) |
|-------------------------------------|---|----------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| RC B: 130 kW < P                    | 3,5                                       | 0,19                       | 2,0                          | 0,025                            |

## Moteurs destinés à la propulsion des locomotives

| Catégorie: puissance nette (P) (kW) | Masse de monoxyde de carbone (CO) (g/kWh) | Somme des hydrocarbures et des oxydes d'azote (HC + NOx) (g/kWh) | Masse de particules (PT) (g/kWh) |
|-------------------------------------|---|--|----------------------------------|
| R B: 130 kW < P                     | 3,5                                       | 4,0  | 0,025                            |

d) le point suivant est inséré après le nouveau point 4.1.2.5:

"4.1.2.6 Les émissions de monoxyde de carbone, les émissions d'hydrocarbures et d'oxydes d'azote (ou leur somme le cas échéant) et les émissions de particules ne doivent pas, pour la phase IV, dépasser les quantités indiquées dans le tableau ci-dessous:

Moteurs destinés à des applications autres que la propulsion des locomotives, des autorails et des bateaux de la navigation intérieure

| Catégorie: puissance nette (P) (kW) | Masse de monoxyde de carbone (CO) (g/kWh) | Hydrocarbures (HC) (g/kWh) | Oxydes d'azote (NOx) (g/kWh) | Masse de particules (PT) (g/kWh) |
|-------------------------------------|---|----------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| Q: 130 kW ≤ P ≤ 560 kW              | 3,5                                       | 0,19                       | 0,4                          | 0,025                            |
| R: 56 kW ≤ P ≤ 130 kW               | 5,0                                       | 0,19                       | 0,4                          | 0,025                            |



e) le point suivant est inséré:

"4.1.2. 7. Les valeurs limites indiquées aux points 4.1.2.4, 4.1.2.5 et 4.1.2.6 tiennent compte de la détérioration calculée conformément à l'annexe III, appendice 5.

Dans le cas des valeurs limites visées aux points 4.1.2.5 et 4.1.2.6, dans l'ensemble des conditions de charge choisies au hasard, appartenant à une plage de contrôle définie et à l'exception des conditions de fonctionnement du moteur qui ne sont pas soumises à une telle disposition, les émissions prélevées pendant une durée qui ne peut être inférieure à 30 secondes ne doivent pas dépasser de plus de 100 % les valeurs limites figurant dans les tableaux ci-dessus. La plage de contrôle à laquelle s'applique le pourcentage à ne pas dépasser et les conditions de fonctionnement du moteur exclues sont définies conformément à la procédure visée à l'article 15."

f) le point 4.1.2.4. est renuméroté 4.1.2.8.

## 2. L'ANNEXE III EST MODIFIÉE COMME SUIT:

1) La section I est modifiée comme suit:

a) au point I.1, le texte suivant est ajouté:

"Deux cycles d'essai sont décrits et doivent être exécutés conformément aux dispositions de l'annexe I, section I:

- l'essai NRSC (Non-Road Steady Cycle, cycle en régimes stabilisés pour engins mobiles non routiers), utilisé pour les phases I, II et III A et pour les moteurs à vitesse constante ainsi que pour les phases III B et IV dans le cas des polluants gazeux,
- l'essai NRTC (Non-Road Transient Cycle, cycle en régimes transitoires pour engins mobiles non routiers), utilisé pour la mesure des émissions de particules dans les phases III B et IV pour tous les moteurs, à l'exception des moteurs à vitesse constante. Au choix du constructeur, ce cycle d'essai peut être utilisé également pour la phase III A et pour les gaz polluants dans les phases III B et IV.
- Pour les moteurs destinés à la propulsion des bateaux de la navigation intérieure, la procédure d'essai ISO prescrite par la norme ISO 8178-4:2002 [E] et par l'annexe VI (Code NO<sub>x</sub>) de la convention MARPOL 73/78 de l'OMI est appliquée.

Pour les moteurs destinés à la propulsion des autorails, un essai NRSC est utilisé pour la mesure des gaz et des particules polluants dans la phase III A et dans la phase III B.

Pour les moteurs destinés à la propulsion des locomotives, un essai NRSC est utilisé pour la mesure des gaz et des particules polluants dans la phase III A et dans la phase III B."

b) le point suivant est ajouté:

"1.3. Principe de mesure

Les émissions de gaz d'échappement à mesurer comprennent les éléments gazeux (monoxyde de carbone, hydrocarbures totaux et oxydes d'azote) et les particules. En outre, le dioxyde de carbone est souvent utilisé comme gaz traceur pour mesurer le taux de dilution de systèmes de dilution en circuit partiel et en circuit principal. Les règles de l'art recommandent de procéder à une mesure générale du dioxyde de carbone afin de détecter les problèmes de mesure durant l'exécution de l'essai.

1.3.1. Essai NRSC

Durant une séquence prescrite de conditions de fonctionnement d'un moteur chaud, les quantités d'émission de gaz d'échappement indiquées ci-dessus sont analysées en continu en prélevant un échantillon de gaz d'échappement bruts. Le cycle d'essai comprend plusieurs modes de régime et de couple (charge) qui couvrent la gamme opérationnelle caractéristique de moteurs Diesel. Durant chaque mode, la concentration de chaque gaz polluant, le débit de gaz d'échappement et la puissance délivrée sont mesurés et les valeurs collectées pondérées. L'échantillon de particules est dilué dans de l'air ambiant conditionné. Un échantillon est prélevé durant toute la procédure d'essai et collecté sur des filtres appropriés.

À titre de variante, un échantillon est prélevé sur des filtres séparés, un pour chaque mode, et les résultats pondérés sont calculés.

Les grammes de chaque polluant émis par kilowatt-heure sont calculés conformément à la description de l'appendice 3 de la présente annexe.

### 1.3.2. Essai NRTC

Le cycle transitoire prescrit, qui reflète fidèlement les conditions de fonctionnement de moteurs Diesel installés sur des engins non routiers, est exécuté deux fois:

- la première fois (démarrage à froid) après que le moteur a pris la température ambiante et que les températures du liquide de refroidissement et de l'huile, des systèmes de post-traitement et de tous les dispositifs auxiliaires de contrôle du moteur sont stabilisées entre 20 et 30°C;
- la deuxième fois (démarrage à chaud) après une période de 20 minutes d'imprégnation à chaud débutant immédiatement après la réalisation du cycle de démarrage à froid.

Durant cette séquence d'essai, les polluants susmentionnés sont analysés. Grâce aux signaux de couple et de régime du moteur renvoyés par le dynamomètre pour moteurs, la puissance doit être prise en compte pendant la durée du cycle afin de fournir le travail produit par le moteur durant le cycle. La concentration des éléments gazeux est mesurée sur tout le cycle, soit dans les gaz d'échappement bruts en intégrant le signal émis par l'analyseur, conformément à la description de l'appendice 3 de la présente annexe, soit dans les gaz d'échappement dilués d'un système CVS de dilution en circuit principal en intégrant le signal de l'analyseur ou en prélevant des échantillons dans des sacs, conformément à la description de l'appendice 3 de la présente annexe. En ce qui concerne les particules, un échantillon proportionnel des gaz d'échappement dilués est collecté sur un filtre déterminé par dilution en circuit partiel ou en circuit principal. En fonction de la méthode utilisée, le débit des gaz d'échappement dilués ou non dilués est mesuré sur toute la durée du cycle afin de déterminer les valeurs d'émission massique des polluants. Ces dernières sont mises en relation avec le travail du moteur en vue d'obtenir les grammes de chaque polluant émis par kilowatt-heure.

Les émissions (g/kWh) sont mesurées pendant les deux cycles, à froid et à chaud. Les émissions composées pondérées sont calculées en affectant les résultats du démarrage à froid d'une pondération de 10 % et les résultats du démarrage à chaud d'une pondération de 90 %. Les émissions composées pondérées doivent répondre aux normes.

Avant l'introduction de la séquence d'essai composée à froid et à chaud, les symboles (annexe I, point 2.18), la séquence d'essai (annexe III) et les équations de calcul (annexe III, appendice 3) sont modifiés conformément à la procédure visée à l'article 15."

2) La section 2 est modifiée comme suit:

a) le point 2.2.3 est remplacé par le texte suivant:

#### "2.2.3 Moteurs avec refroidissement de l'air de suralimentation

La température de l'air de suralimentation doit être enregistrée et se situer, au régime nominal déclaré et à pleine charge, à moins de  $\pm 5$  K de la température maximale de l'air de suralimentation spécifiée par le constructeur. La température du liquide de refroidissement doit au moins atteindre 293 K (20 °C).

En présence d'un système d'essai en atelier ou d'une soufflerie externe, la température de l'air de suralimentation doit se situer, au régime de la puissance maximale déclarée et à pleine charge, à moins de  $\pm 5$  K de la température maximale de l'air de suralimentation spécifiée par le constructeur. La température et le débit du liquide de refroidissement du refroidisseur d'air de suralimentation au point de réglage ci-dessus doivent rester inchangés durant tout le cycle d'essai. Le volume du refroidisseur d'air de suralimentation est déterminé sur la base des règles de l'art et des applications courantes des véhicules ou des machines.

En option, le refroidisseur d'air de suralimentation peut être réglé conformément à la norme SAE J 1937 telle qu'elle a été publiée en janvier 1995."

b) le point 2.3 est remplacé par le texte suivant:

"Le moteur soumis à l'essai doit être équipé d'un système d'admission d'air bridé à  $\pm 300$  Pa de la valeur spécifiée par le constructeur pour un filtre à air propre et un moteur fonctionnant dans les conditions, indiquées par le constructeur, qui permettent d'obtenir le débit d'air maximal. Les restrictions doivent être réglées au régime nominal et à pleine charge. Pour autant qu'il reflète les conditions réelles de fonctionnement du moteur, un système d'essai en atelier peut être utilisé."

c) la section 2.4 (système d'échappement du moteur) est remplacée par le texte suivant:

"Le moteur soumis à l'essai doit être équipé d'un système d'échappement dans lequel la contre-pression des gaz se situe à moins de  $\pm 650$  Pa de la valeur indiquée par le constructeur pour un moteur fonctionnant dans des conditions normales, de façon à obtenir la puissance maximale déclarée.

Si le moteur est équipé d'un dispositif de post-traitement des gaz d'échappement, le tuyau d'échappement doit posséder le même diamètre que celui utilisé pour au moins 4 tuyaux en amont de l'admission du début de la partie d'expansion qui renferme le dispositif de post-traitement. La distance de la bride du collecteur d'échappement ou de la sortie du turbocompresseur au dispositif de post-traitement des gaz d'échappement doit être la même que dans la configuration de l'équipement ou comprise dans les spécifications de distance indiquées par le constructeur. La contre-pression ou la restriction à l'échappement doit respecter les mêmes critères que ci-dessus et peut être réglée au moyen d'une valve. Le module contenant le dispositif de post-traitement peut être enlevé durant des essais à blanc et une cartographie du moteur, et remplacé par un module équivalent qui contient un support de catalyseur inactif."

d) Le point 2.8 est supprimé.

3) La section 3 est modifiée comme suit:

a) le titre de la section 3 est modifié comme suit:

"3. EXÉCUTION DE L'ESSAI (ESSAI NRSC)".

b) le point suivant est inséré:

"3.1. Détermination des réglages du dynamomètre

La mesure des émissions spécifiques est basée sur la puissance au frein non corrigée conformément à la norme ISO 14396: 2002.

Certains dispositifs auxiliaires qui servent uniquement au fonctionnement de l'équipement lui-même et qui peuvent être montés sur le moteur sont déposés pour l'essai. La liste incomplète suivante est donnée à titre d'exemple:

- compresseur d'air pour freins
- compresseur de direction assistée
- compresseur de climatisation
- pompes pour actionneurs hydrauliques

Si on ne dépose pas ces dispositifs auxiliaires, la puissance qu'ils absorbent aux régimes d'essai doit être déterminée afin de calculer les réglages du dynamomètre, sauf lorsque les dispositifs auxiliaires font partie intégrante du moteur (par exemple, les ventilateurs de refroidissement sur les moteurs refroidis par air).

Les réglages de la bride d'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 couple aux régimes d'essai spécifiés sont 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 est déclaré par le constructeur.

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

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

Pour un taux:

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

la valeur  $P_{AE}$  peut être vérifiée par l'autorité technique responsable en matière de réception."

c) les points 3.1 à 3.3 sont renumérotés 3.2 à 3.4.

- d) le point 3.4 est renuméroté 3.5 et remplacé par le texte suivant:

"3.5. Réglage du taux de dilution

Le système de prélèvement d'échantillons de 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 de particules 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, la mesure doit être effectuée sur un échantillon prélevé pendant la durée de l'essai.

La température de l'air de dilution à l'entrée du filtre doit se situer entre 315 K (42 °C) et 325 K (52 °C) dans chaque mode. Le taux de dilution total ne doit pas être inférieur à 4.

Note: Pour la procédure en modes stabilisés, la température du filtre peut être maintenue à la température maximale de 325 K (52 °C) ou à une température inférieure, au lieu de respecter la gamme de températures de 42 °C – 52 °C.

Pour les méthodes à filtre unique et à filtres multiples, 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  $\pm 5\%$  par rapport à la valeur moyenne du mode, sauf pendant les dix premières secondes de chaque mode pour les systèmes non dotés d'un dispositif de dérivation. Dans le cas des systèmes de dilution en circuit partiel, le débit massique à travers le filtre doit être maintenu à  $\pm 5\%$  par rapport à la valeur moyenne du mode, sauf pendant les dix premières secondes de chaque mode pour les systèmes non dotés d'un dispositif de dérivation.

Pour les systèmes avec mesure des concentrations de CO<sub>2</sub> ou de NO<sub>x</sub>, la teneur de l'air de dilution en CO<sub>2</sub> ou NO<sub>x</sub> doit être mesurée au début et à la fin de chaque essai. L'écart entre les concentrations ambiantes de CO<sub>2</sub> ou de NO<sub>x</sub> 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 à prendre en compte sont déterminées en prélevant de l'air de dilution dans un sac de prélèvement pendant toute la durée de l'essai.

La mesure de la concentration de fond en continu (sans sac de prélèvement) peut être effectuée en trois points au moins – au début, à la fin et vers le milieu du cycle; on établit ensuite la moyenne des chiffres obtenus. On peut s'abstenir de mesurer la concentration de fond si le constructeur le demande."

- e) les points 3.5 à 3.6 actuels sont renumérotés 3.6 à 3.7.

- f) le point 3.6.1 actuel est remplacé par le texte suivant:

"3.7.1. Spécification des équipements conformément à l'annexe I, section 1, point A

3.7.1.1. Spécification A

Pour les moteurs indiqués à la section 1, point A, sous i), et point A, sous iv) de l'annexe I, le cycle de 8 modes<sup>1</sup> doit être exécuté avec le moteur d'essai sur le dynamomètre:

| Mode numéro | Régime du moteur     | Taux de charge (%) | Facteur de pondération |
|-------------|----------------------|--------------------|------------------------|
| 1           | Régime nominal       | 100                | 0,15                   |
| 2           | Régime nominal       | 75                 | 0,15                   |
| 3           | Régime nominal       | 50                 | 0,15                   |
| 4           | Régime nominal       | 10                 | 0,10                   |
| 5           | Régime intermédiaire | 100                | 0,10                   |
| 6           | Régime intermédiaire | 75                 | 0,10                   |
| 7           | Régime intermédiaire | 50                 | 0,10                   |
| 8           | Ralenti              | ---                | 0,15                   |

<sup>1</sup> La note de bas de page 1 est modifiée comme suit: Identique au cycle C1 décrit au point 8.3.1.1 de la norme ISO8178-4: 2002(E).

## 3.7.1.2. Spécification B

Pour les moteurs indiqués à la section 1, point A, sous ii), de l'annexe I, le cycle de 5 modes<sup>1</sup> suivant doit être exécuté avec le moteur d'essai sur le dynamomètre:

| Mode numéro | Régime du moteur | Taux de charge (%) | Facteur de pondération |
|-------------|------------------|--------------------|------------------------|
| 1           | Régime nominal   | 100                | 0,05                   |
| 2           | Régime nominal   | 75                 | 0,25                   |
| 3           | Régime nominal   | 50                 | 0,30                   |
| 4           | Régime nominal   | 25                 | 0,30                   |
| 5           | Régime nominal   | 10                 | 0,10                   |

Les taux de charge sont les valeurs en pourcentage du couple correspondant à la puissance pour le service de base, définie comme étant la puissance maximale disponible au cours d'une séquence d'exploitation variable, dont la durée peut atteindre un nombre d'heures illimité par an, entre des entretiens dont la fréquence est déclarée et dans les conditions ambiantes déclarées, l'entretien étant effectué selon les prescriptions du constructeur.

## 3.7.1.3 Spécification C

Pour les moteurs de propulsion<sup>1</sup> destinés aux bateaux de la navigation intérieure, la procédure d'essai ISO prescrite par la norme ISO 8178-4:2002(E) et par l'annexe VI (Code NO<sub>x</sub>) de la convention MARPOL 73/78 de l'OMI est appliquée.

Les moteurs de propulsion fonctionnant sur une courbe d'hélice à pas fixe sont testés sur un dynamomètre, en utilisant le cycle suivant de 4 modes en régimes stabilisés<sup>2</sup>, élaboré pour être représentatif du fonctionnement des moteurs diesel marins commerciaux dans des conditions normales de fonctionnement:

| Mode numéro | Régime du moteur         | Taux de charge (%) | Facteur de pondération |
|-------------|--------------------------|--------------------|------------------------|
| 1           | 100%<br>(régime nominal) | 100                | 0,20                   |
| 2           | 91%                      | 75                 | 0,50                   |
| 3           | 80%                      | 50                 | 0,15                   |
| 4           | 63%                      | 25                 | 0,15                   |

Les moteurs de propulsion à vitesse fixe destinés aux bateaux de la navigation intérieure, fonctionnant avec des hélices à pas variable ou couplées électriquement, sont testés sur un dynamomètre, en utilisant le cycle suivant de 4 modes en régimes stabilisés<sup>3</sup>, caractérisé par les mêmes taux de charge et facteurs de pondération que le cycle ci-dessus, mais en faisant fonctionner le moteur en régime nominal dans chaque mode:

| Mode numéro | Régime du moteur | Taux de charge (%) | Facteur de pondération |
|-------------|------------------|--------------------|------------------------|
| 1           | Régime nominal   | 100                | 0,20                   |
| 2           | Régime nominal   | 75                 | 0,50                   |
| 3           | Régime nominal   | 50                 | 0,15                   |
| 4           | Régime nominal   | 25                 | 0,15                   |

<sup>1</sup> Les moteurs auxiliaires à vitesse constante doivent être certifiés en utilisant le cycle de fonctionnement ISO D2, c'est-à-dire le cycle de 5 modes en régimes stabilisés spécifié au point 3.1.7.2 ci-dessus, tandis que les moteurs auxiliaires à vitesse variable doivent être certifiés en utilisant le cycle de fonctionnement ISO C1, c'est-à-dire le cycle de 8 modes en régimes stabilisés spécifié au point 3.7.1.1 ci-dessus.

<sup>2</sup> Identique au cycle E3 décrit aux points 8.5.1, 8.5.2 et 8.5.3 de la norme ISO 8178-4: 2002(E). Les quatre modes reposent sur une courbe d'hélice moyenne fondée sur des mesures en cours d'utilisation.

<sup>3</sup> Identique au cycle E2 décrit aux points 8.5.1, 8.5.2 et 8.5.3 de la norme ISO 8178-4: 2002(E)

<sup>1</sup> La note de bas de page 2 est modifiée comme suit: Identique au cycle D2 décrit au point 8.4.1 de la norme ISO8178-4: 2002(E).

## 3.7.1.4 Spécification D

Pour les moteurs indiqués à la section 1, point A, sous v), de l'annexe I, le cycle suivant de 3 modes<sup>1</sup> doit être exécuté avec le moteur d'essai sur le dynamomètre:

| Mode numéro | Régime du moteur     | Taux de charge (%) | Facteur de pondération |
|-------------|----------------------|--------------------|------------------------|
| 1           | Régime nominal       | 100                | 0,25                   |
| 2           | Régime intermédiaire | 50                 | 0,15                   |
| 3           | Ralenti              | —                  | 0,60                   |

<sup>1</sup> Identique au cycle F de la norme ISO 8178-4: 2002(E)."

g) le point 3.7.3 actuel est remplacé par le texte suivant:

"On commence l'exécution de l'essai. Ce dernier doit être effectué en suivant l'ordre des modes tel qu'il a été défini ci-dessus pour les cycles d'essai.

Pendant chaque mode du cycle d'essai donné, après la période initiale de transition, le régime indiqué est maintenu à  $\pm 1$  % du régime nominal, ou  $\pm 3$  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  $\pm 2$  % du couple maximal au régime d'essai.

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

La durée du mode doit être enregistrée et signalée.

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

L'échantillonnage des particules et la mesure des émissions de gaz 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, et le lieu où la mesure a été effectuée doit être enregistré."

h) le point 3.7 actuel est renuméroté 3.8.

4) La section suivante est insérée:

#### "4. EXÉCUTION DE L'ESSAI (ESSAI NRTC)

##### 4.1. Introduction

Dans l'annexe III, appendice 4, l'essai NRTC est décrit comme une séquence seconde par seconde de valeurs de régime et de couple normalisées applicables à tous les moteurs Diesel couverts par la directive. Pour exécuter l'essai dans une chambre d'essai de moteurs, les valeurs normalisées sont converties en valeurs réelles pour le moteur à l'essai, sur la base de sa courbe de cartographie. Cette conversion est appelée dénormalisation et le cycle d'essai qui en résulte est appelé cycle de référence du moteur à essayer. Avec ces valeurs de régime et de couple de référence, le cycle est exécuté dans la chambre d'essai et les valeurs de réaction du régime et du couple sont enregistrées. Afin de valider l'essai, une analyse de régression des valeurs de référence et de réaction du régime et du couple est effectuée à la fin de l'essai.

4.1.1. L'utilisation d'un dispositif d'invalidation ou le recours à une stratégie irrationnelle de contrôle des émissions sont interdits.

##### 4.2. Procédure de réalisation de la cartographie du moteur

Lors de l'exécution du NRTC dans la chambre d'essai, une cartographie du moteur est réalisée avant l'exécution du cycle d'essai afin de déterminer la courbe régime/couple.

#### 4.2.1. Détermination de la gamme de régimes de la cartographie

Les régimes de cartographie minimal et maximal sont définis comme suit:

Régime de cartographie minimal = régime de ralenti

Régime de cartographie maximal =  $n_{\text{sup}} \times 1,02$  ou régime auquel le couple à pleine charge tombe à zéro, la valeur la plus faible étant retenue (où  $n_{\text{sup}}$  est le régime supérieur, défini comme le régime le plus élevé du moteur auquel 70 % de la puissance nominale sont fournis).

#### 4.2.2. Courbe de cartographie du moteur

Le moteur est mis en température à la puissance maximale afin de stabiliser ses paramètres conformément à la recommandation du constructeur et aux règles de l'art. Une fois le moteur stabilisé, la cartographie du moteur est réalisée selon les procédures suivantes.

##### 4.2.2.1. Cartographie transitoire

- a) Le moteur n'est pas chargé et tourne au régime de ralenti.
- b) Le moteur tourne à pleine charge/à pleine ouverture des gaz au régime de cartographie minimal.
- c) Le régime du moteur est augmenté à un taux moyen de  $8 \pm 1$  tr/min par seconde entre les régimes de cartographie minimal et maximal. Les points de régime et de couple du moteur sont enregistrés à une fréquence d'au moins un point par seconde.

##### 4.2.2.2. Cartographie progressive

- a) Le moteur n'est pas chargé et tourne au régime de ralenti.
- b) Le moteur tourne à pleine charge/à pleine ouverture des gaz au régime de cartographie minimal.
- c) Tout en maintenant la pleine charge, le régime de cartographie minimal est maintenu pendant au moins 15 secondes, et le couple moyen au cours des 5 dernières secondes est enregistré. La courbe de couple maximal entre les régimes de cartographie minimal et maximal est déterminée avec des augmentations du régime qui ne dépassent pas  $100 \pm 20$  tr/min. Chaque point d'essai est maintenu pendant au moins 15 secondes, et le couple moyen au cours des 5 dernières secondes est enregistré.

#### 4.2.3. Élaboration de la courbe de cartographie

Tous les points de données enregistrés au point 4.2.2 sont reliés par interpolation linéaire. La courbe de couple résultante constitue la courbe de cartographie et sert à convertir les valeurs de couple normalisées de la programmation du dynamomètre (annexe III, appendice 4) en valeurs de couple effectives pour le cycle d'essai, comme décrit au point 4.3.3.

#### 4.2.4. Autres techniques de cartographie

Si un constructeur estime que les techniques de cartographie exposées ci-dessus ne sont pas fiables ou représentatives d'un moteur quelconque donné, d'autres techniques de cartographie peuvent être appliquées. À l'instar des procédures de cartographie spécifiées, elles doivent viser à déterminer le couple maximal disponible à tous les régimes du moteur atteints au cours des cycles d'essai. Les techniques qui, pour des raisons de fiabilité ou de représentativité, s'écartent des techniques spécifiées doivent être approuvées par les parties concernées en même temps que la justification de leur emploi. En aucun cas, la courbe de couple ne pourra cependant être obtenue à partir de vitesses décroissantes pour des moteurs à régulateur ou à turbocompresseur.

#### 4.2.5. Renouvellement des essais

Une cartographie de moteur ne doit pas nécessairement être réalisée avant chaque cycle d'essai. Tel ne doit être le cas que:

- si, en vertu d'une appréciation technique, un laps de temps excessif s'est écoulé depuis la dernière cartographie,

ou

- si le moteur a subi des modifications physiques ou des réétalonnages susceptibles d'influencer ses performances.

## 4.3. Élaboration du cycle d'essai de référence

## 4.3.1. Régime de référence

Le régime de référence ( $n_{ref}$ ) correspond aux valeurs de régime à 100 % spécifiées dans la programmation du dynamomètre (annexe III, appendice 4). Il est évident que le cycle effectif du moteur résultant de la dénormalisation dépend dans une large mesure du choix du régime de référence approprié. Le régime de référence est défini comme suit:

$$n_{ref} = \text{régime inférieur} + 0,95 \times (\text{régime supérieur} - \text{régime inférieur})$$

(Le régime supérieur est le régime le plus élevé du moteur auquel 70 % de la puissance nominale sont fournis, alors que le régime inférieur est le régime le plus bas du moteur auquel 50 % de la puissance nominale sont fournis.)

## 4.3.2. Dénormalisation du régime du moteur

Le régime est dénormalisé en appliquant la formule suivante:

$$\text{Régime effectif} = \frac{\% \text{régime} \times (\text{régime de référence} - \text{régime de ralenti})}{100} + \text{régime de ralenti}$$

## 4.3.3. Dénormalisation du couple du moteur

Les valeurs de couple dans la programmation du dynamomètre (annexe III, appendice 4), sont normalisées jusqu'au couple maximal au régime correspondant. Les valeurs de couple du cycle de référence comme suit à l'aide de la courbe de cartographie calculée conformément au point 4.2.2:

$$\text{Couple effectif} = \frac{\% \text{ couple} \times \text{couple max.}}{100} \quad (5)$$

pour le régime effectif correspondant tel qu'il est déterminé au point 4.3.2.

## 4.3.4. Exemple de procédure de dénormalisation

À titre d'exemple, le point d'essai suivant doit être dénormalisé:

% de régime = 43

% de couple = 82

En supposant les valeurs suivantes:

régime de référence = 2 200 tr/min

régime de ralenti = 600 tr/min

nous obtenons:

$$\text{régime effectif} = \frac{43 \times (2200 - 600)}{100} + 600 = 1\,288 \text{ tr/min}$$

Avec le couple maximal de 700 Nm observé sur la courbe de cartographie à 1 288 tr/min

$$\text{couple effectif} = \frac{82 \times 700}{100} = 574 \text{ Nm}$$

## 4.4. Dynamomètre

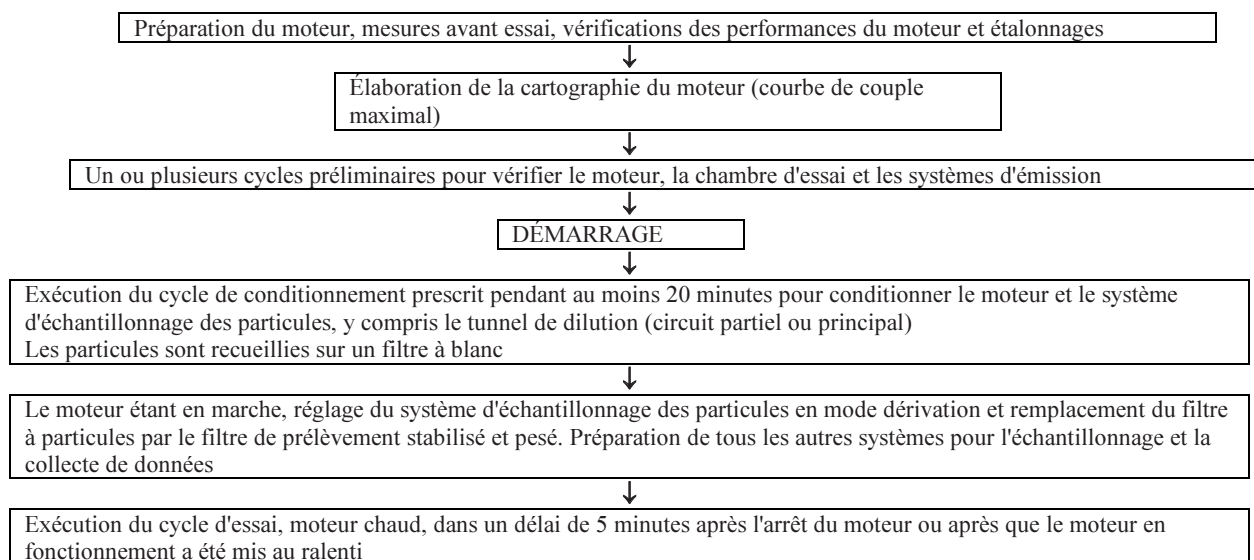
## 4.4.1. En cas d'utilisation d'une cellule dynamométrique, le signal de couple est transféré sur l'axe du moteur et l'inertie du dynamomètre doit être prise en considération. Le couple effectif du moteur est la somme du couple relevé sur la cellule dynamométrique et du moment d'inertie du frein, multipliée par l'accélération angulaire. Le système de commande doit effectuer ce calcul en temps réel.



- 4.4.2. Si l'essai du moteur est effectué à l'aide d'un dynamomètre à courant de Foucault, le nombre de points où la différence  $T_{sp} - 2 \cdot \pi \cdot \dot{n}_{sp} \cdot \Theta_D$  est inférieure à - 5 % du couple maximal ne devrait pas être supérieur à 30 (où  $T_{sp}$  est le couple requis,  $\dot{n}_{sp}$  est la dérivée du régime du moteur et  $\Theta_D$  est l'inertie de rotation du dynamomètre).

- 4.5. Exécution de l'essai de mesure des émissions

Le diagramme ci-dessous décrit les différentes séquences de l'essai.



Avant le cycle de mesure, un ou plusieurs cycles préliminaires peuvent être exécutés, si nécessaire, pour vérifier le moteur, la chambre d'essai et les systèmes d'émission.

- 4.5.1. Préparation des filtres d'échantillonnage

Une heure au moins avant l'essai, chaque filtre est mis dans une boîte de Petri protégée contre la poussière mais permettant les échanges d'air, et celle-ci est placée dans une chambre de pesée afin de stabiliser le filtre. À la fin de la période de stabilisation, chaque filtre est pesé et le poids est enregistré. Le filtre est alors stocké dans une boîte de Petri fermée ou dans un porte-filtre jusqu'au moment de l'essai. Le filtre doit être utilisé dans les huit heures après sa sortie de la chambre de pesée. La tare est enregistrée.

- 4.5.2. Installation du matériel de mesure

L'appareillage et les sondes de prélèvement sont mis en place selon les instructions. En cas d'utilisation d'un système de dilution en circuit principal, le tuyau arrière d'échappement doit être connecté à ce système.

- 4.5.3. Mise en marche et conditionnement du système de dilution et du moteur

Le système de dilution et le moteur sont démarrés et mis en température. Le système d'échantillonnage est conditionné en faisant fonctionner le moteur au régime nominal et à un couple de 100 % pendant 20 minutes au moins, tout en faisant fonctionner soit le système d'échantillonnage en circuit partiel, soit le système CVS en circuit principal avec dilution secondaire. Des échantillons à blanc d'émissions de particules sont ensuite prélevés. Les filtres à particules ne doivent pas être stabilisés ou pesés et peuvent être jetés. Les filtres peuvent être changés pendant le conditionnement, pour autant que la durée totale de l'échantillonnage à travers les filtres et le système d'échantillonnage soit supérieure à 20 minutes. Le débit est réglé de manière à ce qu'il corresponde approximativement au débit choisi pour les essais en régime transitoire. À partir de la valeur de 100 %, on réduit le couple tout en maintenant le régime nominal au niveau nécessaire afin de ne pas dépasser la température maximale de 191 °C dans la zone de prélèvement.

#### 4.5.4. Mise en marche du système d'échantillonnage des particules

Le système d'échantillonnage des particules est mis en marche et doit fonctionner en dérivation. La concentration de fond des particules dans l'air de dilution peut être déterminée en échantillonnant l'air de dilution avant l'entrée des gaz d'échappement dans le tunnel de dilution. Il est préférable de prélever l'échantillon de particules de fond pendant le cycle transitoire si un autre système d'échantillonnage des particules est utilisé. Sinon, le système utilisé pour le prélèvement de particules dans le cycle en régime transitoire peut être utilisé. Si on utilise de l'air de dilution filtré, il suffit de procéder à une seule mesure avant ou après l'essai. Si l'air de dilution n'est pas filtré, une mesure est effectuée avant le début et après la fin du cycle et la moyenne des valeurs est établie.

#### 4.5.5. Réglage du système de dilution

Le débit total de gaz d'échappement dilués d'un système de dilution en circuit principal ou le débit de gaz d'échappement dilués dans un système de dilution en circuit partiel est réglé de manière à éliminer la condensation d'eau dans le système et à obtenir une température de 315 K (42 °C) à 325 K (52 °C) à la section d'entrée du filtre.

#### 4.5.6. Vérification des analyseurs

Les analyseurs d'émissions sont mis à zéro et étalonnés. Si des sacs de prélèvement sont utilisés, ils doivent être vidés.

#### 4.5.7. Procédure de démarrage du moteur

Le moteur stabilisé est démarré à l'aide d'un démarreur de série ou du dynamomètre dans les 5 minutes suivant la mise en température, conformément à la procédure de démarrage recommandée par le constructeur dans le manuel d'utilisation. En option, l'essai peut débuter dans les 5 minutes suivant la phase de conditionnement sans couper le moteur lorsque ce dernier a atteint le régime de ralenti.

#### 4.5.8. Exécution du cycle

##### 4.5.8.1. Séquence d'essai

On démarre la séquence d'essai après la mise en marche du moteur lorsque celui-ci a été arrêté à la fin de la phase de conditionnement ou avec le moteur tournant au ralenti si l'essai est exécuté directement après la phase de conditionnement. L'essai est exécuté conformément au cycle de référence défini à l'annexe III, appendice 4. Les points de réglage qui déterminent le régime et le couple du moteur sont sortis à 5 Hz (10 Hz recommandés) minimum. Les points de réglage sont calculés par interpolation linéaire entre les points de réglage à 1 Hz du cycle de référence. Le régime et le couple de réaction du moteur sont enregistrés au moins une fois par seconde durant le cycle d'essai et les signaux peuvent être filtrés par voie électronique.

##### 4.5.8.2. Réponse des analyseurs

Si le cycle débute dès le conditionnement, l'équipement de mesure doit être démarré en même temps que le moteur ou la séquence d'essai:

- début de la collecte ou de l'analyse de l'air de dilution, si un système de dilution en circuit principal est utilisé;
- début de la collecte ou de l'analyse des gaz d'échappement bruts ou dilués, selon la méthode utilisée;
- début de la mesure de la quantité de gaz d'échappement dilués ainsi que des températures et des pressions requises;
- début de l'enregistrement du débit massique des gaz d'échappement en cas d'analyse des gaz d'échappement bruts;
- début de l'enregistrement des données de réaction du régime et du couple du dynamomètre.

Dans le cas de la mesure des gaz d'échappement bruts, les concentrations des émissions (HC, CO et NO<sub>x</sub>) et le débit massique des gaz d'échappement sont mesurés en continu et stockés dans un ordinateur à une fréquence d'au moins 2 Hz. Toutes les autres données peuvent être enregistrées à une fréquence d'au moins 1 Hz. Pour les analyseurs analogiques, la réponse est enregistrée et les données d'étalonnage peuvent être utilisées en ligne ou hors ligne pendant l'évaluation des données.

Si un système de dilution en circuit principal est utilisé, les hydrocarbures (HC) et les NO<sub>x</sub> sont mesurés en continu dans le tunnel de dilution à une fréquence d'au moins 2 Hz. Les concentrations moyennes sont calculées en intégrant les signaux de l'analyseur sur toute la durée du cycle d'essai. Le temps de réponse du système ne doit pas être supérieur à 20 s et, s'il y a lieu, doit être coordonné avec les fluctuations du débit de l'échantillon à volume constant et avec les écarts de la durée du prélèvement/du cycle d'essai. Les quantités de CO et de CO<sub>2</sub> sont calculées en intégrant ou en analysant les concentrations du sac de prélèvement collecté durant le cycle. Les concentrations de gaz polluants dans l'air de dilution sont calculées par intégration ou par analyse de l'air de dilution collecté dans un sac de prélèvement. Tous les autres paramètres devant être mesurés sont enregistrés à raison d'une mesure par seconde (1 Hz) minimum.

#### 4.5.8.3. Prélèvement de particules

Si le cycle débute dès le conditionnement, le système de prélèvement de particules est commuté du mode de dérivation en mode de collecte des particules dès le démarrage du moteur ou de la séquence d'essai.

Si un système de dilution en circuit partiel est utilisé, la ou les pompes de prélèvement doivent être réglées de sorte que le débit qui traverse la sonde de prélèvement de particules ou le tube de transfert reste proportionnel au débit massique de gaz d'échappement.

Si un système de dilution en circuit principal est utilisé, la ou les pompes de prélèvement doivent être réglées de sorte que le débit qui traverse la sonde de prélèvement de particules ou le tube de transfert à une valeur située à  $\pm 5\%$  du débit réglé. En présence d'une compensation de débit (à savoir un contrôle proportionnel du débit de l'échantillon), il faut démontrer que le rapport du débit du tunnel principal à celui de l'échantillon de particules ne varie pas de plus de  $\pm 5\%$  par rapport à sa valeur réglée (à l'exception des 10 premières secondes du prélèvement).

NOTE: Dans le cas d'une dilution double, le débit de l'échantillon est la différence nette entre le débit qui traverse les filtres de prélèvement et le débit d'air de dilution secondaire.

Les valeurs moyennes de température et de pression au(x) compteur(s) de gaz ou à l'entrée des instruments de mesure du débit doivent être enregistrées. Si, en raison d'une charge élevée de particules sur le filtre, le débit réglé ne peut pas être maintenu pendant toute la durée du cycle ( $\pm 5\%$ ), l'essai est annulé. Il doit être recommencé avec un débit inférieur et/ou un diamètre de filtre plus grand.

#### 4.5.8.4. Calage du moteur

Si le moteur cale à un moment quelconque du cycle d'essai, il doit être conditionné et redémarré, puis l'essai doit être recommencé. L'essai est annulé lors d'une défaillance d'un des équipements d'essai requis durant le cycle d'essai.

#### 4.5.8.5. Opérations après l'essai

Au terme de l'essai, la mesure du débit volumique de gaz d'échappement, le volume de gaz d'échappement dilués, l'écoulement du gaz dans les sacs collecteurs et la pompe de prélèvement de particules doivent être arrêtés. Dans le cas d'un analyseur intégrateur, le prélèvement est poursuivi jusqu'à l'écoulement des temps de réponse du système.

Si des sacs collecteurs sont utilisés, leurs concentrations sont analysées dès que possible et, en tout état de cause, 20 minutes au plus tard après la fin du cycle d'essai.

Après l'essai de mesure des émissions, un gaz de mise à zéro et le même gaz de réglage de sensibilité sont utilisés pour vérifier les analyseurs. L'essai est jugé acceptable si la différence entre les résultats obtenus avant et après l'essai est inférieure à 2 % de la valeur du gaz de réglage de sensibilité.

Les filtres à particules sont ramenés dans la chambre de pesée une heure au plus tard après la fin de l'essai. Pendant au moins une heure avant d'être pesés, ils sont conditionnés dans une boîte de Petri protégée contre la poussière mais permettant les échanges d'air. Le poids brut des filtres est enregistré.

### 4.6. Vérification de l'exécution de l'essai

#### 4.6.1. Décalage de données

Afin de réduire au minimum l'effet de biais dû au laps de temps qui sépare les valeurs de réaction de celles du cycle de référence, toute la séquence de signaux de réaction du régime et du couple du moteur peut être avancée ou retardée dans le temps en fonction de la séquence de régime et de couple de référence. Si les signaux de réaction sont décalés, le régime et le couple doivent être décalés de la même valeur dans la même direction.

## 4.6.2. Calcul du travail du cycle

Le travail du cycle effectif  $W_{\text{eff}}$  (kWh) est calculé avec chaque paire enregistrée de valeurs de réaction de régime et de couple du moteur. Le travail du cycle effectif  $W_{\text{eff}}$  sert à effectuer une comparaison avec le travail du cycle de référence  $W_{\text{réf}}$  et à déterminer les émissions spécifiques aux freins. La même méthode est appliquée pour intégrer la puissance de référence et la puissance effective du moteur. Si les valeurs doivent être calculées entre des valeurs de référence ou de mesure adjacentes, une interpolation linéaire est effectuée.

Lors de l'intégration du travail du cycle de référence et du travail du cycle effectif, toutes les valeurs de couple négatives sont mises à zéro et incluses. Lorsqu'une intégration se déroule à une fréquence inférieure à 5 Hz et que, durant un laps de temps donné, la valeur du couple devient négative ou positive, la partie négative est calculée et mise à zéro. La partie positive est incluse dans la valeur intégrée.

$W_{\text{eff}}$  doit se situer entre - 15 % et + 5 % de  $W_{\text{réf}}$ .

## 4.6.3. Statistiques de validation du cycle d'essai

Pour le régime, le couple et la puissance, des régressions linéaires des valeurs de réaction doivent être exécutées par rapport aux valeurs de référence, et ce, après tout décalage des données de réaction si cette option est retenue. La méthode des moindres carrés doit être appliquée et l'équation se présente comme suit:

$$y = mx + b$$

où:

y = valeur de réaction (effective) du régime (tr/min), du couple (Nm) ou de la puissance (kW)

m = pente de la droite de régression

x = valeur de référence du régime (tr/min), du couple (Nm) ou de la puissance (kW)

b = ordonnée à l'origine de la droite de régression

L'erreur type de l'estimation (SE) de y sur x et le coefficient de détermination ( $r^2$ ) sont calculés pour chaque droite de régression.

Il est recommandé d'effectuer cette analyse à 1 Hz. Pour qu'un essai soit jugé valable, il doit satisfaire aux critères du tableau 1.

Tableau 1. Tolérances de la droite de régression

|  | Régime             | Couple  | Puissance   |
|--|--------------------|---|---|
| Erreur type de l'estimation (SE) de y sur x        | Maximum 100 tr/min | maximum 13 % de la cartographie de puissance au couple maximal du moteur          | Maximum 8 % de la cartographie de puissance à la puissance maximale du moteur           |
| Pente de la droite de régression, m                | 0,95 à 1,03        | 0,83 – 1,03   | 0,89 – 1,03   |
| Coefficient de détermination, $r^2$                | Minimum 0,9700     | minimum 0,8800  | Minimum 0,9100  |
| Ordonnée à l'origine de la droite de régression, b | ± 50 tr/min        | ± 20 Nm ou ± 2 % du couple maximal, la plus grande de ces 2 valeurs étant retenue | ± 4 kW ou ± 2 % de la puissance maximale, la plus grande de ces 2 valeurs étant retenue |

Pour les besoins des analyses de régression uniquement, des points peuvent être effacés avant le calcul de régression lorsqu'ils sont indiqués dans le tableau 2. Toutefois, ces points ne peuvent pas être effacés pour le calcul du travail du cycle et des émissions. Un point de ralenti est défini comme un point ayant un couple de référence normalisé de 0 % et un régime de référence normalisé de 0 %. L'effacement de points peut s'appliquer à la totalité du cycle à une partie quelconque de celui-ci.

Tableau 2. Points pouvant être effacés dans une analyse de régression  
(les points effacés doivent être précisés)

| Condition  | POINTS DE RÉGIME, DE COUPLE TORQUE ET/OU DE PUISSANCE POUVANT ÊTRE EFFACÉS DANS LES CONDITIONS FIGURANT DANS LA COLONNE DE GAUCHE |
|--|---|
| 24 ( $\pm 1$ ) premières et 25 dernières secondes  | Régime, couple et puissance   |
| Pleine ouverture des gaz et valeur de réaction du couple < 95 % du couple de référence   | Couple et/ou puissance  |
| Pleine ouverture des gaz et valeur de réaction du régime < 95 % du régime de référence   | Régime et/ou puissance  |
| Gaz fermés, valeur de réaction du régime > régime de ralenti + 50 tr/min, et valeur de réaction du couple > 105 % du couple de référence   | Couple et/ou puissance  |
| Gaz fermés, valeur de réaction du régime $\leq$ régime de ralenti + 50 tr/min, et valeur de réaction du couple = couple de ralenti défini par le constructeur/mesuré $\pm 2$ % du couple maximal | Régime et/ou puissance  |
| Gaz fermés et valeur de réaction du régime > 105 % du régime de référence  | Régime et/ou puissance  |

- 5) L'appendice 1 est remplacé par le texte suivant:

#### "APPENDICE 1

##### MÉTHODES DE MESURE ET D'ÉCHANTILLONNAGE

#### 1. MÉTHODES DE MESURE ET D'ÉCHANTILLONNAGE (ESSAI NRSC)

Les gaz et particules émis par le moteur présenté aux essais sont mesurés par les méthodes décrites à l'annexe VI. Celles-ci définissent les systèmes d'analyse recommandés pour les émissions gazeuses (point 1.1) et les méthodes conseillées pour la dilution et l'échantillonnage des particules (point 1.2).

##### 1.1. Spécification concernant le dynamomètre

On utilise un banc dynamométrique pour moteur dont les caractéristiques sont suffisantes pour permettre l'exécution du cycle d'essai prescrit à l'annexe III point 3.7.1. Les appareils de mesure du couple et de la vitesse doivent permettre de mesurer la puissance 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 1.3 ne soient pas dépassées.

##### 1.2. Débit des gaz d'échappement

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

##### 1.2.1. Méthode de mesure directe

Mesure directe du débit des gaz d'échappement au moyen d'un débitmètre à venturi ou d'un appareil de mesure équivalent (pour plus de précisions, voir la norme ISO 5167:2000).

NOTE: 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.

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

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

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

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

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

##### 1.2.3. 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 (annexe III, appendice 3).

## 1.2.4. Méthode de mesure d'un gaz marqueur

Cette méthode consiste à mesurer la concentration d'un gaz marqueur dans les gaz d'échappement. Une quantité connue d'un gaz inerte (hélium pur, par exemple) est injectée en tant que gaz marqueur dans le débit de gaz d'échappement. Le gaz marqueur est mélangé et dilué par les gaz d'échappement, mais ne doit pas réagir dans le tuyau d'échappement. La concentration de ce gaz est ensuite mesurée dans l'échantillon de gaz d'échappement.

Pour assurer le mélange complet du gaz marqueur, la sonde de prélèvement de gaz d'échappement doit se trouver à au moins 1 mètre ou 30 fois le diamètre du tuyau d'échappement, la valeur la plus grande étant retenue, en aval du point d'injection du gaz marqueur. La sonde de prélèvement peut se trouver plus près du point d'injection si on vérifie que le mélange est complet en comparant la concentration de gaz marqueur à la concentration de référence lorsque le gaz marqueur est injecté en amont du moteur.

Le débit du gaz marqueur est réglé de telle manière que la concentration du gaz marqueur au régime de ralenti du moteur, après mélange, devient inférieure à la pleine échelle de l'analyseur de gaz marqueur.

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

$$G_{EXHW} = \frac{G_T \times \rho_{EXH}}{60 \times (conc_{mix} - conc_a)}$$

où:

|              |   |  |
|--------------|---|--|
| $G_{EXHW}$   | = | débit massique instantané des gaz d'échappement (en kg/s)              |
| $G_T$        | = | débit du gaz marqueur (en cm <sup>3</sup> /min)                        |
| $conc_{mix}$ | = | concentration instantanée de gaz marqueur après mélange (en ppm)       |
| $\rho_{EXH}$ | = | densité des gaz d'échappement (en kg/m <sup>3</sup> )                  |
| $conc_a$     | = | concentration de fond du gaz marqueur dans l'air d'admission (en ppm). |

La concentration de fond du gaz marqueur ( $conc_a$ ) peut être déterminée en établissant la moyenne de la concentration de fond mesurée immédiatement avant et après l'exécution de l'essai.

La concentration de fond peut être négligée si elle est inférieure à 1 % de la concentration du gaz marqueur après mélange ( $conc_{mix}$ ) au débit maximal des gaz d'échappement.

L'ensemble du système doit être conforme aux spécifications de précision pour le débit de gaz d'échappement et doit être étalonné conformément à l'appendice 2, point 1.11.2.

## 1.2.5. Méthode de mesure du débit d'air et du rapport air/carburant

Cette méthode consiste à calculer la masse des gaz d'échappement à partir du débit d'air et du rapport air/carburant. Le débit massique instantané des gaz d'échappement se calcule comme suit:

$$G_{EXHW} = G_{AIRW} \times \left( 1 + \frac{1}{A/F_{st} \times \lambda} \right)$$

où:

$$A/F_{st} = 14,5$$

$$\lambda = \frac{\left( 100 - \frac{conc_{CO} \times 10^{-4}}{2} - conc_{HC} \times 10^{-4} \right) + \left( 0,45 \cdot \frac{1 - \frac{2 \times conc_{CO} \times 10^{-4}}{3,5 \times conc_{CO_2}}}{1 + \frac{conc_{CO} \times 10^{-4}}{3,5 \times conc_{CO_2}}} \right) \times (conc_{CO_2} + conc_{CO} \times 10^{-4})}{6,9078 \times (conc_{CO_2} + conc_{CO} \times 10^{-4} + conc_{HC} \times 10^{-4})}$$

|     |               |   |   |
|-----|---------------|---|---|
| où: | $A/F_{st}$    | = | rapport air/carburant stœchiométrique (en kg/kg)            |
|     | $\lambda$     | = | rapport air/carburant relatif                               |
|     | $conc_{CO_2}$ | = | concentration de CO <sub>2</sub> (conditions sèches) (en %) |
|     | $conc_{CO}$   | = | concentration de CO (conditions sèches) (en ppm)            |
|     | $conc_{HC}$   | = | concentration de HC (conditions sèches) (en ppm).           |

NOTE: Le calcul repose sur un carburant Diesel ayant un rapport H/C de 1,8.

Le débitmètre d'air doit être conforme aux spécifications de précision indiquées au tableau 3, l'analyseur de CO<sub>2</sub> utilisé doit être conforme aux spécifications de la section 1.4.1 et l'ensemble du système doit être conforme aux spécifications de précision pour le débit des gaz d'échappement.

En option, la mesure du rapport air/carburant relatif peut être effectuée à l'aide d'un appareillage de mesure du rapport air/carburant, tel qu'un capteur de type zircone, conformément aux spécifications indiquées à la section 1.4.4.

#### 1.2.6. Débit total de gaz d'échappement dilués

Si on utilise un système de dilution en circuit principal, le débit total des gaz d'échappement dilués ( $G_{TOTW}$ ) est mesuré avec une PDP, un CFV ou un SSV (annexe VI, point 1.2.1.2). La précision doit être conforme aux dispositions de l'annexe III, appendice 2, point 2.2.

#### 1.3. Précision

L'étalonnage de tous les instruments de mesure découle des normes nationales ou internationales et est conforme aux prescriptions du tableau 3.

Tableau 3. Précision des instruments de mesure

| N° | Instrument de mesure               | Précision  |
|----|------------------------------------|--|
| 1  | Régime du moteur                   | $\pm 2\%$ du relevé ou $\pm 1\%$ de la valeur maximale du moteur, la valeur la plus élevée étant retenue     |
| 2  | Couple                             | $\pm 2\%$ du relevé ou $\pm 1\%$ de la valeur maximale du moteur, la valeur la plus élevée étant retenue     |
| 3  | Consommation de carburant          | $\pm 2\%$ de la valeur maximale du moteur  |
| 4  | Consommation d'air                 | $\pm 2\%$ du relevé ou $\pm 1\%$ de la valeur maximale du moteur, la valeur la plus élevée étant retenue     |
| 5  | Débit de gaz d'échappement         | $\pm 2,5\%$ du relevé ou $\pm 1,5\%$ de la valeur maximale du moteur, la valeur la plus élevée étant retenue |
| 6  | Températures $\leq 600$ K          | $\pm 2$ K en valeur absolue  |
| 7  | Températures $> 600$ K             | $\pm 1\%$ du relevé  |
| 8  | Pression des gaz d'échappement     | $\pm 0,2$ kPa en valeur absolue  |
| 9  | Dépression à l'admission           | $\pm 0,05$ kPa en valeur absolue   |
| 10 | Pression atmosphérique             | $\pm 0,1$ kPa en valeur absolue  |
| 11 | Autres pressions                   | $\pm 0,1$ kPa en valeur absolue  |
| 12 | Humidité absolue                   | $\pm 5\%$ du relevé  |
| 13 | Débit de l'air de dilution         | $\pm 2\%$ du relevé  |
| 14 | Débit des gaz d'échappement dilués | $\pm 2\%$ du relevé  |

#### 1.4. Détermination des composants gazeux

##### 1.4.1. Spécifications générales concernant les analyseurs

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

Les concentrations inférieures à 15 % de la pleine échelle sont aussi acceptables si la valeur de la pleine échelle 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 la pleine échelle. Dans ce cas, des étalonnages supplémentaires doivent être faits pour garantir l'exactitude des courbes d'étalonnage (annexe III, appendice 2, point 1.5.5.2).

La compatibilité électromagnétique (CEM) du matériel doit être d'un niveau propre à réduire au minimum les erreurs supplémentaires.

#### 1.4.1.1. Erreur de mesure

L'analyseur ne doit pas s'écarter du point d'étalonnage nominal de plus de  $\pm 2\%$  du relevé ou de  $\pm 0,3\%$  de la pleine échelle, la valeur la plus élevée étant retenue.

NOTE: Aux fins de la présente norme, la précision est définie comme étant l'écart entre le relevé de l'analyseur et les valeurs nominales d'étalonnage obtenues avec un gaz d'étalonnage ( $\equiv$  valeur vraie).

#### 1.4.1.2. Répétabilité

La répétabilité, définie comme étant égale à 2,5 fois l'écart type de dix réponses consécutives à un gaz d'étalonnage ou de réglage de sensibilité donné, ne doit pas dépasser  $\pm 1\%$  de la concentration à pleine échelle pour chaque plage utilisée au-dessus de 155 ppm (ou ppm C) ou  $\pm 2\%$  de chaque plage utilisée au-dessous de 155 ppm (ou ppm C).

#### 1.4.1.3. Bruit

La réponse crête à crête de l'analyseur à des gaz de mise à zéro et d'étalonnage ou de réglage de sensibilité sur une période quelconque de 10 secondes ne doit pas dépasser 2 % de la pleine échelle sur toutes les plages utilisées.

#### 1.4.1.4. Dérive du zéro

La dérive du zéro sur une période d'une heure doit être inférieure à 2 % de la pleine échelle dans 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 dans un intervalle de temps de 30 secondes.

#### 1.4.1.5. Dérive d'étalonnage

La dérive d'étalonnage durant une période d'une heure doit être inférieure à 2 % de la pleine échelle dans la gamme inférieure utilisée. L'étalonnage est défini comme la différence entre la réponse d'étalonnage et la réponse du zéro. La réponse d'étalonnage est définie comme la réponse moyenne, y compris les bruits, à un gaz de réglage de sensibilité durant un intervalle de temps de 30 secondes.

#### 1.4.2. Séchage des gaz

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

#### 1.4.3. Analyseurs

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

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

##### 1.4.3.1. Analyse du monoxyde de carbone (CO)

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

##### 1.4.3.2. Analyse du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)

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

##### 1.4.3.3. Analyse des hydrocarbures (HC)

L'analyseur des hydrocarbures sera du type détecteur à 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)  $\pm$  10 K.

##### 1.4.3.4. Analyse des oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>)

L'analyseur des oxydes d'azote sera du type détecteur à chimiluminescence (CLD) ou détecteur à chimiluminescence chauffé (HCLD) avec un convertisseur NO<sub>2</sub>/NO si la mesure est effectuée en conditions sèches. Si la mesure est faite en conditions humides, on utilise un appareil HCLD avec convertisseur maintenu au-dessus de 328 K (55 °C), à condition que la vérification de l'effet d'atténuation de l'eau (annexe III, appendice 2, point 1.9.2.2) ait été satisfaisante.



Pour les appareils CLD comme pour les appareils HCLD, le trajet des échantillons doit être maintenu à une température de paroi de 328 K à 473 K (55 °C à 200 °C) jusqu'au convertisseur pour la mesure en conditions sèches et jusqu'à l'analyseur pour la mesure en conditions humides.

#### 1.4.4. Mesure du rapport air/carburant

L'appareillage de mesure du rapport air/carburant utilisé pour déterminer le débit de gaz d'échappement comme décrit au point 1.2.5 doit être un capteur à large plage de mesure ou une sonde lambda de type zircon.

Le capteur est monté directement sur le tuyau d'échappement, à un point où la température des gaz d'échappement est suffisamment élevée pour qu'il n'y ait pas de condensation de l'eau.

La précision du capteur avec l'électronique incorporée doit être de :

|                  |                      |
|------------------|----------------------|
| ± 3 % du relevé  | $\lambda < 2$        |
| ± 5 % du relevé  | $2 \leq \lambda < 5$ |
| ± 10 % du relevé | $5 \leq \lambda$     |

Pour que les spécifications de précision ci-dessus puissent être respectées, le capteur doit être étalonné selon les instructions du constructeur de l'instrument.

#### 1.4.5. Échantillonnage des émissions gazeuses

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

Dans le cas d'un moteur multicylindre à collecteur d'échappement ramifié, l'entrée de la sonde doit être située suffisamment loin en aval pour garantir que l'échantillon est représentatif des émissions d'échappement 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 d'échappement moyenne. On peut aussi recourir à d'autres méthodes dont la corrélation avec les méthodes précédentes a été prouvée. Le débit massique total de gaz d'échappement du moteur doit être utilisé pour calculer les émissions d'échappement.

Si la composition des gaz d'échappement est influencée par un système quelconque de post-traitement, l'échantillon de gaz 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 la détermination des 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 (annexe VI, point

#### 1.5. 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 entre 315 K (42 °C) et 325 K (52 °C), 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.

NOTE: Pour la procédure en régimes stabilisés, la température du filtre peut être égale ou inférieure à la température maximale de 325 K (52 °C), au lieu de respecter la gamme de températures de 42 °C – 52 °C.

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 l'annexe VI, point 1.2.1.1, 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 taux 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 (annexe VI, point 1.2.1.1).

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 des particules:

- la méthode à filtre simple utilise une paire de filtres (point 1.5.1.3 du présent appendice) pour tous les modes du cycle d'essai. Il faudra faire très attention 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 1.5.1.3 du présent appendice) 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.

#### 1.5.1. Filtres pour le prélèvement des particules

##### 1.5.1.1. Spécification concernant 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 (di-octylphthalate) d'au moins 99 % 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.

##### 1.5.1.2. 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 1.5.1.5).

##### 1.5.1.3. Filtres primaire et secondaire

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

##### 1.5.1.4. Vitesse nominale dans le filtre

Une vitesse nominale du gaz à travers le filtre de 35 à 100 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.

##### 1.5.1.5. Charge du filtre

Les charges minimales recommandées pour les dimensions de filtres les plus courantes sont indiquées au tableau ci-dessous. Pour des filtres plus grands, la charge minimale est de 0,065 mg/1 000 mm<sup>2</sup> de la surface du filtre.

| Diamètre du filtre (mm) | Diamètre recommandé de la tache | Charge minimale recommandée |
|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| 47                      | 37                              | 0,11                        |
| 70                      | 60                              | 0,25                        |
| 90                      | 80                              | 0,41                        |
| 110                     | 100                             | 0,62                        |

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

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

##### 1.5.2.1. État de 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 K (22 °C) ± 3 K pendant toute la durée du conditionnement et de la pesée. L'humidité doit être maintenue à un point de rosée de 282,5 K (9,5 °C) ± 3 K et l'humidité relative à 45 ± 8 %.

### 1.5.2.2. Pesée des filtres de référence

L'atmosphère de la chambre (ou du local) doit être libre de tout contaminant ambiant (comme la poussière) 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 1.5.2.1 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 10 µg, il faut jeter tous les filtres qui ont servi au prélèvement et recommencer l'essai d'émissions.

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

### 1.5.2.3. Balance analytique

La balance analytique servant à déterminer le poids de tous les filtres doit avoir une précision (écart type) de 2 µg et un pouvoir de résolution de 1 µg (1 chiffre = 1 µg) (selon les indications du constructeur de la balance).

### 1.5.2.4. Élimination des effets de l'électricité statique

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

### 1.5.3. Prescriptions additionnelles pour la mesure des particules

Tous les éléments du système de dilution et du système de prélèvement qui sont en contact avec des gaz d'échappement bruts et dilués, du tuyau d'échappement jusqu'au porte-filtre, doivent être conçus de façon à réduire au minimum le dépôt ou la modification des particules. 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.

## 2. MÉTHODES DE MESURE ET D'ÉCHANTILLONNAGE (ESSAI NRTC)

### 2.1. Introduction

Les constituants gazeux émis par le moteur soumis aux essais sont mesurés par les méthodes décrites à l'annexe VI. Celles-ci définissent les systèmes d'analyse recommandés pour les émissions gazeuses (point 1.1), et les méthodes conseillées pour la dilution et l'échantillonnage des particules (point 1.2).

### 2.2. Dynamomètre et équipement de la chambre d'essai

L'équipement suivant est utilisé pour effectuer les essais de mesure des émissions des moteurs sur des dynamomètres pour moteurs.

#### 2.2.1. Dynamomètre pour moteurs

On utilise un banc dynamométrique pour moteurs dont les caractéristiques sont suffisantes pour permettre l'exécution du cycle d'essai décrit à l'appendice 4 de la présente annexe. Les appareils de mesure du couple et du régime doivent permettre de mesurer la puissance 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 tableau 3 ne soient pas dépassées.

#### 2.2.2. Autres instruments

Lorsqu'il y a lieu, des instruments de mesure doivent être utilisés pour la consommation de carburant, la consommation d'air, la température du liquide de refroidissement et du lubrifiant, la pression des gaz d'échappement et la dépression dans le collecteur d'admission, la température des gaz d'échappement, la température de l'admission d'air, la pression atmosphérique, l'humidité et la température du carburant. Ces instruments doivent satisfaire aux exigences prescrites au tableau 3:

Tableau 3. Précision des instruments de mesure

| N° | Instrument de mesure               | Précision  |
|----|------------------------------------|--|
| 1  | Régime du moteur                   | ± 2 % du relevé ou ± 1 % de la valeur maximale du moteur, la valeur la plus élevée étant retenue     |
| 2  | Couple                             | ± 2 % du relevé ou ± 1 % de la valeur maximale du moteur, la valeur la plus élevée étant retenue     |
| 3  | Consommation de carburant          | ± 2 % de la valeur maximale du moteur  |
| 4  | Consommation d'air                 | ± 2 % du relevé ou ± 1 % de la valeur maximale du moteur, la valeur la plus élevée étant retenue     |
| 5  | Débit des gaz d'échappement        | ± 2,5 % du relevé ou ± 1,5 % de la valeur maximale du moteur, la valeur la plus élevée étant retenue |
| 6  | Températures ≤ 600 K               | ± 2 K en valeur absolue  |
| 7  | Températures > 600 K               | ± 1 % du relevé  |
| 8  | Pression des gaz d'échappement     | ± 0,2 kPa en valeur absolue  |
| 9  | Dépression à l'admission           | ± 0,05 kPa en valeur absolue   |
| 10 | Pression atmosphérique             | ± 0,1 kPa en valeur absolue  |
| 11 | Autres pressions                   | ± 0,1 kPa en valeur absolue  |
| 12 | Humidité absolue                   | ± 5 % du relevé  |
| 13 | Débit de l'air de dilution         | ± 2 % du relevé  |
| 14 | Débit des gaz d'échappement dilués | ± 2 % du relevé  |

### 2.2.3. Débit des gaz d'échappement bruts

Pour calculer les émissions dans les gaz d'échappement bruts et pour contrôler un système de dilution en circuit partiel, il faut connaître le débit massique des gaz d'échappement. Ce débit peut être déterminé par l'une des méthodes décrites ci-après.

Pour le calcul des émissions, le temps de réponse de chacune des méthodes décrites ci-dessous doit être égal ou inférieur au temps de réponse de l'analyseur, tel qu'il est défini à l'appendice 2, point 1.11.1.

Pour le contrôle d'un système de dilution en circuit partiel, un temps de réponse plus court est nécessaire. Dans le cas d'un système de dilution en circuit partiel avec contrôle en ligne, le temps de réponse doit être inférieur ou égal à 0,3 s. Dans le cas d'un système de dilution en circuit partiel avec contrôle anticipatif sur la base d'un essai préenregistré, le temps de réponse du système de mesure du débit des gaz d'échappement doit être inférieur ou égal à 5 s, avec un temps de montée inférieur ou égal à 1 s. Le temps de réponse du système doit être spécifié par le constructeur de l'instrument. Les exigences en matière de temps de réponse combiné pour le débit des gaz d'échappement et le système de dilution en circuit partiel sont indiquées au point 2.4.

#### Méthode de mesure directe

La mesure directe du débit instantané des gaz d'échappement peut être effectuée au moyen d'appareils tels que:

- des appareils déprimogènes, comme des tuyères (pour les détails, voir ISO 5167: 2000),
- un débitmètre à ultrasons,
- un débitmètre à tourbillons.

Il convient de prendre des précautions pour éviter les erreurs de mesure qui entraîneraient des erreurs dans les valeurs d'émission. On veillera notamment à installer soigneusement l'instrument dans le système d'échappement du moteur, conformément aux recommandations du constructeur de l'instrument et aux règles de l'art. En particulier, la performance et les émissions du moteur ne doivent pas être altérées par l'installation de l'instrument.

La précision des débitmètres doit être conforme aux prescriptions du tableau 3.

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

Il s'agit de mesurer le débit d'air et le débit de carburant à l'aide de débitmètres appropriés. Le débit instantané de gaz d'échappement se calcule comme suit:

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

La précision des débitmètres doit être conforme aux prescriptions du tableau 3, mais doit être suffisante aussi pour satisfaire aux exigences en matière de précision pour le débit de gaz d'échappement.

## Méthode de mesure d'un gaz marqueur

Il s'agit de mesurer la concentration d'un gaz marqueur dans l'échappement.

Une quantité connue d'un gaz inerte (hélium pur, par exemple) est injectée en tant que gaz marqueur dans le débit de gaz d'échappement. Le gaz marqueur est mélangé et dilué par les gaz d'échappement, mais ne doit pas réagir dans le tuyau d'échappement. La concentration de ce gaz est ensuite mesurée dans l'échantillon de gaz d'échappement.

Pour assurer le mélange complet du gaz marqueur, la sonde de prélèvement de gaz d'échappement doit se trouver à au moins 1 mètre ou 30 fois le diamètre du tuyau d'échappement, la valeur la plus grande étant retenue, en aval du point d'injection du gaz marqueur. La sonde de prélèvement peut se trouver plus près du point d'injection si on vérifie que le mélange est complet en comparant la concentration de gaz marqueur à la concentration de référence lorsque le gaz marqueur est injecté en amont du moteur.

Le débit du gaz marqueur est réglé de telle manière que la concentration du gaz marqueur au régime de ralenti du moteur, après mélange, devient inférieure à la pleine échelle de l'analyseur de gaz marqueur.

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

$$G_{EXHW} = \frac{G_T \times \rho_{EXH}}{60 \times (conc_{mix} - conc_a)}$$

où:

|              |   |  |
|--------------|---|--|
| $G_{EXHW}$   | = | débit massique instantané des gaz d'échappement (en kg/s)              |
| $G_T$        | = | débit du gaz marqueur (en cm <sup>3</sup> /min)                        |
| $conc_{mix}$ | = | concentration instantanée de gaz marqueur après mélange (en ppm)       |
| $\rho_{EXH}$ | = | densité des gaz d'échappement (en kg/m <sup>3</sup> )                  |
| $conc_a$     | = | concentration de fond de gaz marqueur dans l'air d'admission (en ppm.) |

La concentration de fond du gaz marqueur ( $conc_a$ ) peut être déterminée en établissant la moyenne de la concentration de fond mesurée immédiatement avant et après l'exécution de l'essai.

La concentration de fond peut être négligée si elle est inférieure à 1 % de la concentration du gaz marqueur après mélange ( $conc_{mix}$ ) au débit maximal des gaz d'échappement.

L'ensemble du système doit être conforme aux spécifications de précision pour le débit de gaz d'échappement et doit être étalonné conformément à l'appendice 2, point 1.11.2.

## Méthode de mesure du débit d'air et du rapport air/carburant

Il s'agit de calculer la masse des gaz d'échappement à partir du débit d'air et du rapport air/carburant. Le débit massique instantané des gaz d'échappement se calcule comme suit:

$$G_{EXHW} = G_{AIRW} \times \left( 1 + \frac{1}{A/F_{st} \times \lambda} \right)$$

où:

$$A / F_{st} = 14,5$$

$$\lambda = \frac{\left( 100 - \frac{conc_{CO} \times 10^{-4}}{2} - conc_{HC} \times 10^{-4} \right) + \left( 0,45 \cdot \frac{1 - \frac{2 \times conc_{CO} \times 10^{-4}}{3,5 \times conc_{CO_2}}}{1 + \frac{conc_{CO} \times 10^{-4}}{3,5 \times conc_{CO_2}}} \right) \times (conc_{CO_2} + conc_{CO} \times 10^{-4})}{6,9078 \times (conc_{CO_2} + conc_{CO} \times 10^{-4} + conc_{HC} \times 10^{-4})}$$

|     |               |   |  |
|-----|---------------|---|--|
| où: | $A/F_{st}$    | = | rapport air/carburant stœchiométrique, en kg/kg    |
|     | $\lambda$     | = | rapport air/carburant relatif                      |
|     | $conc_{CO_2}$ | = | concentration de $CO_2$ (conditions sèches) (en %) |
|     | $conc_{CO}$   | = | concentration de CO (conditions sèches) (en ppm)   |
|     | $conc_{HC}$   | = | concentration de HC (en ppm.)                      |

NOTE: Le calcul repose sur un carburant Diesel ayant un rapport H/C de 1,8.

Le débitmètre d'air doit être conforme aux spécifications de précision indiquées au tableau 3, l'analyseur de  $CO_2$  utilisé doit être conforme aux spécifications du point 2.3.1 et l'ensemble du système doit être conforme aux spécifications de précision pour le débit des gaz d'échappement.

En option, la mesure du rapport d'excès d'air peut être effectuée à l'aide d'un appareillage de mesure du rapport air/carburant, tel qu'un capteur de type zircone, conformément aux spécifications indiquées au point 2.3.4.

#### 2.2.4. Débit des gaz d'échappement dilués

Pour calculer les émissions dans les gaz d'échappement dilués, il faut connaître le débit massique de ces gaz. Le débit total de gaz d'échappement dilués sur la durée du cycle (kg/essai) est calculé à partir des valeurs de mesure collectées durant le cycle et des données d'étalonnage correspondantes du débitmètre ( $V_0$  pour la PDV,  $K_V$  pour le CFV,  $C_d$  pour le SSV) à l'aide de la méthode correspondante décrite à l'appendice 3, point 2.2.1. Si la masse totale de l'échantillon de particules et de gaz polluants dépasse 0,5 % du débit total du système CVS, le débit du système CVS est corrigé ou le débit de l'échantillon de particules est ramené au système CVS avant le débitmètre.

### 2.3. Détermination des composants gazeux

#### 2.3.1. Spécifications générales concernant les analyseurs

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

Les concentrations inférieures à 15 % de la pleine échelle sont aussi acceptables si la valeur de la pleine échelle 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 la pleine échelle. Dans ce cas, des étalonnages supplémentaires doivent être faits pour garantir l'exactitude des courbes d'étalonnage (annexe III, appendice 2, point 1.5.5.2).

La compatibilité électromagnétique (CEM) du matériel doit être d'un niveau propre à réduire au minimum les erreurs supplémentaires.

##### 2.3.1.1. Erreur de mesure

L'analyseur ne doit pas s'écarter du point d'étalonnage nominal de plus de  $\pm 2$  % du relevé ou de  $\pm 0,3$  % de la pleine échelle, la valeur la plus élevée étant retenue.

NOTE: Aux fins de la présente norme, la précision est définie comme étant l'écart entre le relevé de l'analyseur et les valeurs nominales d'étalonnage obtenues avec un gaz d'étalonnage ( $\equiv$  valeur vraie).

##### 2.3.1.2. Répétabilité

La répétabilité, définie comme étant égale à 2,5 fois l'écart type de dix réponses consécutives à un gaz d'étalonnage ou de réglage de sensibilité donné, ne doit pas dépasser  $\pm 1$  % de la concentration pleine échelle pour chaque plage utilisée au-dessus de 155 ppm (ou ppm C) ou  $\pm 2$  % de chaque plage utilisée au-dessous de 155 ppm (ou ppm C).

##### 2.3.1.3. Bruit

La réponse crête à crête de l'analyseur à des gaz de mise à zéro et d'étalonnage ou de réglage de sensibilité sur une période quelconque de 10 secondes ne doit pas dépasser 2 % de la pleine échelle sur toutes les plages utilisées.

##### 2.3.1.4. Dérive du zéro

La dérive du zéro sur une période d'une heure doit être inférieure à 2 % de la pleine échelle dans 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 dans un intervalle de temps de 30 secondes.

### 2.3.1.5. Dérive d'étalonnage

La dérive d'étalonnage durant une période d'une heure doit être inférieure à 2 % de la pleine échelle dans la gamme inférieure utilisée. L'étalonnage est défini comme la différence entre la réponse d'étalonnage et la réponse du zéro. La réponse d'étalonnage est définie comme la réponse moyenne, y compris les bruits, à un gaz de réglage de sensibilité durant un intervalle de temps de 30 secondes.

### 2.3.1.6. Temps de montée

Pour l'analyse des gaz d'échappement bruts, le temps de montée de l'analyseur installé dans le système de mesure ne doit pas dépasser 2,5 s.

NOTE: La seule évaluation du temps de réponse de l'analyseur ne suffit pas pour déterminer clairement si l'ensemble du système convient aux essais transitoires. Les volumes, en particulier les volumes morts, dans l'ensemble du système influenceront non seulement le temps de transport de la sonde jusqu'à l'analyseur, mais aussi le temps de montée. Les temps de transport à l'intérieur d'un analyseur également définis comme temps de réponse de l'analyseur, comme dans le cas du convertisseur ou du piège à eau dans un analyseur de NO<sub>x</sub>. La détermination du temps de réponse de l'ensemble du système est décrite à l'appendice 2, point 1.11.1.

### 2.3.2. Séchage des gaz

Les mêmes spécifications que celles prescrites pour le cycle d'essai NRSC (point 1.4.2) s'appliquent, comme décrit ci-dessous.

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.

### 2.3.3. Analyseurs

Les mêmes spécifications que celles prescrites pour le cycle d'essai NRSC (point 1.4.3) s'appliquent, comme décrit ci-dessous.

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.

#### 2.3.3.1. Analyse du monoxyde de carbone (CO)

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

#### 2.3.3.2. Analyse du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)

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

#### 2.3.3.3. Analyse des hydrocarbures (HC)

L'analyseur des hydrocarbures sera du type à détecteur à 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.

#### 2.3.3.4. Analyse des oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>)

L'analyseur des oxydes d'azote sera du type détecteur à chimiluminescence (CLD) ou détecteur à chimiluminescence chauffé (HCLD) avec un convertisseur NO<sub>2</sub>/NO si la mesure est effectuée en conditions sèches. Si la mesure est faite en conditions humides, on utilise un appareil HCLD avec convertisseur maintenu au-dessus de 328 K (55 °C), à condition que la vérification de l'effet d'atténuation de l'eau (annexe III, appendice 2, point 1.9.2.2) ait été satisfaisante.

Pour les appareils CLD comme pour les appareils HCLD, le trajet des échantillons doit être maintenu à une température de paroi de 328 K à 473 K (55 °C à 200 °C) jusqu'au convertisseur pour la mesure en conditions sèches et jusqu'à l'analyseur pour la mesure en conditions humides.

### 2.3.4. Mesure du rapport air/carburant

L'appareillage de mesure du rapport air/carburant utilisé pour déterminer le débit de gaz d'échappement comme décrit au point 2.2.3 doit être un capteur à large plage de mesure ou une sonde lambda de type zircone.

Le capteur est monté directement sur le tuyau d'échappement, à un point où la température des gaz d'échappement est suffisamment élevée pour qu'il n'y ait pas de condensation de l'eau.

La précision du capteur avec l'électronique incorporée doit être de:

|                       |                      |
|-----------------------|----------------------|
| $\pm 3 \%$ du relevé  | $\lambda < 2$        |
| $\pm 5 \%$ du relevé  | $2 \leq \lambda < 5$ |
| $\pm 10 \%$ du relevé | $5 \leq \lambda$     |

Pour que les spécifications de précision ci-dessus puissent être respectées, le capteur doit être étalonné selon les instructions du constructeur de l'instrument.

### 2.3.5. Échantillonnage des émissions gazeuses

#### 2.3.5.1. Débit des gaz d'échappement bruts

Pour le calcul des émissions dans les gaz d'échappement bruts, les mêmes spécifications que celles prescrites pour le cycle d'essai NRSC (point 1.4.4) s'appliquent, comme décrit ci-dessous.

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

Dans le cas d'un moteur multicylindre à collecteur d'échappement ramifié, l'entrée de la sonde doit être située suffisamment loin en aval pour garantir que l'échantillon est représentatif des émissions d'échappement 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 d'échappement moyenne. On peut aussi recourir à d'autres méthodes dont la corrélation avec les méthodes précédentes a été prouvée. Le débit massique total de gaz d'échappement du moteur doit être utilisé pour calculer les émissions d'échappement.

Si la composition des gaz d'échappement est influencée par un système quelconque de post-traitement, l'échantillon d'échappement doit être pris en amont de ce dispositif pour les essais de la phase I et en aval de ce dispositif pour les essais de la phase II.

#### 2.3.5.2. Débit des gaz d'échappement dilués

Si un système de dilution en circuit principal est utilisé, les spécifications suivantes s'appliquent.

Le tuyau d'échappement placé entre le moteur et le système de dilution en circuit principal est conforme aux exigences de l'annexe VI.

La ou les sondes de prélèvement des émissions gazeuses sont installées dans le tunnel de dilution, en un emplacement caractérisé par un bon mélange de l'air de dilution et des gaz d'échappement, et à proximité immédiate de la sonde de prélèvement de particules.

Le prélèvement peut en général être effectué de deux façons:

- les polluants sont prélevés dans un sac de prélèvement durant tout le cycle et mesurés dès la fin de l'essai,
- les polluants sont prélevés en continu et intégrés durant tout le cycle; cette méthode est obligatoire pour les HC et les NO<sub>x</sub>.

Les échantillons de concentration de fond sont prélevés en amont du tunnel de dilution dans un sac de prélèvement et la concentration de fond est soustraite de la concentration des émissions conformément à l'appendice 3, point 2.2.3.

### 2.4. 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 entre 315 K (42 °C) et 325 K (52 °C), 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.

La sonde de prélèvement de particules est installée à proximité immédiate de la sonde de prélèvement des émissions gazeuses et l'installation est conforme aux dispositions du point 2.3.5.

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 température et humidité contrôlées.

#### Spécifications pour le système de dilution en circuit partiel

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 taux 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 (annexe VI, point 1.2.1.1).

Pour le contrôle d'un système de dilution en circuit partiel, le temps de réponse du système doit être court. Le temps de transformation du système est déterminé selon la procédure décrite à l'appendice 2, point 1.11.1.

Si le temps de transformation combiné de la mesure du débit des gaz d'échappement (voir point précédent) et du système de dilution en circuit partiel est inférieur à 0,3 seconde, un contrôle en ligne peut être utilisé. Si ce temps de transformation est supérieur à 0,3 seconde, il faut utiliser le contrôle anticipatif sur la base d'un essai préenregistré. Dans ce cas, le temps de montée doit être inférieur ou égal à 1 seconde et le temps de retard de la combinaison inférieur ou égal à 10 secondes.

La réponse de l'ensemble du système doit être telle que l'échantillon de particules ( $G_{SE}$ ) est représentatif et proportionnel au débit massique des gaz d'échappement. Pour déterminer la proportionnalité, une analyse de régression  $G_{SE}/G_{EXHW}$  est effectuée à une fréquence d'acquisition des données d'au moins 5 Hz et en respectant les critères suivants:

- le coefficient de corrélation  $r^2$  de la régression linéaire entre  $G_{SE}$  et  $G_{EXHW}$  n'est pas inférieur à 0,95,
- l'erreur type de l'estimation de  $G_{SE}$  sur  $G_{EXHW}$  ne dépasse pas 5 % de la valeur maximale de  $G_{SE}$ ,
- l'intersection entre  $G_{SE}$  et la droite de régression ne dépasse pas  $\pm 2$  % de la valeur maximale de  $G_{SE}$ .

En option, on peut effectuer un essai préliminaire et utiliser le signal de débit massique des gaz d'échappement de cet essai préliminaire pour contrôler le débit de l'échantillon dans le système de prélèvement de particules ("contrôle anticipatif"). Cette procédure est requise lorsque le temps de transformation du système de prélèvement des particules ( $t_{50,P}$ ) ou le temps de transformation du signal de débit massique des gaz d'échappement ( $t_{50,F}$ ) est supérieur à 0,3 s. On obtient un contrôle correct du système de dilution en circuit partiel si la trace temporelle de  $G_{EXHW,pre}$  de l'essai préliminaire, qui contrôle  $G_{SE}$ , est décalée d'un "temps d'anticipation" égal à  $t_{50,P} + t_{50,F}$ .

Pour établir la corrélation entre  $G_{SE}$  et  $G_{EXHW}$ , on utilise les données recueillies pendant l'essai réel, le temps pour  $G_{EXHW}$  étant ajusté de  $t_{50,F}$  par rapport à  $G_{SE}$  ( $t_{50,P}$  n'intervient pas). En d'autres termes, le décalage temporel entre  $G_{EXHW}$  et  $G_{SE}$  est la différence entre les temps de transformation déterminés à l'appendice 2, point 2.6.

Pour les systèmes de dilution en circuit partiel, une attention particulière doit être accordée à la précision du débit de l'échantillon  $G_{SE}$  si celui-ci n'est pas mesuré directement mais déterminé en mesurant le débit différentiel:

$$G_{SE} = G_{TOTW} - G_{DILW}$$

Dans ce cas, une précision de  $\pm 2$  % pour  $G_{TOTW}$  et  $G_{DILW}$  ne suffit pas pour garantir une précision acceptable de  $G_{SE}$ . Si le débit de gaz est déterminé en mesurant le débit différentiel, l'erreur maximale de la différence doit être telle que la précision de  $G_{SE}$  soit de  $\pm 5$  % lorsque le taux de dilution est inférieur à 15. Il peut être calculé en prenant la moyenne quadratique des erreurs de chaque instrument.

Une précision acceptable de  $G_{SE}$  peut être obtenue par l'une des méthodes suivantes:

- a) la précision absolue de  $G_{TOTW}$  et  $G_{DILW}$  est de  $\pm 0,2$  %, ce qui garantit une précision de  $G_{SE} \leq 5$  % à un taux de dilution ratio de 15. Aux taux de dilution plus élevés, les erreurs seront toutefois plus importantes;
- b) l'étalonnage de  $G_{DILW}$  par rapport à  $G_{TOTW}$  est effectué de manière à obtenir la même précision de  $G_{SE}$  qu'en a). Pour les détails de cet étalonnage, voir l'appendice 2, point 2.6;
- c) la précision de  $G_{SE}$  est déterminée indirectement à partir de la précision du taux de dilution déterminée à l'aide d'un gaz marqueur ( $CO_2$ , par exemple). Dans ce cas aussi la précision de  $G_{SE}$  doit être équivalente à celle obtenue selon la méthode a);
- d) la précision absolue de  $G_{TOTW}$  et  $G_{DILW}$  est de  $\pm 2$  % de la pleine échelle, l'erreur maximale de la différence entre  $G_{TOTW}$  et  $G_{DILW}$  est de 0,2 % et l'erreur de linéarité est de  $\pm 0,2$  % de la valeur la plus élevée de  $G_{TOTW}$  observée pendant l'essai.

#### 2.4.1. Filtres pour le prélèvement de particules

#### 2.4.1.1. Spécification concernant 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 (di-octylphthalate) d'au moins 99 % 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.

#### 2.4.1.2. 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 2.4.1.5).

#### 2.4.1.3. Filtres primaire et secondaire

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

#### 2.4.1.4. Vitesse nominale dans le filtre

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

#### 2.4.1.5. Charge du filtre

Les charges minimales recommandées pour les dimensions de filtres les plus courantes sont indiquées au tableau ci-dessous. Pour des filtres plus grands, la charge minimale est de 0,065 mg/1 000 mm<sup>2</sup> de surface du filtre.

| Diamètre du filtre (mm) | Diamètre recommandé de la tache (mm) | Charge minimale recommandée (mg) |
|-------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| 47                      | 37                                   | 0,11                             |
| 70                      | 60                                   | 0,25                             |
| 90                      | 80                                   | 0,41                             |
| 110                     | 100                                  | 0,62                             |

#### 2.4.2. Spécifications de la chambre de pesée et de la balance analytique

##### 2.4.2.1. État de 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 K (22 °C) ± 3 K pendant toute la durée du conditionnement et de la pesée. L'humidité doit être maintenue à un point de rosée de 282,5 K (9,5 °C) ± 3 K et l'humidité relative à 45 ± 8 %.

##### 2.4.2.2. Pesée des filtres de référence

L'atmosphère de la chambre (ou du local) doit être libre de tout contaminant ambiant (comme la poussière) 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 2.4.2.1 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 10 µg, il faut jeter tous les filtres qui ont servi au prélèvement et recommencer l'essai d'émissions.

Si les critères de stabilité de la chambre de pesée indiqués au point 2.4.2.1 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.

##### 2.4.2.3. Balance analytique

La balance analytique servant à déterminer le poids de tous les filtres doit avoir une précision (écart type) de 2 µg et un pouvoir de résolution de 1 µg (1 chiffre = 1 µg) (selon les indications du constructeur de la balance).

#### 2.4.2.4. Élimination des effets de l'électricité statique

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

#### 2.4.3. 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 réduire au minimum le dépôt ou la modification des particules. 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."

#### 6) L'appendice 2 est modifié comme suit:

##### a) le titre est remplacé par le texte suivant:

"APPENDICE 2

PROCÉDURE D'ÉTALONNAGE (NRSC, NRTC<sup>1</sup>);

##### b) le point 1.2.2 est modifié comme suit:

Le texte suivant est ajouté à la fin du texte actuel:

"Cette précision implique que les gaz primaires utilisés pour le mélange soient connus avec une précision d'au moins  $\pm 1$  %, conformément aux normes nationales ou internationales. La vérification doit être effectuée entre 15 à 50 % de la pleine échelle pour chaque étalonnage faisant intervenir l'utilisation d'un mélangeur-doseur. Si la première vérification échoue, une vérification supplémentaire peut être effectuée avec un autre gaz d'étalonnage.

À titre de variante, le mélangeur-doseur peut être vérifié avec un instrument de mesure linéaire par nature, par exemple en utilisant du gaz NO avec un détecteur CLD. Le réglage de l'échelle de l'instrument doit être réalisé avec le gaz de réglage de sensibilité directement connecté à l'instrument. Le mélangeur-doseur doit être vérifié aux réglages utilisés et la valeur nominale doit être comparée à la concentration mesurée par l'instrument. La différence obtenue doit se situer en chaque point à 1 % près de la valeur nominale.

On peut avoir recours à d'autres méthodes, à condition qu'elles soient appliquées dans les règles de l'art et moyennant l'accord préalable des parties concernées.

NOTE: Un mélangeur-doseur ayant une précision de  $\pm 1$  % est recommandé pour établir une courbe d'étalonnage précise de l'analyseur. Le mélangeur-doseur doit être étalonné par le constructeur de l'instrument."

##### c) le point 1.5.5.1 est modifié comme suit:

##### i) la première phrase est remplacée par le texte suivant:

"On établit la courbe d'étalonnage de l'analyseur en déterminant au moins six points d'étalonnage (en dehors du zéro) espacés de la façon la plus uniforme possible";

##### ii) le troisième alinéa est remplacé par le texte suivant:

"La courbe d'étalonnage ne doit pas s'écarter de plus de  $\pm 2$  % de la valeur nominale de chaque point d'étalonnage ni de plus de  $\pm 0,3$  % de l'échelle complète à zéro."

##### d) au point 1.5.5.2, le dernier alinéa est remplacé par le texte suivant:

"La courbe d'étalonnage ne doit pas s'écarter de plus de  $\pm 4$  % de la valeur nominale de chaque point d'étalonnage ni de plus de  $\pm 0,3$  % de l'échelle complète à zéro."

##### e) le point 1.8.3 est remplacé par le texte suivant:

"Le contrôle de l'interférence d'oxygène est effectué à la mise en service de l'analyseur et par la suite lors des grands entretiens.

On choisit une gamme où les gaz de contrôle de l'interférence d'oxygène tomberont dans la tranche haute de 50 %. L'essai est effectué avec le four réglé à la température voulue.

<sup>1</sup> La procédure d'étalonnage est la même pour les essais NRSC et NRTC, à l'exception des exigences indiquées aux points 1.11 et 2.6.

## 1.8.3.1. Gaz de contrôle de l'interférence d'oxygène

Les gaz de contrôle de l'interférence d'oxygène doivent contenir du propane à 350 ppm C  $\pm$  75 ppm C d'hydrocarbures. La valeur de la concentration est déterminée aux tolérances des gaz d'étalonnage par analyse chromatographique des hydrocarbures totaux plus les impuretés ou par mélange-dosage dynamique. L'azote doit être le diluant prédominant avec le complément en oxygène. Les mélanges requis pour l'essai des moteurs Diesel sont les suivants:

| Concentration d'O <sub>2</sub> | Complément |
|--------------------------------|------------|
| 21 (20 à 22)                   | Azote      |
| 10 (9 à 11)                    | Azote      |
| 5 (4 à 6)                      | Azote      |

## 1.8.3.2. Procédure

- a) L'analyseur est mis à zéro.
- b) L'échelle de l'analyseur est réglée avec le mélange à 21 % d'oxygène.
- c) La réponse zéro est à nouveau vérifiée. Si elle a varié de plus de 0,5 % de la pleine échelle, on répète les opérations des points a) et b).
- d) On introduit les gaz de contrôle de l'interférence d'oxygène à 5 % et à 10 %.
- e) La réponse zéro est à nouveau vérifiée. Si elle a varié de plus de  $\pm$  1 % de la pleine échelle, l'essai doit être recommencé.
- f) L'interférence d'oxygène (%O<sub>2</sub>I) est calculée comme suit pour chaque mélange du point d):

$$O_2I = \frac{(B - C)}{B} \cdot 100$$

A = concentration d'hydrocarbures (ppm C) du gaz de réglage de sensibilité utilisé au point b)

B = concentration d'hydrocarbures (ppm C) des gaz de contrôle de l'interférence d'oxygène utilisés au point d)

C = réponse de l'analyseur

$$(ppmC) = \frac{A}{D}$$

D = pourcentage de la réponse de l'analyseur à la pleine échelle due à A.

- g) Le pourcentage d'interférence d'oxygène (%O<sub>2</sub>I) doit être, avant l'essai, inférieur à  $\pm$  3,0 % pour tous les gaz prescrits pour le contrôle de l'interférence d'oxygène.
  - h) Si l'interférence d'oxygène est supérieure à  $\pm$  3,0 %, le débit d'air est ajusté par incréments au-dessus et au-dessous des spécifications du fabricant en répétant l'opération du point 1.9.1 pour chaque débit.
  - i) Si l'interférence d'oxygène est supérieure à  $\pm$  3,0 % après avoir réglé le débit d'air, on ajuste le débit de carburant puis le débit de l'échantillon, en répétant les opérations du point 1.8.1 pour chaque nouveau réglage.
  - j) Si l'interférence d'oxygène est toujours supérieure à  $\pm$  3,0 %, il faut réparer ou remplacer l'analyseur, le carburant du FID ou l'air du brûleur. Les opérations du présent point devront ensuite être recommencées sur les équipements réparés ou remplacés ou avec les nouveaux gaz."
- f) le point 1.9.2.2 est modifié comme suit.
- i) le premier alinéa est remplacé par le texte suivant:

"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 température de l'eau est déterminée et enregistrée en tant que valeur F. La pression de vapeur de saturation du mélange qui correspond à la température de l'eau du barboteur (F) doit être déterminée et enregistrée en tant que valeur G. La concentration de vapeur d'eau (en %) du mélange doit être calculée comme suit:"

ii) le troisième alinéa est remplacé par le texte suivant:

"et enregistrée en tant que valeur De. Pour l'échappement des moteurs Diesel, la concentration maximale de la vapeur d'eau d'échappement (en %) prévue en cours d'essai doit être estimée dans l'hypothèse d'un rapport atomique H/C du carburant de 1,8 à 1, à partir de la concentration maximale de CO<sub>2</sub> dans les gaz d'échappement ou à partir de la concentration du gaz de réglage de sensibilité au CO<sub>2</sub> non dilué (valeur A, mesurée comme indiqué au point 1.9.2.1) comme suit:"

g) le point suivant est inséré:

"1.11. Exigences complémentaires en matière d'étalonnage pour la mesure des gaz d'échappement bruts dans l'essai NRTC

1.11.1. Vérification du temps de réponse du système analytique

Les réglages du système pour l'évaluation du temps de réponse doivent être exactement les mêmes que ceux utilisés pour les mesures pendant l'essai proprement dit (pression, débits, réglages des filtres sur les analyseurs et tous les autres facteurs influençant le temps de réponse). La détermination du temps de réponse s'effectue par commutation de gaz directement à l'entrée de la sonde de prélèvement. Le changement de gaz doit avoir lieu en moins de 0,1 seconde. Les gaz utilisés pour l'essai doivent entraîner un changement de concentration d'au moins 60 % à pleine échelle.

La concentration de chaque composant gazeux est enregistrée. Le temps de réponse est défini comme étant la différence de temps entre le changement de gaz et la variation appropriée de la concentration enregistrée. Le temps de réponse du système ( $t_{90}$ ) comprend le temps de retard jusqu'au détecteur de mesure et le temps de montée du détecteur. Le temps de retard est défini comme étant le temps écoulé entre le changement ( $t_0$ ) et le moment où la réponse atteint 10 % du relevé final ( $t_{10}$ ). Le temps de montée est défini comme étant le temps écoulé entre la réponse à 10 % et la réponse à 90 % du relevé final ( $t_{90} - t_{10}$ ).

Pour l'alignement temporel des signaux de l'analyseur et du flux de gaz d'échappement dans le cas de la mesure des gaz d'échappement bruts, le temps de transformation est défini comme étant le temps écoulé entre le changement ( $t_0$ ) et le moment où la réponse atteint 50 % du relevé final ( $t_{50}$ ).

Le temps de réponse du système doit être inférieur ou égal à 10 secondes, avec un temps de montée inférieur ou égal à 2,5 secondes pour tous les composants soumis à des valeurs limites (CO, NO<sub>x</sub>, HC) et toutes les plages utilisées.

1.11.2. Étalonnage de l'analyseur de gaz marqueur pour la mesure du débit de gaz d'échappement

En cas d'utilisation d'un gaz marqueur, l'analyseur servant à mesurer les concentrations de ce gaz doit être étalonné à l'aide du gaz étalon.

La courbe d'étalonnage est établie sur au moins 10 points d'étalonnage (à l'exclusion du zéro) espacés de manière à ce qu'une moitié des points soit placée entre 4 % et 20 % de la pleine échelle de l'analyseur et le reste entre 20 % et 100 % de la pleine échelle. La courbe d'étalonnage est établie par la méthode des moindres carrés.

La courbe d'étalonnage ne doit pas s'écarter de la valeur nominale de chaque point d'étalonnage de plus de 1 % de la pleine échelle dans la plage de 20 % à 100 % de la pleine échelle. Elle ne doit pas non plus s'écarter de la valeur nominale de plus de 2 % du relevé dans la plage de 4 % à 20 % de la pleine échelle.

Le zéro et l'échelle de l'analyseur doivent être réglés avant l'essai au moyen d'un gaz de mise à zéro et d'un gaz de réglage de sensibilité dont la valeur nominale est supérieure à 80 % de la pleine échelle de l'analyseur."

h) le point 2.2 est remplacé par le texte suivant:

"2.2 Les compteurs à gaz ou débitmètres sont étalonnés conformément aux normes nationales et/ou

internationales.

L'erreur maximale de la valeur mesurée doit être de  $\pm 2\%$  du relevé.

Pour les systèmes de dilution en circuit partiel, une attention particulière doit être accordée à la précision du débit de l'échantillon  $G_{SE}$  s'il n'est pas mesuré directement mais déterminé en mesurant le débit différentiel:

$$G_{SE} = G_{TOTW} - G_{DILW}$$

Dans ce cas, une précision de  $\pm 2\%$  pour  $G_{TOTW}$  et  $G_{DILW}$  ne suffit pas pour garantir une précision acceptable de  $G_{SE}$ . Si le débit de gaz est déterminé en mesurant le débit différentiel, l'erreur maximale de la différence doit être telle que la précision de  $G_{SE}$  soit de  $\pm 5\%$  lorsque le taux de dilution est inférieur à 15. Il peut être calculé en prenant la moyenne quadratique des erreurs de chaque instrument. »

i) le point suivant est ajouté:

"2.6. Exigences complémentaires en matière d'étalonnage pour les systèmes de dilution en circuit partiel

2.6.1. Étalonnage périodique

Si le débit de l'échantillon de gaz est déterminé en mesurant le débit différentiel, le débitmètre ou l'instrument de mesure du débit est étalonné à l'aide d'une des procédures suivantes, de manière à ce que le débit  $G_{SE}$  dans le tunnel satisfasse aux exigences en matière de précision prescrites à l'appendice 1, point 2.4.

Le débitmètre mesurant  $G_{DILW}$  est connecté en série avec le débitmètre mesurant  $G_{TOTW}$ . La différence entre les deux débitmètres est étalonnée pour au moins cinq points de réglage, les valeurs de débit étant espacées de manière égale entre la valeur la plus basse de  $G_{DILW}$  utilisée durant l'essai et la valeur de  $G_{TOTW}$  utilisée durant l'essai. Le tunnel de dilution peut être contourné.

Un dispositif étalonné de mesure du débit massique est connecté en série avec le débitmètre mesurant  $G_{TOTW}$  et la précision est vérifiée pour la valeur utilisée durant l'essai. Le dispositif étalonné de mesure du débit massique est ensuite connecté en série avec le débitmètre mesurant  $G_{DILW}$  et la précision est vérifiée pour au moins cinq réglages correspondant à des taux de dilution de 3 à 50, par rapport à la valeur de  $G_{TOTW}$  utilisée durant l'essai.

Le tube de transfert TT est déconnecté de l'échappement et un dispositif étalonné de mesure du débit avec une plage appropriée pour mesurer  $G_{SE}$  est connecté au tube de transfert.  $G_{TOTW}$  est ensuite réglé sur la valeur utilisée pendant l'essai et  $G_{DILW}$  réglé successivement à au moins cinq valeurs correspondant à des taux de dilution  $q$  entre 3 et 50. À titre de variante, une voie spéciale peut être mise en place pour l'étalonnage, par laquelle le tunnel est contourné, mais le débit de l'air total et de l'air de dilution passant dans les mètres correspondants est maintenu comme dans l'essai proprement dit.

Un gaz marqueur est introduit dans le tube de transfert. Ce gaz marqueur peut être un composant des gaz d'échappement, comme le  $CO_2$  ou des  $NO_x$ . Après dilution dans le tunnel, on mesure le gaz marqueur pour cinq taux de dilution entre 3 et 50. La précision du débit de l'échantillon est déterminée à partir du taux de dilution  $q$ :

$$G_{SE} = G_{TOTW} / q$$

La précision des analyseurs de gaz d'échappement est prise en considération pour garantir la précision de  $G_{SE}$ .

2.6.2. Vérification du flux de carbone

Il est vivement recommandé de procéder à une vérification du flux de carbone à l'aide de gaz d'échappement réels pour détecter les problèmes de mesure et de contrôle, et pour vérifier le bon fonctionnement du système de dilution en circuit partiel. La vérification du flux de carbone doit être effectuée au moins chaque fois qu'un nouveau moteur est installé ou qu'une modification importante est apportée à la chambre d'essai.

Le moteur doit fonctionner à la charge de couple maximale et au régime maximal ou dans tout autre mode stabilisé produisant 5 % de  $CO_2$  ou plus. Le système d'échantillonnage en circuit partiel doit fonctionner avec un facteur de dilution d'environ 15 à 1.

### 2.6.3. Vérification avant essai

Dans les 2 heures qui précèdent l'essai, une vérification est effectuée comme suit:

Selon la même méthode que celle utilisée pour l'étalonnage, la précision des débitmètres est vérifiée pour au moins deux points, y compris les valeurs de  $G_{DILW}$  qui correspondent à des taux de dilution compris entre 5 et 15 pour la valeur de  $G_{TOTW}$  utilisée pendant l'essai.

Si les valeurs enregistrées par la procédure d'étalonnage décrite ci-dessus permettent de démontrer que l'étalonnage des débitmètres est stable sur une période plus longue, il n'est pas nécessaire d'effectuer la vérification avant essai.

### 2.6.4. Détermination du temps de transformation

Les réglages du système pour l'évaluation du temps de transformation doivent être les mêmes que ceux utilisés pour les mesures pendant l'essai proprement dit. Le temps de transformation est déterminé selon la méthode suivante.

Un débitmètre de référence indépendant ayant une plage de mesure adaptée au débit dans la sonde est monté en série avec la sonde et connecté à celle-ci. Le temps de transformation de ce débitmètre doit être inférieur à 100 ms pour le palier de débit utilisé lors de la mesure du temps de réponse, avec une restriction du débit suffisamment basse pour ne pas altérer la performance dynamique du système de dilution en circuit partiel et conforme aux règles de l'art.

Le débit de gaz d'échappement dans le système de dilution en circuit partiel (ou le débit d'air si on calcule le débit de gaz d'échappement) est modifié par paliers, en partant d'un débit faible jusqu'à atteindre au moins 90 % de la pleine échelle. Le déclencheur de la variation par paliers doit être le même que celui utilisé pour démarrer le contrôle anticipatif lors de l'essai proprement dit. L'impulsion de variation par paliers du débit de gaz d'échappement et la réponse du débitmètre sont enregistrés à une fréquence d'au moins 10 Hz.

Sur la base de ces données, on détermine le temps de transformation du système de dilution en circuit partiel, qui est le temps écoulé entre le déclenchement de l'impulsion de variation et le moment où la réponse du débitmètre a atteint 50 %. De la même manière, on détermine le temps de transformation du signal  $G_{SE}$  du système de dilution en circuit partiel et du signal  $G_{EXHW}$  du débitmètre d'échappement. Ces signaux sont utilisés lors des contrôles de régression effectués après chaque essai (appendice 1, point 2.4).

Le calcul est répété pour au moins 5 impulsions de croissance et de décroissance et la moyenne des résultats est établie. Le temps de transformation interne (< 100 ms) du débitmètre de référence est soustrait de cette valeur. On obtient ainsi la "valeur d'anticipation" du système de dilution en circuit partiel, qui est appliquée conformément à l'appendice 1, point 2.4."

## 7) La section suivante est insérée:

### "3. ÉTALONNAGE DU SYSTÈME CVS

#### 3.1. Généralités

Le système CVS est étalonné à l'aide d'un débitmètre de précision et d'un dispositif permettant de modifier les conditions de fonctionnement.

Le débit qui traverse le système est mesuré pour différents réglages du débit et les paramètres de commande et contrôle du système sont mesurés et mis en relation avec le débit.

Divers types de débitmètres peuvent être utilisés, par exemple un venturi étalonné, un débitmètre laminaire étalonné ou un débitmètre à turbine étalonné.

#### 3.2. Étalonnage de la pompe volumétrique (PDP)

Tous les paramètres de la pompe sont mesurés en même temps que les paramètres d'un venturi d'étalonnage connecté en série avec la pompe. Le débit calculé (en  $m^3/min$  à l'orifice d'aspiration de la pompe, pression et température absolues) est tracé par rapport à un facteur de corrélation qui représente la valeur d'une combinaison spécifique de paramètres de la pompe. L'équation linéaire entre le débit de la pompe et la fonction de corrélation est ensuite calculée. Si le système CVS possède plusieurs gammes de vitesse, l'étalonnage doit être exécuté pour chaque gamme utilisée.

La stabilité en température doit être maintenue durant l'étalonnage.

Les pertes dans les connexions et les conduites entre le venturi d'étalonnage et la pompe CVS doivent rester inférieures à 0,3 % du point de débit le plus bas (point où la restriction est la plus élevée et la vitesse de la PDP la plus basse).

### 3.2.1. Analyse des données

Le débit d'air ( $Q_s$ ) présent à chaque position de vanne (6 réglages minimum) est calculé en  $m^3/min$  normalisés à partir des données du débitmètre et se fonde sur la méthode prescrite par le fabricant. Le débit d'air est ensuite converti en débit de la pompe ( $V_0$ ), exprimé en  $m^3/tr$  à la température et à la pression absolues à l'entrée de la pompe:

$$V_0 = \frac{Q_s}{n} \times \frac{T}{273} \times \frac{101.3}{p_A}$$

où:

|       |   |   |
|-------|---|---|
| $Q_s$ | = | débit d'air dans les conditions normalisées (101,3 kPa, 273 K), en $m^3/s$    |
| $T$   | = | température à l'orifice d'aspiration de la pompe, en K                        |
| $p_A$ | = | pression absolue à l'orifice d'aspiration de la pompe ( $p_B - p_1$ ), en kPa |
| $n$   | = | débit de la pompe, en tr/s.   |

Afin de tenir compte de l'interaction des variations de pression à la pompe et du taux de glissement de la pompe, la fonction de corrélation  $X_0$  entre le débit de la pompe, la pression différentielle de l'orifice d'aspiration à l'orifice de refoulement et la pression absolue à l'orifice de refoulement de la pompe est déterminée comme suit:

$$X_0 = \frac{1}{n} \times \sqrt{\frac{\Delta p_p}{p_A}}$$

où:

|              |   |  |
|--------------|---|--|
| $\Delta p_p$ | = | pression différentielle de l'orifice d'aspiration à l'orifice de refoulement de la pompe, en kPa |
| $p_A$        | = | pression de refoulement absolue à l'orifice de refoulement de la pompe, en kPa.                  |

Un ajustement linéaire pour les moindres carrés est réalisé afin de fournir l'équation d'étalonnage:

$$V_0 = D_0 - m \times (X_0)$$

$D_0$  et  $m$  sont respectivement les constantes d'intersection et de pente qui décrivent les droites de régression.

Pour un système CVS à plusieurs gammes de vitesse, les courbes d'étalonnage générées pour les différentes gammes de débit de la pompe doivent être plus ou moins parallèles et les valeurs d'intersection ( $D_0$ ) doivent augmenter au fur et à mesure que la gamme de débit de la pompe baisse.

Les valeurs dérivées de l'équation se situent à  $\pm 0,5\%$  de la valeur mesurée de  $V_0$ . Les valeurs de  $m$  varient d'une pompe à l'autre. Un débit entrant de particules dans le temps réduit le glissement de la pompe, ce que les valeurs les plus basses de  $m$  reflètent. Par conséquent, l'étalonnage doit être effectué au démarrage de la pompe, après un gros entretien et lorsque la vérification du système complet (voir point 3.5) indique une modification du taux de glissement.

### 3.3. Étalonnage du tube venturi à écoulement critique (CFV)

L'étalonnage du CFV repose sur l'équation d'écoulement d'un venturi critique. L'écoulement du gaz dépend de la pression et de la température d'aspiration:

$$Q_s = \frac{K_v \times p_A}{\sqrt{T}}$$



où:

- $K_v$  = coefficient d'étalonnage  
 $p_A$  = pression absolue à l'entrée du venturi (en kPa)  
 $T$  = température à l'entrée du venturi (en K.).

### 3.3.1. Analyse des données

Le débit d'air ( $Q_s$ ) à chaque réglage de l'étrangleur (8 réglages minimum) est déterminé, conformément à la méthode prescrite par le constructeur, en  $m^3/min$  normalisés à partir des données du débitmètre. Le coefficient d'étalonnage est calculé comme suit à partir des données d'étalonnage collectées pour chaque réglage:

$$K_v = \frac{Q_s \times \sqrt{T}}{p_A}$$

où:

- $Q_s$  = débit d'air dans des conditions normalisées (101,3 kPa, 273 K) (en  $m^3/s$ )  
 $T$  = température à l'entrée du venturi (en K)  
 $p_A$  = pression absolue à l'entrée du venturi (en kPa.).

Pour déterminer la plage de l'écoulement critique,  $K_v$  est tracé comme une fonction de la pression à l'entrée du venturi. Pour l'écoulement critique (réduit),  $K_v$  possède une valeur relativement constante. Au fur et à mesure que la pression baisse (la dépression augmente), le venturi s'agrandit et  $K_v$  diminue, ce qui montre que le CFV fonctionne en dehors de la plage admissible.

Le  $K_v$  moyen et l'écart type doivent être calculés pour huit points minimum situés dans la région de l'écoulement critique. L'écart type ne doit pas dépasser  $\pm 0,3 \%$  du  $K_v$  moyen.

### 3.4. Étalonnage du venturi subsonique (SSV)

L'étalonnage du SSV repose sur l'équation d'écoulement d'un venturi subsonique. L'écoulement du gaz dépend de la pression et de la température d'aspiration ainsi que de la baisse de pression entre l'entrée et le col du SSV:

$$Q_{SSV} = A_0 d^2 C_d P_A \sqrt{\left[ \frac{1}{T} \left( r^{1.4286} - r^{1.7143} \right) \left( \frac{1}{1 - \beta^4 r^{1.4286}} \right) \right]}$$

où:

- $A_0$  = série de constantes et de conversions d'unités

$$= 0,006111 \text{ en unités SI} \left( \frac{m^3}{\min} \right) \left( \frac{K^{\frac{1}{2}}}{kPa} \right) \left( \frac{1}{mm^2} \right)$$

- $d$  = diamètre du col du SSV (en m)  
 $C_d$  = coefficient de décharge du SSV  
 $p_A$  = pression absolue à l'entrée du venturi (en kPa)  
 $T$  = température à l'entrée du venturi (en K)

$$r = \text{rapport entre les pressions statiques absolues au col et à l'entrée du SSV} = 1 - \frac{\Delta P}{P_A}$$

$$\beta = \text{rapport entre le diamètre } d \text{ du col du SSV et le diamètre intérieur du tuyau d'admission} = \frac{d}{D}$$

### 3.4.1. Analyse des données

Le débit d'air ( $Q_{SSV}$ ) à chaque réglage de l'écoulement (16 réglages minimum) est calculé en  $\text{m}^3/\text{min}$  normalisés à partir des données du débitmètre, selon la méthode prescrite par le constructeur. Le coefficient de décharge est calculé comme suit à partir des données d'étalonnage collectées pour chaque réglage:

$$C_d = \frac{Q_{SSV}}{A_0 d^2 P_A \sqrt{\frac{1}{T} \left( r^{1.4286} - r^{1.7143} \right) \left( \frac{1}{1 - \beta^4 r^{1.4286}} \right)}}$$

où:  
 $Q_{SSV}$  = débit d'air dans des conditions normalisées (101,3 kPa, 273 K) (en  $\text{m}^3/\text{s}$ )  
 $T$  = température à l'entrée du venturi (en K)  
 $d$  = diamètre du col du SSV (en m)

$$r = \text{rapport entre les pressions statiques absolues au col et à l'entrée du SSV} = 1 - \frac{\Delta P}{P_A}$$

$$\beta = \text{rapport entre le diamètre } d \text{ du col du SSV et le diamètre intérieur du tuyau d'admission} = \frac{d}{D}$$

Pour déterminer la plage de l'écoulement subsonique,  $C_d$  est tracé comme une fonction du nombre de Reynolds au col du SSV. Le  $Re$  au col du SSV est calculé à l'aide de la formule suivante:

$$Re = A_1 \frac{Q_{SSV}}{d\mu}$$

où:  
 $A_1$  = série de constantes et de conversions d'unités  

$$= 25,55152 \left( \frac{1}{\text{m}^3} \right) \left( \frac{\text{min}}{\text{s}} \right) \left( \frac{\text{mm}}{\text{m}} \right)$$

$Q_{SSV}$  = débit d'air dans des conditions normalisées (101,3 kPa, 273 K) (en  $\text{m}^3/\text{s}$ )  
 $d$  = diamètre du col du SSV (en m)  
 $\mu$  = viscosité absolue ou dynamique du gaz, calculée à l'aide de la formule suivante:

$$\mu = \frac{bT^{3/2}}{S + T} = \frac{bT^{1/2}}{1 + \frac{S}{T}} \quad \text{kg/m-s}$$

où:  
 $b = \text{constante empirique} = 1,458 \cdot 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{msK}^{1/2}}$   
 $S = \text{constant empirique} = 110,4 \text{ K}$

Étant donné que  $Q_{SSV}$  est utilisé dans la formule servant à calculer  $Re$ , il faut commencer les calculs avec une valeur initiale estimée de  $Q_{SSV}$  ou de  $C_d$  du venturi d'étalonnage et les répéter jusqu'à ce que les valeurs de  $Q_{SSV}$  convergent. La méthode de convergence doit avoir une précision d'au moins 0,1 %.

Pour un minimum de seize points situés dans la région de l'écoulement subsonique, les valeurs de  $C_d$  calculées à partir de l'équation résultante d'ajustement de la courbe d'étalonnage doivent se situer à  $\pm 0,5$  % de la valeur de  $C_d$  pour chaque point d'étalonnage.

### 3.5. Vérification du système complet

La précision totale du système CVS et du système d'analyse est déterminée en introduisant une masse connue d'un gaz polluant dans le système utilisé normalement. Le polluant est analysé et la masse est dérivée conformément à l'annexe III, appendice 2, point 4.3, sauf dans le cas du propane où un facteur de 0,000472 est utilisé à la place de 0,000479 pour les HC. L'une ou l'autre des deux techniques suivantes est appliquée.

#### 3.5.1. Mesure à l'aide d'un orifice à écoulement critique

Une quantité connue de gaz pur (propane) est introduite dans le système CVS par un orifice à écoulement critique étalonné. Si la pression d'entrée est suffisamment élevée, le débit ajusté au moyen de l'orifice à écoulement critique est indépendant de la pression de sortie de l'orifice (écoulement critique). Le système CVS fonctionne pendant 5 à 10 minutes environ comme lors d'un essai normal de mesure des émissions de gaz d'échappement. Un échantillon de gaz est analysé à l'aide de l'équipement habituel (sac de prélèvement ou méthode d'intégration) et la masse de gaz est calculée. La masse ainsi déterminée doit se situer à  $\pm 3$  % de la masse connue de gaz injecté.

#### 3.5.2. Mesure à l'aide d'une technique gravimétrique

Le poids d'une petite bouteille remplie de propane est déterminé avec une précision de  $\pm 0,01$  gramme. Pendant 5 à 10 minutes environ, le système CVS fonctionne comme lors d'un essai normal de mesure des émissions de gaz d'échappement lorsque le monoxyde de carbone ou le propane est injecté dans le système. La quantité de gaz pur libérée est déterminée par pesée différentielle. Un échantillon de gaz est analysé à l'aide de l'équipement habituel (sac de prélèvement ou méthode d'intégration) et la masse de gaz est calculée. La masse ainsi déterminée doit se situer à  $\pm 3$  % de la masse connue de gaz injecté."

8) L'appendice 3 est modifié comme suit:

a) le titre suivant est inséré pour cet appendice:

"ÉVALUATION ET CALCULS DE DONNÉES".

b) le titre de la section 1 est remplacé par le texte suivant:

"ÉVALUATION ET CALCULS DE DONNÉES – ESSAI NRSC".

c) le point 1.2 est remplacé par le texte suivant:

"1.2. Émissions de particules

Pour évaluer les particules, on enregistre pour chaque mode les masses ( $MSAM,i$ ) totales d'échantillonnage passant à travers les filtres. Les filtres doivent être renvoyés à la chambre de pesée et conditionnés pendant au moins deux heures, mais au maximum quatre-vingts heures, puis pesés. On enregistre le poids brut des filtres, et l'on soustrait le poids de la tare (annexe III 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 ( $MDIL$ ) 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  $M_d/MDIL$  pour chaque mesure prise individuellement et prendre la moyenne des valeurs."

d) le point 1.3.1 est remplacé par le texte suivant:

"1.3.1. Détermination du débit des gaz d'échappement

On détermine le débit massique des gaz d'échappement ( $GEXHW$ ) pour chaque mode, conformément à l'annexe III appendice 1 points 1.2.1 à 1.2.3.

Si on utilise un système de dilution en circuit principal, on détermine le débit massique total des gaz d'échappement dilués ( $GTOTW$ ) pour chaque mode, conformément à l'annexe III appendice 1 point 1.2.4."

e) les points 1.3.2 à 1.4.6 sont remplacés par le texte suivant:

1.3.2. Correction pour le passage des conditions sèches aux conditions humides

Lorsqu'on applique la valeur  $G_{EXHW}$ , on convertit la concentration mesurée en valeurs rapportées à des conditions humides à l'aide de la formule suivante, si elle n'est pas déjà mesurée en conditions humides:

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

Pour les gaz d'échappement bruts:

$$K_{W,r,1} = \left( \frac{1}{1 + 1,88 \times 0,005 \times (\%CO[dry] + \%CO_2[dry]) + K_{w2}} \right)$$

Pour les gaz d'échappement dilués:

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

ou

$$K_{W,e,1} = \left( \frac{1 - K_{w1}}{1 + \frac{1,88 \times CO_2 \% (dry)}{200}} \right)$$

Pour l'air de dilution:

$$k_{W,d} = 1 - k_{w1}$$

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

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

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

$$k_{W,a} = 1 - k_{w2}$$

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

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

où:

$H_a$ : 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 (en %)

$R_a$ : humidité relative de l'air d'admission (en %)

$p_d$ : pression de vapeur de saturation de l'air de dilution (en kPa)

$p_a$ : pression de vapeur de saturation de l'air d'admission (en kPa)

$p_B$ : pression barométrique totale (en kPa.)

NOTE:  $H_a$  et  $H_d$  peuvent être déterminés à partir de la mesure de l'humidité relative, comme décrit ci-dessus, ou à partir de la mesure du point de rosée, de la pression de vapeur ou de la température du thermomètre sec/mouillé à l'aide des formules communément acceptées.

### 1.3.3. Correction de l'humidité pour les émissions de $\text{NO}_x$

Comme les émissions de  $\text{NO}_x$  dépendent des conditions atmosphériques ambiantes, la concentration de  $\text{NO}_x$  doit être corrigée en fonction de la température et de l'humidité de l'air ambiant en appliquant le facteur  $K_H$  donné par la formule suivante:

$$k_H = \frac{1}{1 - 0,0182 \times (H_a - 10,71) + 0,0045 \times (T_a - 298)}$$

où:

$T_a$ : température de l'air (en K)

$H_a$ : humidité absolue de l'air d'admission, en grammes par kilo d'air sec

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

où:

$R_a$ : humidité relative de l'air d'admission (en %)

$p_a$ : pression de vapeur de saturation de l'air d'admission (en kPa)

$p_B$ : pression barométrique totale (en kPa.)

NOTE:  $H_a$  peut être déterminé à partir de la mesure de l'humidité relative, comme décrit ci-dessus, ou à partir de la mesure du point de rosée, de la pression de vapeur ou de la température du thermomètre sec/mouillé à l'aide des formules communément acceptées.

### 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<sup>1</sup>:

$$G_{\text{a, mass}} = u \times \text{conc} \times G_{\text{EXHW}}$$

b) Pour les gaz d'échappement dilués:

$$G_{\text{a, mass}} = u \times \text{conc}_c \times G_{\text{TOTW}}$$

où:

$\text{conc}_c$  = concentration corrigée de la concentration de fond

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

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

ou:

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

Le coefficient u - humide doit être utilisé conformément au tableau 4 ci-après.

<sup>1</sup> Dans le cas des  $\text{NO}_x$ , la concentration de  $\text{NO}_x$  ( $\text{NO}_{x\text{conc}}$  ou  $\text{NO}_{x\text{conc}}$ ) doit être multipliée par  $K_{\text{HNO}_x}$  (facteur de correction de l'humidité pour les  $\text{NO}_x$ , mentionné au point 1.3.3) comme suit:  $K_{\text{HNO}_x} \times \text{conc}$  ou  $K_{\text{HNO}_x} \times \text{conc}_c$ .

Tableau 4. Valeurs du coefficient u - humide pour divers constituants des gaz d'échappement

| Gaz             | u        | conc |
|-----------------|----------|------|
| NO <sub>x</sub> | 0,001587 | ppm  |
| CO              | 0,000966 | ppm  |
| HC              | 0,000479 | ppm  |
| CO <sub>2</sub> | 15,19    | %    |

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

#### 1.3.5. Calcul des émissions spécifiques

L'émission spécifique (g/kWh) est calculée comme suit pour chaque constituant individuellement:

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

où  $P_i = P_{m,i} + P_{AE,i}$

Les facteurs de pondération et le nombre de modes (n) utilisés dans le calcul ci-dessus sont conformes à l'annexe III, point 3.7.1.

#### 1.4. Calcul de l'émission de particules

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

##### 1.4.1. Correction de l'humidité pour les émissions de particules

Comme les émissions de particules des moteurs Diesel dépendent des conditions atmosphériques ambiantes, le débit massique de particules doit être corrigé en fonction de l'humidité de l'air ambiant en appliquant le facteur  $K_p$  donné par la formule suivante:

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

où:

$H_a$ : humidité absolue de l'air d'admission, en grammes par kilo d'air sec

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

où:

$R_a$ : humidité relative de l'air d'admission (en %)

$p_a$ : pression de vapeur de saturation de l'air d'admission (en kPa)

$p_B$ : pression barométrique totale (en kPa)

NOTE:  $H_a$  peut être déterminé à partir de la mesure de l'humidité relative, comme décrit ci-dessus, ou à partir de la mesure du point de rosée, de la pression de vapeur ou de la température du thermomètre sec/mouillé à l'aide des formules communément acceptées.

##### 1.4.2. Système de dilution en circuit partiel

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

## 1.4.2.1. Systèmes isocinétiques

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

où  $r$  correspond au rapport entre les sections de la sonde isocinétique  $A_p$  et du tuyau d'échappement  $A_T$ :

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

1.4.2.2. Systèmes avec mesure de la concentration de CO<sub>2</sub> ou de NO<sub>x</sub>

$$q_i = \frac{G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} \times q_i}{\frac{Conc_{E,i} - Conc_{A,i}}{Conc_{D,i} - Conc_{A,i}}}$$

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 en conditions sèches sont converties en valeurs rapportées à des conditions humides conformément au point 1.3.2 du présent appendice.

1.4.2.3. Systèmes avec mesure du CO<sub>2</sub> et méthode d'équivalence en carbone

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

où:

$CO_{2D}$  = concentration de CO<sub>2</sub> dans les gaz d'échappement dilués

$CO_{2A}$  = concentration de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>) et est obtenue par les étapes suivantes:

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

et:

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

## 1.4.2.4. Systèmes avec mesure de débit

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

## 1.4.3. Système de dilution en circuit principal

Les résultats d'essais finals rapportés de 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.

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

## 1.4.4. Calcul du débit massique de particules

Le débit massique de particules est calculé comme suit.

Pour la méthode à filtre simple:

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

où:

$(G_{EDFW})_{aver}$  au cours du cycle d'essai est calculé en additionnant les valeurs moyennes des différents modes durant la période d'échantillonnage:

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

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

où  $i = 1, \dots, n$ .

Pour la méthode à filtres multiples:

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

où  $i = 1, \dots, n$ .

Le débit massique de particules peut être corrigé comme suit pour tenir compte de la concentration de fond.

Pour la méthode à filtre simple:

$$PT_{mass} = \left[ \frac{M_f}{M_{SAM}} - \left( \frac{M_d}{M_{DIL}} \times \left( \sum_{i=1}^{i=n} \left( 1 - \frac{1}{DF_i} \right) \times WF_i \right) \right) \right] \times \frac{(G_{EDFW})_{aver}}{1000}$$

Si plus d'une mesure est effectuée,  $(M_d/M_{DIL})$  est remplacé par  $(M_d/M_{DIL})_{aver}$ .

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

ou:

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

Pour la méthode à filtres multiples:

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

Si plus d'une mesure est effectuée,  $(M_d/M_{DIL})$  est remplacé par  $(M_d/M_{DIL})_{aver}$ .

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



ou:

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

#### 1.4.5 Calcul des émissions spécifiques

L'émission de particules PT (g/kWh) est calculée de la manière suivante<sup>1</sup>.

Pour la méthode à filtre simple:

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

Pour la méthode à filtres multiples:

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

#### 1.4.6 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:

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

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 à l'annexe III, point 3.7.1."

f) la section suivante est ajoutée:

## "2. ÉVALUATION ET CALCULS DE DONNÉES (ESSAI NRTC)

Cette section décrit les deux principes de mesure suivants qui peuvent être utilisés pour l'évaluation des émissions de polluants durant le cycle NRTC:

- les composants gazeux sont mesurés dans les gaz d'échappement bruts en temps réel et les particules sont déterminées à l'aide d'un système de dilution en circuit partiel;
- les composants gazeux et les particules sont déterminés à l'aide d'un système de dilution en circuit principal (système CVS).

### 2.1. Calcul des émissions de gaz dans les gaz d'échappement bruts et des émissions de particules à l'aide d'un système de dilution en circuit partiel

#### 2.1.1. Introduction

Les signaux de concentration instantanée des composants gazeux sont utilisés pour le calcul des émissions massiques en les multipliant par le débit massique instantané des gaz d'échappement. Le débit massique instantané des gaz d'échappement peut être mesuré directement ou calculé à l'aide des méthodes décrites à l'annexe III, appendice 1, point 2.2.3 (mesure de l'air d'admission et du débit de carburant, méthode du gaz marqueur, mesure de l'air d'admission et du rapport air/carburant). Une attention particulière doit être accordée aux temps de réponse des différents instruments. Ces différences sont pris en considération par l'alignement temporel des signaux.

Dans le cas des particules, les signaux de débit massique des gaz d'échappement sont utilisés pour régler le système de dilution en circuit partiel de manière à obtenir un échantillon proportionnel au débit massique des gaz d'échappement. La qualité de la proportionnalité est vérifiée en appliquant une analyse de régression entre

<sup>1</sup> Le débit massique des particules PT<sub>mass</sub> doit être multiplié par K<sub>p</sub> (facteur de correction de l'humidité pour les particules mentionné au point 1.4.1).

l'échantillon et le débit des gaz d'échappement, comme décrit à l'annexe III, appendice 1, point 2.4.

## 2.1.2. Détermination des composants gazeux

### 2.1.2.1. Calcul des émissions massiques

La masse de polluants  $M_{\text{gaz}}$  (g/essai) est déterminée en calculant les émissions massiques instantanées à partir des concentrations brutes de polluants, des valeurs  $u$  du tableau 4 (voir point 1.3.4.) et du débit massique de gaz d'échappement, en tenant compte du temps de transformation et en intégrant les valeurs instantanées sur la durée du cycle. Il est préférable de mesurer les concentrations sur une base humide. Si elles sont mesurées sur une base sèche, la correction pour le passage des conditions sèches aux conditions humides, décrite ci-dessous, est appliquée aux valeurs de concentration instantanée avant tout autre calcul.

Tableau 4. Valeurs du coefficient  $u$  – humide pour divers constituants des gaz d'échappement

| Gaz             | $u$      | conc |
|-----------------|----------|------|
| NO <sub>x</sub> | 0,001587 | ppm  |
| CO              | 0,000966 | ppm  |
| HC              | 0,000479 | ppm  |
| CO <sub>2</sub> | 15,19    | %    |

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

La formule suivante est appliquée:

$$M_{\text{gaz}} = \sum_{i=1}^{i=n} u \times \text{conc}_i \times G_{\text{EXHW},i} \times \frac{1}{f} \quad (\text{g/kWh})$$

où:

$u$  = rapport entre la densité du composant des gaz d'échappement et la densité des gaz d'échappement

$\text{conc}_i$  = concentration instantanée du composant dans les gaz d'échappement bruts (en ppm)

$G_{\text{EXHW},i}$  = débit massique instantané des gaz d'échappement (en kg/s)

$f$  = fréquence de collecte des données (en Hz)

$n$  = nombre de mesures.

Pour le calcul des NO<sub>x</sub>, le facteur de correction de l'humidité  $k_H$ , décrit ci-dessous, est utilisé.

Si elle n'est pas déjà mesurée en conditions humides, la concentration mesurée instantanément est convertie en valeurs rapportées à des conditions humides comme décrit ci-dessous.

### 2.1.2.2. Correction pour le passage des conditions sèches aux conditions humides

Si la concentration mesurée instantanément est déterminée en conditions sèches, elle est convertie en valeurs rapportées à des conditions humides en appliquant les formules suivantes:

$$\text{conc}_{\text{hum}} = k_W \times \text{conc}_{\text{sec}}$$

où:

$$K_{W, r, 1} = \left( \frac{1}{1 + 1,88 \times 0,005 \times (\text{conc}_{\text{CO}} + \text{conc}_{\text{CO}_2}) + K_{W2}} \right)$$

avec

$$k_{W2} = \frac{1,608 \times H_a}{1000 + (1,608 * H_a)}$$

où:

$\text{conc}_{\text{CO}_2}$  = concentration de  $\text{CO}_2$  dans des conditions sèches ( en %)

$\text{conc}_{\text{CO}}$  = concentration de CO dans des conditions sèches (en %)

$H_a$  = humidité de l'air d'admission (en grammes d'eau par kg d'air sec)

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

où:

$R_a$ : humidité relative de l'air d'admission (en %)

$p_a$ : pression de vapeur de saturation de l'air d'admission (en kPa)

$p_B$ : pression barométrique totale, en kPa.

NOTE:  $H_a$  peut être déterminé à partir de la mesure de l'humidité relative, comme décrit ci-dessus, ou à partir de la mesure du point de rosée, de la pression de vapeur ou de la température du thermomètre sec/mouillé à l'aide des formules communément acceptées.

#### 2.1.2.3. Correction de l'humidité et de la température pour les émissions de $\text{NO}_x$

Comme les émissions de  $\text{NO}_x$  dépendent des conditions atmosphériques ambiantes, la concentration de  $\text{NO}_x$  doit être corrigée en fonction de l'humidité et de la température de l'air ambiant en appliquant les facteurs donnés par la formule suivante:

$$k_H = \frac{1}{1 - 0,0182 \times (H_a - 10,71) + 0,0045 \times (T_a - 298)}$$

où:

$T_a$  = température de l'air d'admission (en K)

$H_a$  = humidité de l'air d'admission (en grammes d'eau par kg d'air sec)

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

où:

$R_a$ : humidité relative de l'air d'admission (en %)

$p_a$ : pression de vapeur de saturation de l'air d'admission (en kPa)

$p_B$ : pression barométrique totale (en kPa).

NOTE:  $H_a$  peut être déterminé à partir de la mesure de l'humidité relative, comme décrit ci-dessus, ou à partir de la mesure du point de rosée, de la pression de vapeur ou de la température du thermomètre sec/mouillé à l'aide des formules communément acceptées.

#### 2.1.2.4. Calcul des émissions spécifiques

Les émissions spécifiques (g/kWh) sont calculées comme suit pour chaque constituant individuellement:

$$\text{Gaz individuel} = M_{\text{gaz}} / W_{\text{eff}}$$

où:

$W_{\text{eff}}$  = travail du cycle effectif tel qu'il est déterminé à l'annexe III, point 4.6.2 (en kWh)

#### 2.1.3. Détermination des particules

## 2.1.3.1. Calcul des émissions massiques

La masse de particules  $M_{PT}$  (g/kWh) est calculée selon l'une ou l'autre des méthodes suivantes.

a)

$$M_{PT} = \frac{M_f}{M_{SAM}} \times \frac{M_{EDFW}}{1000}$$

où:

$M_f$  = masse de particules prélevée sur la durée du cycle (en mg)

$M_{SAM}$  = masse de gaz d'échappement dilués traversant les filtres à particules (en kg)

$M_{EDFW}$  = masse de l'équivalent de gaz d'échappement dilués sur la durée du cycle (en kg)

La masse totale d'équivalent de gaz d'échappement dilués sur la durée du cycle est déterminée comme suit:

$$M_{EDFW} = \sum_{i=1}^{i=n} G_{EDFW,i} \times \frac{1}{f}$$

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

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

où:

$G_{EDFW,i}$  = débit massique instantané équivalent de gaz d'échappement dilués (en kg/s)

$G_{EXHW,i}$  = débit massique instantané de gaz d'échappement (en kg/s)

$q_i$  = taux de dilution instantané

$G_{TOTW,i}$  = Débit massique instantané de gaz d'échappement dilués dans le tunnel de dilution (en kg/s)

$G_{DILW,i}$  = débit massique instantané d'air de dilution (en kg/s)

$f$  = fréquence de collecte des données (en Hz)

$n$  = nombre de mesures

b)

$$M_{PT} = \frac{M_f}{r_s \times 1000}$$

où:

$M_f$  = masse de particules prélevées durant le cycle (en mg)

$r_s$  = rapport d'échantillonnage moyen sur la durée du cycle d'essai

où:

$$r_s = \frac{M_{SE}}{M_{EXHW}} \times \frac{M_{SAM}}{M_{TOTW}}$$

où:

$M_{SE}$  = masse de gaz d'échappement prélevée sur la durée du cycle (en kg)

|            |   |  |
|------------|---|--|
| $M_{EXHW}$ | = | débit massique total de gaz d'échappement sur la durée du cycle (en kg)                    |
| $M_{SAM}$  | = | masse de gaz d'échappement dilués traversant les filtres à particules (en kg)              |
| $M_{TOTW}$ | = | masse de gaz d'échappement dilués passant dans le tunnel de dilution (en kg)               |
| NOTE:      |   | Dans le cas d'un système d'échantillonnage total, $M_{SAM}$ et $M_{TOTW}$ sont identiques. |

### 2.1.3.2. Correction de l'humidité pour les émissions de particules

Comme les émissions de particules des moteurs Diesel dépendent des conditions atmosphériques ambiantes, la concentration de particules doit être corrigée en fonction de l'humidité de l'air ambiant en appliquant le facteur  $K_p$  donné par la formule suivante:

$$k_p = \frac{1}{[1 + 0,0133 \times (H_a - 10,71)]}$$

où:

$H_a$  = humidité de l'air d'admission, en grammes d'eau 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 (en %)

$p_a$ : pression de vapeur de saturation de l'air d'admission (en kPa)

$p_B$ : pression barométrique totale (en kPa).

NOTE:  $H_a$  peut être déterminé à partir de la mesure de l'humidité relative, comme décrit ci-dessus, ou à partir de la mesure du point de rosée, de la pression de vapeur ou de la température du thermomètre sec/mouillé à l'aide des formules communément acceptées.

### 2.1.3.3. Calcul des émissions spécifiques

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

$$PT = M_{PT} \times K_p / W_{eff}$$

où

$W_{eff}$  = travail du cycle effectif tel qu'il est déterminé à l'annexe III, point 4.6.2 (en kWh)

## 2.2. Détermination des composants gazeux et des particules à l'aide d'un système de dilution en circuit principal

Pour calculer les émissions dans les gaz d'échappement dilués, il faut connaître le débit massique de ces gaz. Le débit total de gaz d'échappement dilués sur la durée du cycle  $M_{TOTW}$  (kg/essai) est calculé à partir des valeurs de mesure collectées durant le cycle et des données d'étalonnage correspondantes du débitmètre ( $V_0$  pour la PDP,  $K_V$  pour le CVF,  $C_d$  pour le SSV) à l'aide de l'une des méthodes décrites au point 2.2.1. Si la masse totale de l'échantillon de particules ( $M_{SAM}$ ) et de gaz polluants dépasse 0,5 % du débit total du système CVS ( $M_{TOTW}$ ), le débit du système CVS est corrigé pour tenir compte de  $M_{SAM}$  ou le débit de l'échantillon de particules est ramené au système CVS avant le débitmètre.

### 2.2.1. Détermination du débit de gaz d'échappement dilués

Système PDP-CVS

Le débit massique durant le cycle est calculé comme suit si la température des gaz d'échappement dilués est maintenue dans une limite de  $\pm 6$  K durant tout le cycle à l'aide d'un échangeur de chaleur:

$$M_{TOTW} = 1,293 \times V_0 \times N_p \times (p_B - p_1) \times 273 / (101,3 \times T)$$

où:

$M_{TOTW}$  = masse de gaz d'échappement dilués en conditions humides durant le cycle (en kg)

|       |   |   |
|-------|---|---|
| $V_0$ | = | volume de gaz pompé par tour dans les conditions d'essai (en m <sup>3</sup> /tr)                            |
| $N_p$ | = | nombre total de tours de la pompe par essai   |
| $P_B$ | = | pression atmosphérique dans la chambre d'essai (en kPa)   |
| $p_1$ | = | dépression sous la pression atmosphérique à l'orifice d'aspiration de la pompe (en kPa)                     |
| $T$   | = | température moyenne des gaz d'échappement dilués à l'orifice d'aspiration de la pompe durant le cycle, en K |

Si un système à compensation de débit est utilisé (c'est-à-dire sans échangeur de chaleur), les émissions massiques instantanées doivent être déterminées et intégrées sur la durée du cycle. Dans ce cas, la masse instantanée de gaz d'échappement dilués est calculée comme suit:

$$M_{TOTW,i} = 1,293 \times V_0 \times N_{p,i} \times (P_B - p_1) \times 273 / (101,3 \times T)$$

où:

$N_{p,i}$  = nombre total de tours de la pompe par intervalle de temps

#### Système CFV-CVS

Le débit massique durant le cycle est calculé comme suit si la température des gaz d'échappement dilués est maintenue dans une limite de  $\pm 11$  K durant tout le cycle à l'aide d'un échangeur de chaleur:

$$M_{TOTW} = 1,293 \times t \times K_v \times p_A / T^{0,5}$$

où:

$M_{TOTW}$  = masse de gaz d'échappement dilués en conditions humides durant le cycle (en kg)  
 $t$  = temps de cycle (en s)

$K_v$  = coefficient d'étalonnage du venturi à écoulement critique dans des conditions normalisées

$p_A$  = pression absolue à l'entrée du venturi (en kPa)

$T$  = température absolue à l'entrée du venturi (en K)

Si un système à compensation de débit est utilisé (c'est-à-dire sans échangeur de chaleur), les émissions massiques instantanées doivent être déterminées et intégrées sur la durée du cycle. Dans ce cas, la masse instantanée de gaz d'échappement dilués est calculée comme suit:

$$M_{TOTW,i} = 1,293 \times \Delta t_i \times K_v \times p_A / T^{0,5}$$

où:

$\Delta t_i$  = intervalle de temps, en s

#### Système SSV-CVS

Le débit massique durant le cycle est calculé comme suit si la température des gaz d'échappement dilués est maintenue dans une limite de  $\pm 11$  K durant tout le cycle à l'aide d'un échangeur de chaleur:

$$M_{TOTW} = 1,293 \times Q_{SSV}$$

où:

$$Q_{SSV} = A_0 d^2 C_d P_A \sqrt{\left[ \frac{1}{T} \left( r^{1,4286} - r^{1,7143} \right) \left( \frac{1}{1 - \beta^4 r^{1,4286}} \right) \right]}$$

$A_0$  = série de constantes et de conversions d'unités

$$\left(\frac{m^3}{\text{min}}\right) \left(\frac{K^{\frac{1}{2}}}{kPa}\right) \left(\frac{1}{mm^2}\right)$$

= 0,006111 en unités SI

d = diamètre du col du SSV (en m)

C<sub>d</sub> = coefficient de décharge du SSV

P<sub>A</sub> = pression absolue à l'entrée du venturi (en kPa)

T = température à l'entrée du venturi (en K)

$$r = \text{rapport entre les pressions statiques absolues au col et à l'entrée du SSV} = 1 - \frac{\Delta P}{P_A}$$

$$\beta = \text{rapport entre le diamètre } d \text{ du col du SSV et le diamètre intérieur du tuyau d'admission} = \frac{d}{D}$$

Si un système à compensation de débit est utilisé (c'est-à-dire sans échangeur de chaleur), les émissions massiques instantanées doivent être déterminées et intégrées sur la durée du cycle. Dans ce cas, la masse instantanée de gaz d'échappement dilués est calculée comme suit:

$$M_{TOTW} = 1,293 \times Q_{SSV} \times \Delta t_i$$

où:

$$Q_{SSV} = A_0 d^2 C_d P_A * \sqrt{\left[ \frac{1}{T} \left( r^{1.4286} - r^{1.7143} \right) \left( \frac{1}{1 - \beta^4 r^{1.4286}} \right) \right]}$$

Δt<sub>i</sub> = intervalle de temps (en s)

Le calcul en temps réel est initialisé soit avec une valeur raisonnable de C<sub>d</sub>, telle que 0,98, soit avec une valeur raisonnable de Q<sub>ssv</sub>. Si le calcul est initialisé avec Q<sub>ssv</sub>, la valeur initiale de Q<sub>ssv</sub> est utilisée pour évaluer Re.

Lors de tous les essais d'émissions, le nombre de Reynolds au col du SSV doit être proche des nombres de Reynolds utilisés pour établir la courbe d'étalonnage établie conformément à l'appendice 2, point 3.2.

### 2.2.2. Correction de l'humidité pour les émissions de NO<sub>x</sub>

Comme les émissions de NO<sub>x</sub> dépendent des conditions atmosphériques ambiantes, la concentration de NO<sub>x</sub> doit être corrigée en fonction de l'humidité de l'air ambiant en appliquant les facteurs donnés par les formules suivantes:

$$k_H = \frac{1}{1 - 0,0182 \times (H_a - 10,71) + 0,0045 \times (T_a - 298)}$$

où:

T<sub>a</sub> = température de l'air (en K)

H<sub>a</sub> = humidité de l'air d'admission, en grammes d'eau par kg d'air sec

où:

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

- $R_a$  = humidité relative de l'air d'admission (en %)
- $p_a$  = pression de vapeur de saturation de l'air d'admission (en kPa)
- $p_B$  = pression barométrique totale (en kPa)

NOTE:  $H_a$  peut être déterminé à partir de la mesure de l'humidité relative, comme décrit ci-dessus, ou à partir de la mesure du point de rosée, de la pression de vapeur ou de la température du thermomètre sec/mouillé à l'aide des formules communément acceptées.

### 2.2.3. Calcul du débit massique des émissions

#### 2.2.3.1. Systèmes à débit massique constant

Dans le cas des systèmes équipés d'un échangeur de chaleur, la masse des polluants  $M_{\text{gaz}}$  (g/essai) est dérivée de l'équation suivante:

$$M_{\text{gaz}} = u \times \text{conc} \times M_{\text{TOTW}}$$

où:

- $u$  = rapport entre la densité du composant des gaz d'échappement et la densité des gaz d'échappement dilués, comme indiqué au tableau 4, point 2.1.2.1
- $\text{conc}$  = concentrations moyennes corrigées des concentrations de fond sur la durée du cycle à partir de l'intégration (obligatoire pour les  $\text{NO}_x$  et les HC) ou de la mesure en sacs (en ppm)
- $M_{\text{TOTW}}$  = masse totale de gaz d'échappement dilués sur la durée du cycle telle qu'elle est déterminée au point 2.2.1 (en kg)

Comme les émissions de  $\text{NO}_x$  dépendent des conditions atmosphériques ambiantes, la concentration de  $\text{NO}_x$  doit être corrigée en fonction de l'humidité de l'air ambiant en appliquant le facteur  $k_H$ , comme décrit au point 2.2.2.

Les concentrations mesurées en conditions sèches doivent être converties en valeurs rapportées à des conditions humides conformément au point 1.3.2.

#### 2.2.3.1.1. Détermination des concentrations corrigées des concentrations de fond

La concentration de fond moyenne de gaz polluants dans l'air de dilution doit être soustraite des concentrations mesurées afin d'obtenir les concentrations nettes de polluants. Les valeurs moyennes de concentrations de fond peuvent être mesurées à l'aide de la méthode des sacs de prélèvement ou d'une mesure continue avec intégration. La formule suivante est utilisée:

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

où:

- $\text{conc}$  = concentration du polluant correspondant dans les gaz d'échappement dilués, corrigée de la quantité de polluant correspondant contenue dans l'air de dilution
- $\text{conc}_e$  = concentration du polluant correspondant mesurée dans les gaz d'échappement dilués (en ppm)
- $\text{conc}_d$  = concentration du polluant correspondant mesurée dans l'air de dilution (en ppm)
- $\text{DF}$  = facteur de dilution



Le facteur de dilution est calculé comme suit:

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

### 2.2.3.2. Systèmes à compensation de débit

Lorsque le système n'est pas équipé d'un échangeur de chaleur, la masse des polluants  $M_{\text{gaz}}$  (g/essai) est déterminée en calculant les émissions massiques instantanées et en intégrant les valeurs instantanées sur toute la durée du cycle. En outre, la correction pour tenir compte de la concentration de fond est appliquée directement à la valeur instantanée de concentration. Les formules suivantes sont appliquées:

$$M_{\text{GAS}} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{conc}_{e,i} \times u) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{conc}_d \times (1 - 1/DF) \times u)$$

où:

$\text{conc}_{e,i}$  = concentration instantanée du polluant correspondant mesurée dans les gaz d'échappement dilués (en ppm)

$\text{conc}_d$  = concentration du polluant correspondant mesurée dans l'air de dilution (en ppm)

$u$  = rapport entre la densité du composant des gaz d'échappement et la densité des gaz d'échappement dilués, comme indiqué au tableau 4, point 2.1.2.1

$M_{\text{TOTW},i}$  = masse instantanée de gaz d'échappement dilués (point 2.2.1) (en kg)

$M_{\text{TOTW}}$  = masse totale de gaz d'échappement dilués sur la durée du cycle (point 2.2.1) (en kg)

$DF$  = facteur de dilution tel qu'il est déterminé au point 2.2.3.1.1.

Comme les émissions de  $\text{NO}_x$  dépendent des conditions atmosphériques ambiantes, la concentration de  $\text{NO}_x$  doit être corrigée en fonction de l'humidité de l'air ambiant en appliquant le facteur  $k_H$ , comme décrit au point 2.2.2.

### 2.2.4. Calcul des émissions spécifiques

Les émissions spécifiques (g/kWh) sont calculées comme suit pour chaque constituant individuellement:

$$\text{Gaz individuel} = M_{\text{gaz}} / W_{\text{eff}}$$

où:

$W_{\text{eff}}$  = travail du cycle effectif tel qu'il est déterminé à l'annexe III, point 4.6.2 (en kWh)

### 2.2.5. Calcul des émissions de particules

#### 2.2.5.1. Calcul du débit massique

La masse de particules  $M_{\text{PT}}$  (g/essai) est calculée comme suit:

$$M_{\text{PT}} = \frac{M_f}{M_{\text{SAM}}} \times \frac{M_{\text{TOTW}}}{1000}$$

où:

$M_f$  = masse de particules prélevée sur la durée du cycle (en mg)

$M_{\text{TOTW}}$  = masse totale de gaz d'échappement dilués sur la durée du cycle telle qu'elle est déterminée au point 2.2.1 (en kg)

$M_{\text{SAM}}$  = masse de gaz d'échappement dilués prélevée dans le tunnel de dilution pour la collecte des particules (en kg)

et

$M_f$  =  $M_{f,p} + M_{f,b}$ , si ces valeurs sont pesées séparément (en mg)

$M_{f,p}$  = masse de particules collectée sur le filtre primaire (en mg)

$M_{f,b}$  = masse de particules collectée sur le filtre secondaire (en mg)

Si un système de dilution double est utilisé, la masse d'air de dilution secondaire doit être soustraite de la masse totale de gaz d'échappement doublement dilués qui a été prélevée au travers des filtres à particules.

$M_{SAM}$  =  $M_{TOT} - M_{SEC}$

où:

$M_{TOT}$  = masse de gaz d'échappement doublement dilués qui traverse le filtre à particules (en kg)

$M_{SEC}$  = masse d'air de dilution secondaire (en kg)

Si la concentration de fond de particules dans l'air de dilution est déterminée conformément à l'annexe III, point 4.4.4, la masse de particules peut être corrigée pour tenir de la concentration de fond. Dans ce cas, la masse de particules (g/essai) est calculée comme suit:

$$M_{PT} = \left[ \frac{M_f}{M_{SAM}} - \left( \frac{M_d}{M_{DIL}} \times \left( 1 - \frac{1}{DF} \right) \right) \right] \times \frac{M_{TOTW}}{1000}$$

où:

$M_f$ ,  $M_{SAM}$ ,  $M_{TOTW}$  = voir ci-dessus

$M_{DIL}$  = masse d'air de dilution primaire prélevée par le système de prélèvement des particules dans l'air de dilution (en kg)

$M_d$  = masse de particules collectées dans l'air de dilution primaire, en mg

DF = facteur de dilution tel qu'il est déterminé au point 2.2.3.1.1

#### 2.2.5.2. Correction de l'humidité pour les émissions de $NO_x$

Comme les émissions de particules des moteurs Diesel dépendent des conditions atmosphériques ambiantes, la concentration de particules doit être corrigée en fonction de l'humidité de l'air ambiant en appliquant le facteur  $K_p$  donné par la formule suivante:

$$k_p = \frac{1}{[1 + 0,0133 \times (H_a - 10,71)]}$$

où:

$H_a$  = humidité de l'air d'admission, en grammes d'eau par kg d'air sec

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

où

$R_a$ : humidité relative de l'air d'admission (en %)

$p_a$ : pression de vapeur de saturation de l'air d'admission (en kPa)

$p_B$ : pression barométrique totale (en kPa)

NOTE:  $H_a$  peut être déterminé à partir de la mesure de l'humidité relative, comme décrit ci-dessus, ou à partir de la mesure du point de rosée, de la pression de vapeur ou de la température du thermomètre sec/mouillé à l'aide des formules communément acceptées.

### 2.2.5.3. Calcul des émissions spécifiques

Les émissions de particules (g/kWh) sont calculées de la manière suivante:

$$PT = M_{PT} \times K_p / W_{eff}$$

où:

$W_{eff}$  = travail du cycle effectif tel qu'il est déterminé à l'annexe III, point 4.6.2 (en kWh)"

- 9) Les appendices suivants sont ajoutés:

"Appendice 4  
PROGRAMMATION DU DYNAMOMÈTRE POUR L'ESSAI NRTC

| Temps | Régime normalisé | Couple normalisé | Temps | Régime normalisé | Couple normalisé | Temps | Régime normalisé | Couple normalisé |
|-------|------------------|------------------|-------|------------------|------------------|-------|------------------|------------------|
| (s)   | (%)              | (%)              | (s)   | (%)              | (%)              | (s)   | (%)              | (%)              |
| 1     | 0                | 0                | 52    | 102              | 46               | 103   | 74               | 24               |
| 2     | 0                | 0                | 53    | 102              | 41               | 104   | 77               | 6                |
| 3     | 0                | 0                | 54    | 102              | 31               | 105   | 76               | 12               |
| 4     | 0                | 0                | 55    | 89               | 2                | 106   | 74               | 39               |
| 5     | 0                | 0                | 56    | 82               | 0                | 107   | 72               | 30               |
| 6     | 0                | 0                | 57    | 47               | 1                | 108   | 75               | 22               |
| 7     | 0                | 0                | 58    | 23               | 1                | 109   | 78               | 64               |
| 8     | 0                | 0                | 59    | 1                | 3                | 110   | 102              | 34               |
| 9     | 0                | 0                | 60    | 1                | 8                | 111   | 103              | 28               |
| 10    | 0                | 0                | 61    | 1                | 3                | 112   | 103              | 28               |
| 11    | 0                | 0                | 62    | 1                | 5                | 113   | 103              | 19               |
| 12    | 0                | 0                | 63    | 1                | 6                | 114   | 103              | 32               |
| 13    | 0                | 0                | 64    | 1                | 4                | 115   | 104              | 25               |
| 14    | 0                | 0                | 65    | 1                | 4                | 116   | 103              | 38               |
| 15    | 0                | 0                | 66    | 0                | 6                | 117   | 103              | 39               |
| 16    | 0                | 0                | 67    | 1                | 4                | 118   | 103              | 34               |
| 17    | 0                | 0                | 68    | 9                | 21               | 119   | 102              | 44               |
| 18    | 0                | 0                | 69    | 25               | 56               | 120   | 103              | 38               |
| 19    | 0                | 0                | 70    | 64               | 26               | 121   | 102              | 43               |
| 20    | 0                | 0                | 71    | 60               | 31               | 122   | 103              | 34               |
| 21    | 0                | 0                | 72    | 63               | 20               | 123   | 102              | 41               |
| 22    | 0                | 0                | 73    | 62               | 24               | 124   | 103              | 44               |
| 23    | 0                | 0                | 74    | 64               | 8                | 125   | 103              | 37               |
| 24    | 1                | 3                | 75    | 58               | 44               | 126   | 103              | 27               |
| 25    | 1                | 3                | 76    | 65               | 10               | 127   | 104              | 13               |
| 26    | 1                | 3                | 77    | 65               | 12               | 128   | 104              | 30               |
| 27    | 1                | 3                | 78    | 68               | 23               | 129   | 104              | 19               |
| 28    | 1                | 3                | 79    | 69               | 30               | 130   | 103              | 28               |
| 29    | 1                | 3                | 80    | 71               | 30               | 131   | 104              | 40               |
| 30    | 1                | 6                | 81    | 74               | 15               | 132   | 104              | 32               |
| 31    | 1                | 6                | 82    | 71               | 23               | 133   | 101              | 63               |
| 32    | 2                | 1                | 83    | 73               | 20               | 134   | 102              | 54               |
| 33    | 4                | 13               | 84    | 73               | 21               | 135   | 102              | 52               |
| 34    | 7                | 18               | 85    | 73               | 19               | 136   | 102              | 51               |
| 35    | 9                | 21               | 86    | 70               | 33               | 137   | 103              | 40               |
| 36    | 17               | 20               | 87    | 70               | 34               | 138   | 104              | 34               |
| 37    | 33               | 42               | 88    | 65               | 47               | 139   | 102              | 36               |
| 38    | 57               | 46               | 89    | 66               | 47               | 140   | 104              | 44               |
| 39    | 44               | 33               | 90    | 64               | 53               | 141   | 103              | 44               |
| 40    | 31               | 0                | 91    | 65               | 45               | 142   | 104              | 33               |
| 41    | 22               | 27               | 92    | 66               | 38               | 143   | 102              | 27               |
| 42    | 33               | 43               | 93    | 67               | 49               | 144   | 103              | 26               |
| 43    | 80               | 49               | 94    | 69               | 39               | 145   | 79               | 53               |
| 44    | 105              | 47               | 95    | 69               | 39               | 146   | 51               | 37               |
| 45    | 98               | 70               | 96    | 66               | 42               | 147   | 24               | 23               |
| 46    | 104              | 36               | 97    | 71               | 29               | 148   | 13               | 33               |
| 47    | 104              | 65               | 98    | 75               | 29               | 149   | 19               | 55               |
| 48    | 96               | 71               | 99    | 72               | 23               | 150   | 45               | 30               |
| 49    | 101              | 62               | 100   | 74               | 22               | 151   | 34               | 7                |
| 50    | 102              | 51               | 101   | 75               | 24               | 152   | 14               | 4                |
| 51    | 102              | 50               | 102   | 73               | 30               | 153   | 8                | 16               |

| Temps<br>(s) | Régime<br>normalisé<br>(%) | Couple<br>normalisé<br>(%) | Temps<br>(s) | Régime<br>normalisé<br>(%) | Couple<br>normalisé<br>(%) | Temps<br>(s) | Régime<br>normalisé<br>(%) | Couple<br>normalisé<br>(%) |
|--------------|----------------------------|----------------------------|--------------|----------------------------|----------------------------|--------------|----------------------------|----------------------------|
| 154          | 15                         | 6                          | 205          | 20                         | 18                         | 256          | 102                        | 84                         |
| 155          | 39                         | 47                         | 206          | 27                         | 34                         | 257          | 58                         | 66                         |
| 156          | 39                         | 4                          | 207          | 32                         | 33                         | 258          | 64                         | 97                         |
| 157          | 35                         | 26                         | 208          | 41                         | 31                         | 259          | 56                         | 80                         |
| 158          | 27                         | 38                         | 209          | 43                         | 31                         | 260          | 51                         | 67                         |
| 159          | 43                         | 40                         | 210          | 37                         | 33                         | 261          | 52                         | 96                         |
| 160          | 14                         | 23                         | 211          | 26                         | 18                         | 262          | 63                         | 62                         |
| 161          | 10                         | 10                         | 212          | 18                         | 29                         | 263          | 71                         | 6                          |
| 162          | 15                         | 33                         | 213          | 14                         | 51                         | 264          | 33                         | 16                         |
| 163          | 35                         | 72                         | 214          | 13                         | 11                         | 265          | 47                         | 45                         |
| 164          | 60                         | 39                         | 215          | 12                         | 9                          | 266          | 43                         | 56                         |
| 165          | 55                         | 31                         | 216          | 15                         | 33                         | 267          | 42                         | 27                         |
| 166          | 47                         | 30                         | 217          | 20                         | 25                         | 268          | 42                         | 64                         |
| 167          | 16                         | 7                          | 218          | 25                         | 17                         | 269          | 75                         | 74                         |
| 168          | 0                          | 6                          | 219          | 31                         | 29                         | 270          | 68                         | 96                         |
| 169          | 0                          | 8                          | 220          | 36                         | 66                         | 271          | 86                         | 61                         |
| 170          | 0                          | 8                          | 221          | 66                         | 40                         | 272          | 66                         | 0                          |
| 171          | 0                          | 2                          | 222          | 50                         | 13                         | 273          | 37                         | 0                          |
| 172          | 2                          | 17                         | 223          | 16                         | 24                         | 274          | 45                         | 37                         |
| 173          | 10                         | 28                         | 224          | 26                         | 50                         | 275          | 68                         | 96                         |
| 174          | 28                         | 31                         | 225          | 64                         | 23                         | 276          | 80                         | 97                         |
| 175          | 33                         | 30                         | 226          | 81                         | 20                         | 277          | 92                         | 96                         |
| 176          | 36                         | 0                          | 227          | 83                         | 11                         | 278          | 90                         | 97                         |
| 177          | 19                         | 10                         | 228          | 79                         | 23                         | 279          | 82                         | 96                         |
| 178          | 1                          | 18                         | 229          | 76                         | 31                         | 280          | 94                         | 81                         |
| 179          | 0                          | 16                         | 230          | 68                         | 24                         | 281          | 90                         | 85                         |
| 180          | 1                          | 3                          | 231          | 59                         | 33                         | 282          | 96                         | 65                         |
| 181          | 1                          | 4                          | 232          | 59                         | 3                          | 283          | 70                         | 96                         |
| 182          | 1                          | 5                          | 233          | 25                         | 7                          | 284          | 55                         | 95                         |
| 183          | 1                          | 6                          | 234          | 21                         | 10                         | 285          | 70                         | 96                         |
| 184          | 1                          | 5                          | 235          | 20                         | 19                         | 286          | 79                         | 96                         |
| 185          | 1                          | 3                          | 236          | 4                          | 10                         | 287          | 81                         | 71                         |
| 186          | 1                          | 4                          | 237          | 5                          | 7                          | 288          | 71                         | 60                         |
| 187          | 1                          | 4                          | 238          | 4                          | 5                          | 289          | 92                         | 65                         |
| 188          | 1                          | 6                          | 239          | 4                          | 6                          | 290          | 82                         | 63                         |
| 189          | 8                          | 18                         | 240          | 4                          | 6                          | 291          | 61                         | 47                         |
| 190          | 20                         | 51                         | 241          | 4                          | 5                          | 292          | 52                         | 37                         |
| 191          | 49                         | 19                         | 242          | 7                          | 5                          | 293          | 24                         | 0                          |
| 192          | 41                         | 13                         | 243          | 16                         | 28                         | 294          | 20                         | 7                          |
| 193          | 31                         | 16                         | 244          | 28                         | 25                         | 295          | 39                         | 48                         |
| 194          | 28                         | 21                         | 245          | 52                         | 53                         | 296          | 39                         | 54                         |
| 195          | 21                         | 17                         | 246          | 50                         | 8                          | 297          | 63                         | 58                         |
| 196          | 31                         | 21                         | 247          | 26                         | 40                         | 298          | 53                         | 31                         |
| 197          | 21                         | 8                          | 248          | 48                         | 29                         | 299          | 51                         | 24                         |
| 198          | 0                          | 14                         | 249          | 54                         | 39                         | 300          | 48                         | 40                         |
| 199          | 0                          | 12                         | 250          | 60                         | 42                         | 301          | 39                         | 0                          |
| 200          | 3                          | 8                          | 251          | 48                         | 18                         | 302          | 35                         | 18                         |
| 201          | 3                          | 22                         | 252          | 54                         | 51                         | 303          | 36                         | 16                         |
| 202          | 12                         | 20                         | 253          | 88                         | 90                         | 304          | 29                         | 17                         |
| 203          | 14                         | 20                         | 254          | 103                        | 84                         | 305          | 28                         | 21                         |
| 204          | 16                         | 17                         | 255          | 103                        | 85                         | 306          | 31                         | 15                         |

| Temps | Régime normalisé | Couple normalisé | Temps | Régime normalisé | Couple normalisé | Temps | Régime normalisé | Couple normalisé |
|-------|------------------|------------------|-------|------------------|------------------|-------|------------------|------------------|
| (s)   | (%)              | (%)              | (s)   | (%)              | (%)              | (s)   | (%)              | (%)              |
| 307   | 31               | 10               | 358   | 29               | 0                | 409   | 34               | 43               |
| 308   | 43               | 19               | 359   | 18               | 13               | 410   | 68               | 83               |
| 309   | 49               | 63               | 360   | 25               | 11               | 411   | 102              | 48               |
| 310   | 78               | 61               | 361   | 28               | 24               | 412   | 62               | 0                |
| 311   | 78               | 46               | 362   | 34               | 53               | 413   | 41               | 39               |
| 312   | 66               | 65               | 363   | 65               | 83               | 414   | 71               | 86               |
| 313   | 78               | 97               | 364   | 80               | 44               | 415   | 91               | 52               |
| 314   | 84               | 63               | 365   | 77               | 46               | 416   | 89               | 55               |
| 315   | 57               | 26               | 366   | 76               | 50               | 417   | 89               | 56               |
| 316   | 36               | 22               | 367   | 45               | 52               | 418   | 88               | 58               |
| 317   | 20               | 34               | 368   | 61               | 98               | 419   | 78               | 69               |
| 318   | 19               | 8                | 369   | 61               | 69               | 420   | 98               | 39               |
| 319   | 9                | 10               | 370   | 63               | 49               | 421   | 64               | 61               |
| 320   | 5                | 5                | 371   | 32               | 0                | 422   | 90               | 34               |
| 321   | 7                | 11               | 372   | 10               | 8                | 423   | 88               | 38               |
| 322   | 15               | 15               | 373   | 17               | 7                | 424   | 97               | 62               |
| 323   | 12               | 9                | 374   | 16               | 13               | 425   | 100              | 53               |
| 324   | 13               | 27               | 375   | 11               | 6                | 426   | 81               | 58               |
| 325   | 15               | 28               | 376   | 9                | 5                | 427   | 74               | 51               |
| 326   | 16               | 28               | 377   | 9                | 12               | 428   | 76               | 57               |
| 327   | 16               | 31               | 378   | 12               | 46               | 429   | 76               | 72               |
| 328   | 15               | 20               | 379   | 15               | 30               | 430   | 85               | 72               |
| 329   | 17               | 0                | 380   | 26               | 28               | 431   | 84               | 60               |
| 330   | 20               | 34               | 381   | 13               | 9                | 432   | 83               | 72               |
| 331   | 21               | 25               | 382   | 16               | 21               | 433   | 83               | 72               |
| 332   | 20               | 0                | 383   | 24               | 4                | 434   | 86               | 72               |
| 333   | 23               | 25               | 384   | 36               | 43               | 435   | 89               | 72               |
| 334   | 30               | 58               | 385   | 65               | 85               | 436   | 86               | 72               |
| 335   | 63               | 96               | 386   | 78               | 66               | 437   | 87               | 72               |
| 336   | 83               | 60               | 387   | 63               | 39               | 438   | 88               | 72               |
| 337   | 61               | 0                | 388   | 32               | 34               | 439   | 88               | 71               |
| 338   | 26               | 0                | 389   | 46               | 55               | 440   | 87               | 72               |
| 339   | 29               | 44               | 390   | 47               | 42               | 441   | 85               | 71               |
| 340   | 68               | 97               | 391   | 42               | 39               | 442   | 88               | 72               |
| 341   | 80               | 97               | 392   | 27               | 0                | 443   | 88               | 72               |
| 342   | 88               | 97               | 393   | 14               | 5                | 444   | 84               | 72               |
| 343   | 99               | 88               | 394   | 14               | 14               | 445   | 83               | 73               |
| 344   | 102              | 86               | 395   | 24               | 54               | 446   | 77               | 73               |
| 345   | 100              | 82               | 396   | 60               | 90               | 447   | 74               | 73               |
| 346   | 74               | 79               | 397   | 53               | 66               | 448   | 76               | 72               |
| 347   | 57               | 79               | 398   | 70               | 48               | 449   | 46               | 77               |
| 348   | 76               | 97               | 399   | 77               | 93               | 450   | 78               | 62               |
| 349   | 84               | 97               | 400   | 79               | 67               | 451   | 79               | 35               |
| 350   | 86               | 97               | 401   | 46               | 65               | 452   | 82               | 38               |
| 351   | 81               | 98               | 402   | 69               | 98               | 453   | 81               | 41               |
| 352   | 83               | 83               | 403   | 80               | 97               | 454   | 79               | 37               |
| 353   | 65               | 96               | 404   | 74               | 97               | 455   | 78               | 35               |
| 354   | 93               | 72               | 405   | 75               | 98               | 456   | 78               | 38               |
| 355   | 63               | 60               | 406   | 56               | 61               | 457   | 78               | 46               |
| 356   | 72               | 49               | 407   | 42               | 0                | 458   | 75               | 49               |
| 357   | 56               | 27               | 408   | 36               | 32               | 459   | 73               | 50               |

| Temps<br>(s) | Régime<br>normalisé<br>(%) | Couple<br>normalisé<br>(%) | Temps<br>(s) | Régime<br>normalisé<br>(%) | Couple<br>normalisé<br>(%) | Temps<br>(s) | Régime<br>normalisé<br>(%) | Couple<br>normalisé<br>(%) |
|--------------|----------------------------|----------------------------|--------------|----------------------------|----------------------------|--------------|----------------------------|----------------------------|
| 460          | 79                         | 58                         | 511          | 85                         | 73                         | 562          | 43                         | 25                         |
| 461          | 79                         | 71                         | 512          | 84                         | 73                         | 563          | 30                         | 60                         |
| 462          | 83                         | 44                         | 513          | 85                         | 73                         | 564          | 40                         | 45                         |
| 463          | 53                         | 48                         | 514          | 86                         | 73                         | 565          | 37                         | 32                         |
| 464          | 40                         | 48                         | 515          | 85                         | 73                         | 566          | 37                         | 32                         |
| 465          | 51                         | 75                         | 516          | 85                         | 73                         | 567          | 43                         | 70                         |
| 466          | 75                         | 72                         | 517          | 85                         | 72                         | 568          | 70                         | 54                         |
| 467          | 89                         | 67                         | 518          | 85                         | 73                         | 569          | 77                         | 47                         |
| 468          | 93                         | 60                         | 519          | 83                         | 73                         | 570          | 79                         | 66                         |
| 469          | 89                         | 73                         | 520          | 79                         | 73                         | 571          | 85                         | 53                         |
| 470          | 86                         | 73                         | 521          | 78                         | 73                         | 572          | 83                         | 57                         |
| 471          | 81                         | 73                         | 522          | 81                         | 73                         | 573          | 86                         | 52                         |
| 472          | 78                         | 73                         | 523          | 82                         | 72                         | 574          | 85                         | 51                         |
| 473          | 78                         | 73                         | 524          | 94                         | 56                         | 575          | 70                         | 39                         |
| 474          | 76                         | 73                         | 525          | 66                         | 48                         | 576          | 50                         | 5                          |
| 475          | 79                         | 73                         | 526          | 35                         | 71                         | 577          | 38                         | 36                         |
| 476          | 82                         | 73                         | 527          | 51                         | 44                         | 578          | 30                         | 71                         |
| 477          | 86                         | 73                         | 528          | 60                         | 23                         | 579          | 75                         | 53                         |
| 478          | 88                         | 72                         | 529          | 64                         | 10                         | 580          | 84                         | 40                         |
| 479          | 92                         | 71                         | 530          | 63                         | 14                         | 581          | 85                         | 42                         |
| 480          | 97                         | 54                         | 531          | 70                         | 37                         | 582          | 86                         | 49                         |
| 481          | 73                         | 43                         | 532          | 76                         | 45                         | 583          | 86                         | 57                         |
| 482          | 36                         | 64                         | 533          | 78                         | 18                         | 584          | 89                         | 68                         |
| 483          | 63                         | 31                         | 534          | 76                         | 51                         | 585          | 99                         | 61                         |
| 484          | 78                         | 1                          | 535          | 75                         | 33                         | 586          | 77                         | 29                         |
| 485          | 69                         | 27                         | 536          | 81                         | 17                         | 587          | 81                         | 72                         |
| 486          | 67                         | 28                         | 537          | 76                         | 45                         | 588          | 89                         | 69                         |
| 487          | 72                         | 9                          | 538          | 76                         | 30                         | 589          | 49                         | 56                         |
| 488          | 71                         | 9                          | 539          | 80                         | 14                         | 590          | 79                         | 70                         |
| 489          | 78                         | 36                         | 540          | 71                         | 18                         | 591          | 104                        | 59                         |
| 490          | 81                         | 56                         | 541          | 71                         | 14                         | 592          | 103                        | 54                         |
| 491          | 75                         | 53                         | 542          | 71                         | 11                         | 593          | 102                        | 56                         |
| 492          | 60                         | 45                         | 543          | 65                         | 2                          | 594          | 102                        | 56                         |
| 493          | 50                         | 37                         | 544          | 31                         | 26                         | 595          | 103                        | 61                         |
| 494          | 66                         | 41                         | 545          | 24                         | 72                         | 596          | 102                        | 64                         |
| 495          | 51                         | 61                         | 546          | 64                         | 70                         | 597          | 103                        | 60                         |
| 496          | 68                         | 47                         | 547          | 77                         | 62                         | 598          | 93                         | 72                         |
| 497          | 29                         | 42                         | 548          | 80                         | 68                         | 599          | 86                         | 73                         |
| 498          | 24                         | 73                         | 549          | 83                         | 53                         | 600          | 76                         | 73                         |
| 499          | 64                         | 71                         | 550          | 83                         | 50                         | 601          | 59                         | 49                         |
| 500          | 90                         | 71                         | 551          | 83                         | 50                         | 602          | 46                         | 22                         |
| 501          | 100                        | 61                         | 552          | 85                         | 43                         | 603          | 40                         | 65                         |
| 502          | 94                         | 73                         | 553          | 86                         | 45                         | 604          | 72                         | 31                         |
| 503          | 84                         | 73                         | 554          | 89                         | 35                         | 605          | 72                         | 27                         |
| 504          | 79                         | 73                         | 555          | 82                         | 61                         | 606          | 67                         | 44                         |
| 505          | 75                         | 72                         | 556          | 87                         | 50                         | 607          | 68                         | 37                         |
| 506          | 78                         | 73                         | 557          | 85                         | 55                         | 608          | 67                         | 42                         |
| 507          | 80                         | 73                         | 558          | 89                         | 49                         | 609          | 68                         | 50                         |
| 508          | 81                         | 73                         | 559          | 87                         | 70                         | 610          | 77                         | 43                         |
| 509          | 81                         | 73                         | 560          | 91                         | 39                         | 611          | 58                         | 4                          |
| 510          | 83                         | 73                         | 561          | 72                         | 3                          | 612          | 22                         | 37                         |

| Temps<br>(s) | Régime<br>normalisé<br>(%) | Couple<br>normalisé<br>(%) | Temps<br>(s) | Régime<br>normalisé<br>(%) | Couple<br>normalisé<br>(%) | Temps<br>(s) | Régime<br>normalisé<br>(%) | Couple<br>normalisé<br>(%) |
|--------------|----------------------------|----------------------------|--------------|----------------------------|----------------------------|--------------|----------------------------|----------------------------|
| 613          | 57                         | 69                         | 664          | 92                         | 72                         | 715          | 102                        | 64                         |
| 614          | 68                         | 38                         | 665          | 91                         | 72                         | 716          | 102                        | 69                         |
| 615          | 73                         | 2                          | 666          | 90                         | 71                         | 717          | 102                        | 68                         |
| 616          | 40                         | 14                         | 667          | 90                         | 71                         | 718          | 102                        | 70                         |
| 617          | 42                         | 38                         | 668          | 91                         | 71                         | 719          | 102                        | 69                         |
| 618          | 64                         | 69                         | 669          | 90                         | 70                         | 720          | 102                        | 70                         |
| 619          | 64                         | 74                         | 670          | 90                         | 72                         | 721          | 102                        | 70                         |
| 620          | 67                         | 73                         | 671          | 91                         | 71                         | 722          | 102                        | 62                         |
| 621          | 65                         | 73                         | 672          | 90                         | 71                         | 723          | 104                        | 38                         |
| 622          | 68                         | 73                         | 673          | 90                         | 71                         | 724          | 104                        | 15                         |
| 623          | 65                         | 49                         | 674          | 92                         | 72                         | 725          | 102                        | 24                         |
| 624          | 81                         | 0                          | 675          | 93                         | 69                         | 726          | 102                        | 45                         |
| 625          | 37                         | 25                         | 676          | 90                         | 70                         | 727          | 102                        | 47                         |
| 626          | 24                         | 69                         | 677          | 93                         | 72                         | 728          | 104                        | 40                         |
| 627          | 68                         | 71                         | 678          | 91                         | 70                         | 729          | 101                        | 52                         |
| 628          | 70                         | 71                         | 679          | 89                         | 71                         | 730          | 103                        | 32                         |
| 629          | 76                         | 70                         | 680          | 91                         | 71                         | 731          | 102                        | 50                         |
| 630          | 71                         | 72                         | 681          | 90                         | 71                         | 732          | 103                        | 30                         |
| 631          | 73                         | 69                         | 682          | 90                         | 71                         | 733          | 103                        | 44                         |
| 632          | 76                         | 70                         | 683          | 92                         | 71                         | 734          | 102                        | 40                         |
| 633          | 77                         | 72                         | 684          | 91                         | 71                         | 735          | 103                        | 43                         |
| 634          | 77                         | 72                         | 685          | 93                         | 71                         | 736          | 103                        | 41                         |
| 635          | 77                         | 72                         | 686          | 93                         | 68                         | 737          | 102                        | 46                         |
| 636          | 77                         | 70                         | 687          | 98                         | 68                         | 738          | 103                        | 39                         |
| 637          | 76                         | 71                         | 688          | 98                         | 67                         | 739          | 102                        | 41                         |
| 638          | 76                         | 71                         | 689          | 100                        | 69                         | 740          | 103                        | 41                         |
| 639          | 77                         | 71                         | 690          | 99                         | 68                         | 741          | 102                        | 38                         |
| 640          | 77                         | 71                         | 691          | 100                        | 71                         | 742          | 103                        | 39                         |
| 641          | 78                         | 70                         | 692          | 99                         | 68                         | 743          | 102                        | 46                         |
| 642          | 77                         | 70                         | 693          | 100                        | 69                         | 744          | 104                        | 46                         |
| 643          | 77                         | 71                         | 694          | 102                        | 72                         | 745          | 103                        | 49                         |
| 644          | 79                         | 72                         | 695          | 101                        | 69                         | 746          | 102                        | 45                         |
| 645          | 78                         | 70                         | 696          | 100                        | 69                         | 747          | 103                        | 42                         |
| 646          | 80                         | 70                         | 697          | 102                        | 71                         | 748          | 103                        | 46                         |
| 647          | 82                         | 71                         | 698          | 102                        | 71                         | 749          | 103                        | 38                         |
| 648          | 84                         | 71                         | 699          | 102                        | 69                         | 750          | 102                        | 48                         |
| 649          | 83                         | 71                         | 700          | 102                        | 71                         | 751          | 103                        | 35                         |
| 650          | 83                         | 73                         | 701          | 102                        | 68                         | 752          | 102                        | 48                         |
| 651          | 81                         | 70                         | 702          | 100                        | 69                         | 753          | 103                        | 49                         |
| 652          | 80                         | 71                         | 703          | 102                        | 70                         | 754          | 102                        | 48                         |
| 653          | 78                         | 71                         | 704          | 102                        | 68                         | 755          | 102                        | 46                         |
| 654          | 76                         | 70                         | 705          | 102                        | 70                         | 756          | 103                        | 47                         |
| 655          | 76                         | 70                         | 706          | 102                        | 72                         | 757          | 102                        | 49                         |
| 656          | 76                         | 71                         | 707          | 102                        | 68                         | 758          | 102                        | 42                         |
| 657          | 79                         | 71                         | 708          | 102                        | 69                         | 759          | 102                        | 52                         |
| 658          | 78                         | 71                         | 709          | 100                        | 68                         | 760          | 102                        | 57                         |
| 659          | 81                         | 70                         | 710          | 102                        | 71                         | 761          | 102                        | 55                         |
| 660          | 83                         | 72                         | 711          | 101                        | 64                         | 762          | 102                        | 61                         |
| 661          | 84                         | 71                         | 712          | 102                        | 69                         | 763          | 102                        | 61                         |
| 662          | 86                         | 71                         | 713          | 102                        | 69                         | 764          | 102                        | 58                         |
| 663          | 87                         | 71                         | 714          | 101                        | 69                         | 765          | 103                        | 58                         |



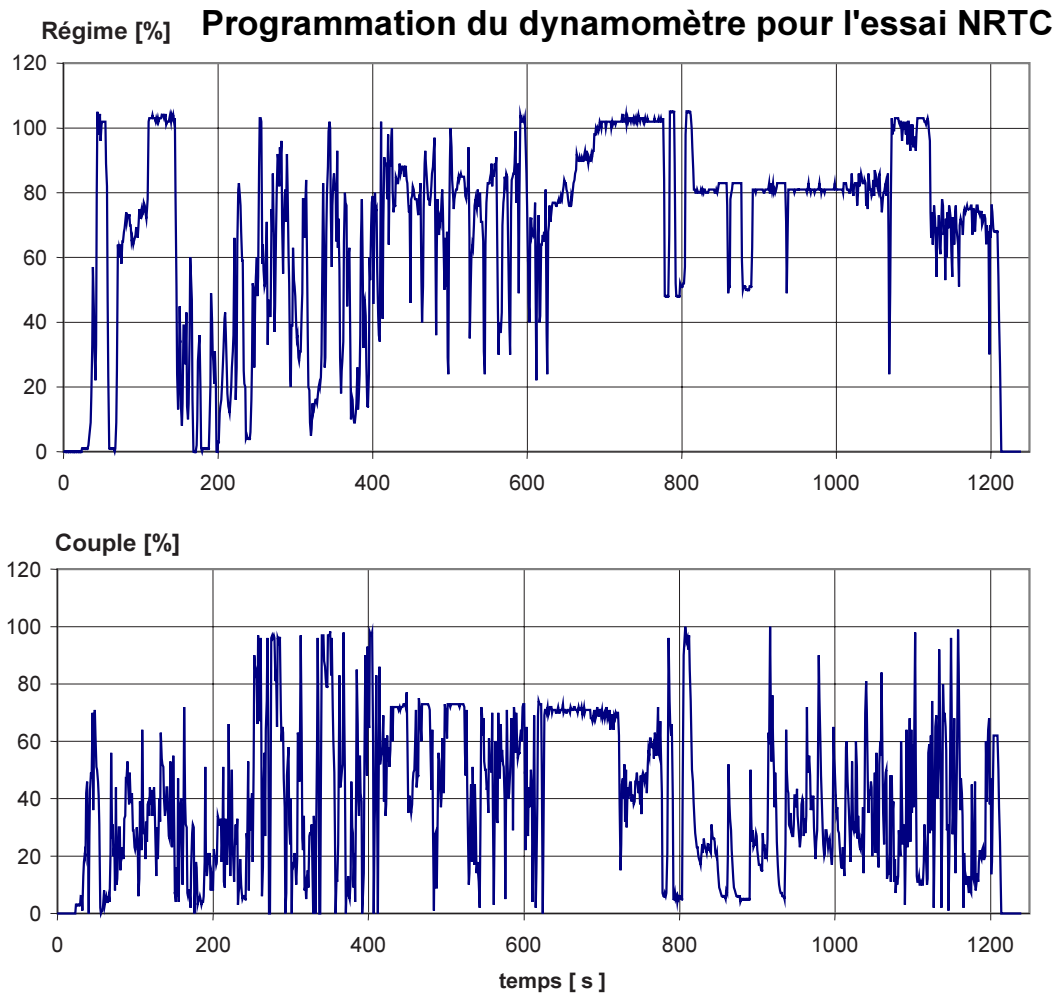
| Temps<br>(s) | Régime<br>normalisé<br>(%) | Couple<br>normalisé<br>(%) | Temps<br>(s) | Régime<br>normalisé<br>(%) | Couple<br>normalisé<br>(%) | Temps<br>(s) | Régime<br>normalisé<br>(%) | Couple<br>normalisé<br>(%) |
|--------------|----------------------------|----------------------------|--------------|----------------------------|----------------------------|--------------|----------------------------|----------------------------|
| 766          | 102                        | 59                         | 817          | 81                         | 46                         | 868          | 83                         | 16                         |
| 767          | 102                        | 54                         | 818          | 80                         | 39                         | 869          | 83                         | 12                         |
| 768          | 102                        | 63                         | 819          | 80                         | 32                         | 870          | 83                         | 9                          |
| 769          | 102                        | 61                         | 820          | 81                         | 28                         | 871          | 83                         | 8                          |
| 770          | 103                        | 55                         | 821          | 80                         | 26                         | 872          | 83                         | 7                          |
| 771          | 102                        | 60                         | 822          | 80                         | 23                         | 873          | 83                         | 6                          |
| 772          | 102                        | 72                         | 823          | 80                         | 23                         | 874          | 83                         | 6                          |
| 773          | 103                        | 56                         | 824          | 80                         | 20                         | 875          | 83                         | 6                          |
| 774          | 102                        | 55                         | 825          | 81                         | 19                         | 876          | 83                         | 6                          |
| 775          | 102                        | 67                         | 826          | 80                         | 18                         | 877          | 83                         | 6                          |
| 776          | 103                        | 56                         | 827          | 81                         | 17                         | 878          | 59                         | 4                          |
| 777          | 84                         | 42                         | 828          | 80                         | 20                         | 879          | 50                         | 5                          |
| 778          | 48                         | 7                          | 829          | 81                         | 24                         | 880          | 51                         | 5                          |
| 779          | 48                         | 6                          | 830          | 81                         | 21                         | 881          | 51                         | 5                          |
| 780          | 48                         | 6                          | 831          | 80                         | 26                         | 882          | 51                         | 5                          |
| 781          | 48                         | 7                          | 832          | 80                         | 24                         | 883          | 50                         | 5                          |
| 782          | 48                         | 6                          | 833          | 80                         | 23                         | 884          | 50                         | 5                          |
| 783          | 48                         | 7                          | 834          | 80                         | 22                         | 885          | 50                         | 5                          |
| 784          | 67                         | 21                         | 835          | 81                         | 21                         | 886          | 50                         | 5                          |
| 785          | 105                        | 59                         | 836          | 81                         | 24                         | 887          | 50                         | 5                          |
| 786          | 105                        | 96                         | 837          | 81                         | 24                         | 888          | 51                         | 5                          |
| 787          | 105                        | 74                         | 838          | 81                         | 22                         | 889          | 51                         | 5                          |
| 788          | 105                        | 66                         | 839          | 81                         | 22                         | 890          | 51                         | 5                          |
| 789          | 105                        | 62                         | 840          | 81                         | 21                         | 891          | 63                         | 50                         |
| 790          | 105                        | 66                         | 841          | 81                         | 31                         | 892          | 81                         | 34                         |
| 791          | 89                         | 41                         | 842          | 81                         | 27                         | 893          | 81                         | 25                         |
| 792          | 52                         | 5                          | 843          | 80                         | 26                         | 894          | 81                         | 29                         |
| 793          | 48                         | 5                          | 844          | 80                         | 26                         | 895          | 81                         | 23                         |
| 794          | 48                         | 7                          | 845          | 81                         | 25                         | 896          | 80                         | 24                         |
| 795          | 48                         | 5                          | 846          | 80                         | 21                         | 897          | 81                         | 24                         |
| 796          | 48                         | 6                          | 847          | 81                         | 20                         | 898          | 81                         | 28                         |
| 797          | 48                         | 4                          | 848          | 83                         | 21                         | 899          | 81                         | 27                         |
| 798          | 52                         | 6                          | 849          | 83                         | 15                         | 900          | 81                         | 22                         |
| 799          | 51                         | 5                          | 850          | 83                         | 12                         | 901          | 81                         | 19                         |
| 800          | 51                         | 6                          | 851          | 83                         | 9                          | 902          | 81                         | 17                         |
| 801          | 51                         | 6                          | 852          | 83                         | 8                          | 903          | 81                         | 17                         |
| 802          | 52                         | 5                          | 853          | 83                         | 7                          | 904          | 81                         | 17                         |
| 803          | 52                         | 5                          | 854          | 83                         | 6                          | 905          | 81                         | 15                         |
| 804          | 57                         | 44                         | 855          | 83                         | 6                          | 906          | 80                         | 15                         |
| 805          | 98                         | 90                         | 856          | 83                         | 6                          | 907          | 80                         | 28                         |
| 806          | 105                        | 94                         | 857          | 83                         | 6                          | 908          | 81                         | 22                         |
| 807          | 105                        | 100                        | 858          | 83                         | 6                          | 909          | 81                         | 24                         |
| 808          | 105                        | 98                         | 859          | 76                         | 5                          | 910          | 81                         | 19                         |
| 809          | 105                        | 95                         | 860          | 49                         | 8                          | 911          | 81                         | 21                         |
| 810          | 105                        | 96                         | 861          | 51                         | 7                          | 912          | 81                         | 20                         |
| 811          | 105                        | 92                         | 862          | 51                         | 20                         | 913          | 83                         | 26                         |
| 812          | 104                        | 97                         | 863          | 78                         | 52                         | 914          | 80                         | 63                         |
| 813          | 100                        | 85                         | 864          | 80                         | 38                         | 915          | 80                         | 59                         |
| 814          | 94                         | 74                         | 865          | 81                         | 33                         | 916          | 83                         | 100                        |
| 815          | 87                         | 62                         | 866          | 83                         | 29                         | 917          | 81                         | 73                         |
| 816          | 81                         | 50                         | 867          | 83                         | 22                         | 918          | 83                         | 53                         |

| Temps<br>(s) | Régime<br>normalisé<br>(%) | Couple<br>normalisé<br>(%) | Temps<br>(s) | Régime<br>normalisé<br>(%) | Couple<br>normalisé<br>(%) | Temps<br>(s) | Régime<br>normalisé<br>(%) | Couple<br>normalisé<br>(%) |
|--------------|----------------------------|----------------------------|--------------|----------------------------|----------------------------|--------------|----------------------------|----------------------------|
| 919          | 80                         | 76                         | 970          | 81                         | 39                         | 1021         | 82                         | 35                         |
| 920          | 81                         | 61                         | 971          | 81                         | 38                         | 1022         | 79                         | 53                         |
| 921          | 80                         | 50                         | 972          | 80                         | 41                         | 1023         | 82                         | 30                         |
| 922          | 81                         | 37                         | 973          | 81                         | 30                         | 1024         | 83                         | 29                         |
| 923          | 82                         | 49                         | 974          | 81                         | 23                         | 1025         | 83                         | 32                         |
| 924          | 83                         | 37                         | 975          | 81                         | 19                         | 1026         | 83                         | 28                         |
| 925          | 83                         | 25                         | 976          | 81                         | 25                         | 1027         | 76                         | 60                         |
| 926          | 83                         | 17                         | 977          | 81                         | 29                         | 1028         | 79                         | 51                         |
| 927          | 83                         | 13                         | 978          | 83                         | 47                         | 1029         | 86                         | 26                         |
| 928          | 83                         | 10                         | 979          | 81                         | 90                         | 1030         | 82                         | 34                         |
| 929          | 83                         | 8                          | 980          | 81                         | 75                         | 1031         | 84                         | 25                         |
| 930          | 83                         | 7                          | 981          | 80                         | 60                         | 1032         | 86                         | 23                         |
| 931          | 83                         | 7                          | 982          | 81                         | 48                         | 1033         | 85                         | 22                         |
| 932          | 83                         | 6                          | 983          | 81                         | 41                         | 1034         | 83                         | 26                         |
| 933          | 83                         | 6                          | 984          | 81                         | 30                         | 1035         | 83                         | 25                         |
| 934          | 83                         | 6                          | 985          | 80                         | 24                         | 1036         | 83                         | 37                         |
| 935          | 71                         | 5                          | 986          | 81                         | 20                         | 1037         | 84                         | 14                         |
| 936          | 49                         | 24                         | 987          | 81                         | 21                         | 1038         | 83                         | 39                         |
| 937          | 69                         | 64                         | 988          | 81                         | 29                         | 1039         | 76                         | 70                         |
| 938          | 81                         | 50                         | 989          | 81                         | 29                         | 1040         | 78                         | 81                         |
| 939          | 81                         | 43                         | 990          | 81                         | 27                         | 1041         | 75                         | 71                         |
| 940          | 81                         | 42                         | 991          | 81                         | 23                         | 1042         | 86                         | 47                         |
| 941          | 81                         | 31                         | 992          | 81                         | 25                         | 1043         | 83                         | 35                         |
| 942          | 81                         | 30                         | 993          | 81                         | 26                         | 1044         | 81                         | 43                         |
| 943          | 81                         | 35                         | 994          | 81                         | 22                         | 1045         | 81                         | 41                         |
| 944          | 81                         | 28                         | 995          | 81                         | 20                         | 1046         | 79                         | 46                         |
| 945          | 81                         | 27                         | 996          | 81                         | 17                         | 1047         | 80                         | 44                         |
| 946          | 80                         | 27                         | 997          | 81                         | 23                         | 1048         | 84                         | 20                         |
| 947          | 81                         | 31                         | 998          | 83                         | 65                         | 1049         | 79                         | 31                         |
| 948          | 81                         | 41                         | 999          | 81                         | 54                         | 1050         | 87                         | 29                         |
| 949          | 81                         | 41                         | 1000         | 81                         | 50                         | 1051         | 82                         | 49                         |
| 950          | 81                         | 37                         | 1001         | 81                         | 41                         | 1052         | 84                         | 21                         |
| 951          | 81                         | 43                         | 1002         | 81                         | 35                         | 1053         | 82                         | 56                         |
| 952          | 81                         | 34                         | 1003         | 81                         | 37                         | 1054         | 81                         | 30                         |
| 953          | 81                         | 31                         | 1004         | 81                         | 29                         | 1055         | 85                         | 21                         |
| 954          | 81                         | 26                         | 1005         | 81                         | 28                         | 1056         | 86                         | 16                         |
| 955          | 81                         | 23                         | 1006         | 81                         | 24                         | 1057         | 79                         | 52                         |
| 956          | 81                         | 27                         | 1007         | 81                         | 19                         | 1058         | 78                         | 60                         |
| 957          | 81                         | 38                         | 1008         | 81                         | 16                         | 1059         | 74                         | 55                         |
| 958          | 81                         | 40                         | 1009         | 80                         | 16                         | 1060         | 78                         | 84                         |
| 959          | 81                         | 39                         | 1010         | 83                         | 23                         | 1061         | 80                         | 54                         |
| 960          | 81                         | 27                         | 1011         | 83                         | 17                         | 1062         | 80                         | 35                         |
| 961          | 81                         | 33                         | 1012         | 83                         | 13                         | 1063         | 82                         | 24                         |
| 962          | 80                         | 28                         | 1013         | 83                         | 27                         | 1064         | 83                         | 43                         |
| 963          | 81                         | 34                         | 1014         | 81                         | 58                         | 1065         | 79                         | 49                         |
| 964          | 83                         | 72                         | 1015         | 81                         | 60                         | 1066         | 83                         | 50                         |
| 965          | 81                         | 49                         | 1016         | 81                         | 46                         | 1067         | 86                         | 12                         |
| 966          | 81                         | 51                         | 1017         | 80                         | 41                         | 1068         | 64                         | 14                         |
| 967          | 80                         | 55                         | 1018         | 80                         | 36                         | 1069         | 24                         | 14                         |
| 968          | 81                         | 48                         | 1019         | 81                         | 26                         | 1070         | 49                         | 21                         |
| 969          | 81                         | 36                         | 1020         | 86                         | 18                         | 1071         | 77                         | 48                         |

| Temps<br>(s) | Régime<br>normalisé<br>(%) | Couple<br>normalisé<br>(%) | Temps<br>(s) | Régime<br>normalisé<br>(%) | Couple<br>normalisé<br>(%) | Temps<br>(s) | Régime<br>normalisé<br>(%) | Couple<br>normalisé<br>(%) |
|--------------|----------------------------|----------------------------|--------------|----------------------------|----------------------------|--------------|----------------------------|----------------------------|
| 1072         | 103                        | 11                         | 1123         | 66                         | 62                         | 1174         | 76                         | 8                          |
| 1073         | 98                         | 48                         | 1124         | 74                         | 29                         | 1175         | 76                         | 7                          |
| 1074         | 101                        | 34                         | 1125         | 64                         | 74                         | 1176         | 67                         | 45                         |
| 1075         | 99                         | 39                         | 1126         | 69                         | 40                         | 1177         | 75                         | 13                         |
| 1076         | 103                        | 11                         | 1127         | 76                         | 2                          | 1178         | 75                         | 12                         |
| 1077         | 103                        | 19                         | 1128         | 72                         | 29                         | 1179         | 73                         | 21                         |
| 1078         | 103                        | 7                          | 1129         | 66                         | 65                         | 1180         | 68                         | 46                         |
| 1079         | 103                        | 13                         | 1130         | 54                         | 69                         | 1181         | 74                         | 8                          |
| 1080         | 103                        | 10                         | 1131         | 69                         | 56                         | 1182         | 76                         | 11                         |
| 1081         | 102                        | 13                         | 1132         | 69                         | 40                         | 1183         | 76                         | 14                         |
| 1082         | 101                        | 29                         | 1133         | 73                         | 54                         | 1184         | 74                         | 11                         |
| 1083         | 102                        | 25                         | 1134         | 63                         | 92                         | 1185         | 74                         | 18                         |
| 1084         | 102                        | 20                         | 1135         | 61                         | 67                         | 1186         | 73                         | 22                         |
| 1085         | 96                         | 60                         | 1136         | 72                         | 42                         | 1187         | 74                         | 20                         |
| 1086         | 99                         | 38                         | 1137         | 78                         | 2                          | 1188         | 74                         | 19                         |
| 1087         | 102                        | 24                         | 1138         | 76                         | 34                         | 1189         | 70                         | 22                         |
| 1088         | 100                        | 31                         | 1139         | 67                         | 80                         | 1190         | 71                         | 23                         |
| 1089         | 100                        | 28                         | 1140         | 70                         | 67                         | 1191         | 73                         | 19                         |
| 1090         | 98                         | 3                          | 1141         | 53                         | 70                         | 1192         | 73                         | 19                         |
| 1091         | 102                        | 26                         | 1142         | 72                         | 65                         | 1193         | 72                         | 20                         |
| 1092         | 95                         | 64                         | 1143         | 60                         | 57                         | 1194         | 64                         | 60                         |
| 1093         | 102                        | 23                         | 1144         | 74                         | 29                         | 1195         | 70                         | 39                         |
| 1094         | 102                        | 25                         | 1145         | 69                         | 31                         | 1196         | 66                         | 56                         |
| 1095         | 98                         | 42                         | 1146         | 76                         | 1                          | 1197         | 68                         | 64                         |
| 1096         | 93                         | 68                         | 1147         | 74                         | 22                         | 1198         | 30                         | 68                         |
| 1097         | 101                        | 25                         | 1148         | 72                         | 52                         | 1199         | 70                         | 38                         |
| 1098         | 95                         | 64                         | 1149         | 62                         | 96                         | 1200         | 66                         | 47                         |
| 1099         | 101                        | 35                         | 1150         | 54                         | 72                         | 1201         | 76                         | 14                         |
| 1100         | 94                         | 59                         | 1151         | 72                         | 28                         | 1202         | 74                         | 18                         |
| 1101         | 97                         | 37                         | 1152         | 72                         | 35                         | 1203         | 69                         | 46                         |
| 1102         | 97                         | 60                         | 1153         | 64                         | 68                         | 1204         | 68                         | 62                         |
| 1103         | 93                         | 98                         | 1154         | 74                         | 27                         | 1205         | 68                         | 62                         |
| 1104         | 98                         | 53                         | 1155         | 76                         | 14                         | 1206         | 68                         | 62                         |
| 1105         | 103                        | 13                         | 1156         | 69                         | 38                         | 1207         | 68                         | 62                         |
| 1106         | 103                        | 11                         | 1157         | 66                         | 59                         | 1208         | 68                         | 62                         |
| 1107         | 103                        | 11                         | 1158         | 64                         | 99                         | 1209         | 68                         | 62                         |
| 1108         | 103                        | 13                         | 1159         | 51                         | 86                         | 1210         | 54                         | 50                         |
| 1109         | 103                        | 10                         | 1160         | 70                         | 53                         | 1211         | 41                         | 37                         |
| 1110         | 103                        | 10                         | 1161         | 72                         | 36                         | 1212         | 27                         | 25                         |
| 1111         | 103                        | 11                         | 1162         | 71                         | 47                         | 1213         | 14                         | 12                         |
| 1112         | 103                        | 10                         | 1163         | 70                         | 42                         | 1214         | 0                          | 0                          |
| 1113         | 103                        | 10                         | 1164         | 67                         | 34                         | 1215         | 0                          | 0                          |
| 1114         | 102                        | 18                         | 1165         | 74                         | 2                          | 1216         | 0                          | 0                          |
| 1115         | 102                        | 31                         | 1166         | 75                         | 21                         | 1217         | 0                          | 0                          |
| 1116         | 101                        | 24                         | 1167         | 74                         | 15                         | 1218         | 0                          | 0                          |
| 1117         | 102                        | 19                         | 1168         | 75                         | 13                         | 1219         | 0                          | 0                          |
| 1118         | 103                        | 10                         | 1169         | 76                         | 10                         | 1220         | 0                          | 0                          |
| 1119         | 102                        | 12                         | 1170         | 75                         | 13                         | 1221         | 0                          | 0                          |
| 1120         | 99                         | 56                         | 1171         | 75                         | 10                         | 1222         | 0                          | 0                          |
| 1121         | 96                         | 59                         | 1172         | 75                         | 7                          | 1223         | 0                          | 0                          |
| 1122         | 74                         | 28                         | 1173         | 75                         | 13                         | 1224         | 0                          | 0                          |

| Temps<br>(s) | Régime<br>normalisé<br>(%) | Couple<br>normalisé<br>(%) | Temps<br>(s) | Régime<br>normalisé<br>(%) | Couple<br>normalisé<br>(%) | Temps<br>(s) | Régime<br>normalisé<br>(%) | Couple<br>normalisé<br>(%) |
|--------------|----------------------------|----------------------------|--------------|----------------------------|----------------------------|--------------|----------------------------|----------------------------|
| 1225         | 0                          | 0                          |              |                            |                            |              |                            |                            |
| 1226         | 0                          | 0                          |              |                            |                            |              |                            |                            |
| 1227         | 0                          | 0                          |              |                            |                            |              |                            |                            |
| 1228         | 0                          | 0                          |              |                            |                            |              |                            |                            |
| 1229         | 0                          | 0                          |              |                            |                            |              |                            |                            |
| 1230         | 0                          | 0                          |              |                            |                            |              |                            |                            |
| 1231         | 0                          | 0                          |              |                            |                            |              |                            |                            |
| 1232         | 0                          | 0                          |              |                            |                            |              |                            |                            |
| 1233         | 0                          | 0                          |              |                            |                            |              |                            |                            |
| 1234         | 0                          | 0                          |              |                            |                            |              |                            |                            |
| 1235         | 0                          | 0                          |              |                            |                            |              |                            |                            |
| 1236         | 0                          | 0                          |              |                            |                            |              |                            |                            |
| 1237         | 0                          | 0                          |              |                            |                            |              |                            |                            |
| 1238         | 0                          | 0                          |              |                            |                            |              |                            |                            |

La figure ci-dessous est une représentation graphique de la programmation du dynamomètre pour l'essai NRTC.



## Appendice 5

## EXIGENCES DE DURABILITÉ

## 1. PÉRIODE DE DURABILITÉ DES CARACTÉRISTIQUES D'ÉMISSIONS ET FACTEURS DE DÉTÉRIORATION

Le présent appendice s'applique uniquement aux moteurs à allumage par compression des phases III A, III B et IV.

1.1. Pour chaque polluant réglementé, les constructeurs établissent un facteur de détérioration (FD) pour toutes les familles de moteurs des phases III A et III B. Ces FD sont utilisés pour la réception par type et les essais des moteurs sur la chaîne de production.

1.1.1 Les essais en vue de la détermination des FD sont effectués comme suit.

1.1.1.1 Le constructeur procède à des essais de durabilité pour accumuler des heures de fonctionnement des moteurs, selon un programme d'essais qui, sur la base d'une bonne appréciation technique, est élaboré de manière à être représentatif de la détérioration des caractéristiques d'émissions lors du fonctionnement du moteur dans les conditions normales d'utilisation. La période d'essai de durabilité devrait normalement représenter au moins l'équivalent d'un quart de la période de durabilité des caractéristiques d'émissions (PDCE).

Les heures de fonctionnement peuvent être accumulées en faisant fonctionner le moteur sur un banc dynamométrique ou dans des conditions réelles de fonctionnement. Des essais de durabilité accélérés peuvent être effectués en exécutant les essais du programme pour l'accumulation d'heures de fonctionnement avec un facteur de charge plus élevé que dans les conditions normales d'utilisation. Le facteur d'accélération, c'est-à-dire le nombre d'heures d'essai de durabilité du moteur par rapport au nombre équivalent d'heures PDCE, est déterminé par le constructeur sur la base d'une bonne appréciation technique.

Au cours de la période d'essai de durabilité, aucun élément important sur le plan des émissions ne peut être révisé ou remplacé en dehors de ce qui est prévu par le programme normal d'entretien recommandé par le constructeur.

Sur la base d'une bonne appréciation technique, le constructeur choisit le moteur, les sous-systèmes ou les composants à utiliser pour déterminer les FD des émissions d'une famille de moteurs ou de familles de moteurs dotées de techniques comparables en matière de réduction des émissions. Le moteur soumis à l'essai doit représenter les caractéristiques de détérioration des émissions des familles de moteurs qui auxquelles seront appliquées les valeurs FD aux fins de la réception par type. Les moteurs qui diffèrent au niveau de l'alésage et de la course, de la configuration, de la gestion de l'air et de l'alimentation peuvent être considérés comme équivalents en ce qui concerne les caractéristiques de détérioration des émissions si cette équivalence est étayée par des éléments techniques suffisants.

Les FD d'autres constructeurs peuvent être utilisés si on peut considérer raisonnablement qu'il existe une équivalence technologique en matière de détérioration des émissions et si on peut démontrer que les essais ont été effectués selon les exigences prescrites.

Les essais d'émission sont effectués conformément aux procédures décrites dans la présente directive, après le rodage initial du moteur, mais avant toute accumulation d'heures de fonctionnement et après la période d'essai de durabilité. Des essais d'émission peuvent aussi être effectués à intervalles pendant la période d'accumulation d'heures de fonctionnement et les données obtenues peuvent être utilisées pour déterminer la tendance à la détérioration des émissions.

1.1.1.2 L'autorité compétente en matière de réception ne peut pas assister aux essais d'accumulation d'heures de fonctionnement ou aux essais d'émission effectués pour déterminer la détérioration des caractéristiques d'émission.

1.1.1.3 Détermination des FD sur la base des essais de durabilité

Un FD additif est défini comme étant la valeur obtenue en soustrayant la valeur d'émission déterminée au début de la PDCE de la valeur d'émission déterminée à la fin de la PDCE.

Un FD multiplicateur est défini comme étant le niveau d'émission déterminé à la fin de la PDCE divisé par la valeur d'émission enregistrée au début de la PDCE.

Des valeurs FD distinctes sont établies pour chacun des polluants couverts par la législation. La valeur d'un FD additif pour la norme NO<sub>x</sub>+HC est déterminée sur la base de la somme des polluants, nonobstant le fait qu'une valeur de détérioration négative pour un polluant peut ne pas compenser la détérioration pour l'autre polluant. Dans le cas d'un FD multiplicateur pour les NO<sub>x</sub>+HC, des FD séparés sont déterminés pour les HC et les NO<sub>x</sub>; ces valeurs sont appliquées séparément lors du calcul des niveaux d'émission détériorés à partir du résultat d'un essai d'émission, avant de combiner les valeurs de détérioration des émissions de NO<sub>x</sub> et de HC afin de déterminer si la norme est respectée.

Dans les cas où les essais ne sont pas effectués pendant toute la PDCE, les valeurs d'émission à la fin de la PDCE sont déterminées par extrapolation à toute la PDCE de la tendance de détérioration des émissions établie pendant la période d'essai.

Lorsque les résultats des essais d'émission ont été enregistrés périodiquement au cours de la période d'essai de durabilité, des techniques de traitement statistique standard basées sur les règles de l'art sont appliquées pour déterminer les niveaux d'émission à la fin de la PDCE; une analyse de la signification statistique peut être effectuée lors de la détermination des valeurs d'émission finales.

Si le résultat du calcul est une valeur inférieure à 1,00 pour un FD multiplicateur ou inférieure à 0,00 pour un FD additif, le FD est de 1,0 ou 0,00 respectivement.

- 1.1.1.4 Avec l'accord de l'autorité compétente en matière de réception, un constructeur peut utiliser des valeurs FD établies à partir des résultats d'essais de durabilité effectués pour obtenir des valeurs FD pour la réception de moteurs à combustion interne destinés aux poids lourds routiers. Cette possibilité est autorisée s'il existe une équivalence technologique entre le moteur routier soumis à l'essai et la famille de moteurs non routiers auxquels sont appliquées les valeurs FD en vue de leur réception. Les valeurs FD dérivées des résultats d'essais de durabilité des émissions de moteurs routiers doivent être calculées sur la base des valeurs PCDE définies au point 2.
- 1.1.1.5 Dans le cas où une famille de moteurs utilise une technologie bien établie, les essais peuvent être remplacés par une analyse reposant sur les règles de l'art pour déterminer un facteur de détérioration pour cette famille de moteurs, moyennant l'accord de l'autorité compétente en matière de réception.
- 1.2 Informations relatives aux FD dans les demandes de réception par type
- 1.2.1 Les FD additifs sont spécifiés pour chaque polluant dans la demande de réception par type d'une famille de moteurs à allumage par compression non dotés d'un dispositif de post-traitement.
- 1.2.2 Les FD multiplicateurs sont spécifiés pour chaque polluant dans la demande de réception par type d'une famille de moteurs à allumage par compression dotés d'un dispositif de post-traitement.
- 1.2.3 À la demande de l'autorité compétente en matière de réception, le constructeur transmet à celle-ci les informations étayant les valeurs FD établies. Ces informations comprennent généralement les résultats des essais d'émission, du programme pour l'accumulation d'heures de fonctionnement, des procédures d'entretien, ainsi que, le cas échéant, des informations à l'appui des appréciations techniques relatives à l'équivalence technologique.
2. PÉRIODES DE DURABILITÉ DES CARACTÉRISTIQUES D'ÉMISSIONS POUR LES MOTEURS DES PHASES III A, III B ET IV.
- 2.1. Les constructeurs utilisent les PDCE indiquées dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1. Catégories de période de durabilité des caractéristiques d'émission pour les moteurs à allumage par compression des phases III A, III B et IV (heures)

| Catégorie (gamme de puissance)   | Durée de vie utile (heures)<br>PDCE |
|--|-------------------------------------|
| ≤ 37 kW<br>(moteurs à vitesse constante)                                 | 3 000                               |
| ≤ 37 kW<br>(moteurs à vitesse non constante )                            | 5 000                               |
| > 37 kW  | 8 000                               |
| Moteurs destinés à la propulsion des bateaux de la navigation intérieure | 10 000                              |
| Moteurs d'autorails  | 10 000                              |

3. L'ANNEXE V EST MODIFIÉE COMME SUIT:

- 1) Les titres sont remplacés par les textes suivants:

"CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DU CARBURANT DE RÉFÉRENCE À UTILISER POUR LES ESSAIS DE RÉCEPTION ET LE CONTRÔLE DE LA CONFORMITÉ DE LA PRODUCTION

CARBURANT DE RÉFÉRENCE POUR LES MOTEURS À ALLUMAGE PAR COMPRESSION UTILISÉS SUR DES ENGINs MOBILES NON ROUTIERS RÉCEPTIONNÉS POUR LES PHASES I ET II, ET POUR LES MOTEURS DESTINÉS À LA PROPULSION DES BATEAUX DE LA NAVIGATION INTÉRIEURE"

- 2) Le texte suivant est inséré après le tableau actuel concernant le carburant de référence pour les moteurs Diesel:

"CARBURANT DE RÉFÉRENCE POUR LES MOTEURS À ALLUMAGE PAR COMPRESSION UTILISÉS SUR DES ENGINs MOBILES NON ROUTIERS RÉCEPTIONNÉS POUR LA PHASE III A

| Paramètre                                | Unité              | Limites <sup>1</sup> |          | Méthode d'essai |
|--|--------------------|----------------------|----------|-----------------|
|  |                    | Minimum              | maximum  |                 |
| Indice de cétane <sup>2</sup>            |                    | 52                   | 54,0     | EN-ISO 5165     |
| Densité à 15°C                           | kg/m <sup>3</sup>  | 833                  | 837      | EN-ISO 3675     |
| Distillation:                            |                    |                      |          |                 |
| - point à 50%                            | °C                 | 245                  | -        | EN-ISO 3405     |
| - point à 95%                            | °C                 | 345                  | 350      | EN-ISO 3405     |
| - point d'ébullition final               | °C                 | -                    | 370      | EN-ISO 3405     |
| Point d'éclair                           | °C                 | 55                   | -        | EN 22719        |
| TLF                                      | °C                 | -                    | -5       | EN 116          |
| Viscosité à 40°C                         | mm <sup>2</sup> /s | 2,5                  | 3,5      | EN-ISO 3104     |
| Hydrocarbures aromatiques polycycliques  | % m/m              | 3,0                  | 6,0      | IP 391          |
| Teneur en soufre <sup>3</sup>            | mg/kg              | -                    | 300      | ASTM D 5453     |
| Corrosion lame de cuivre                 |                    | -                    | classe 1 | EN-ISO 2160     |
| Résidu Conradson (10% DR)                | % m/m              | -                    | 0,2      | EN-ISO 10370    |
| Teneur en cendres                        | % m/m              | -                    | 0,01     | EN-ISO 6245     |
| Teneur en eau                            | % m/m              | -                    | 0,05     | EN-ISO 12937    |
| Indice de neutralisation (acidité forte) | mg KOH/g           | -                    | 0,02     | ASTM D 974      |
| Stabilité à l'oxydation <sup>4</sup>     | mg/ml              | -                    | 0,025    | EN-ISO 12205    |

<sup>1</sup> Les valeurs indiquées dans les spécifications sont des "valeurs réelles". Lors de l'établissement des valeurs limites, on a appliqué les termes de la norme ISO 4259, "Produits pétroliers – Détermination et application des valeurs de fidélité relatives aux méthodes d'essai". Lors de la fixation d'une valeur minimale, une différence minimale de 2R par rapport à la valeur zéro a été prise en compte; lors de la fixation d'une valeur maximale et d'une valeur minimale, la différence minimale est de 4R (R = reproductibilité).

Nonobstant cette mesure, qui est nécessaire pour des raisons techniques, le fabricant de carburants doit viser une valeur nulle lorsque la valeur maximale stipulée est 2R et viser la valeur moyenne lorsque les limites maximale et minimale sont citées. Dans le cas où il faudrait clarifier la question de la conformité d'un carburant aux exigences des spécifications, les conditions de la norme ISO 4259 s'appliqueront.

<sup>2</sup> La gamme fixée pour l'indice de cétane n'est pas conforme à l'exigence d'une gamme minimale de 4 R. Cependant, en cas de litige entre le fournisseur et l'utilisateur de carburant, les termes de la norme ISO 4259 peuvent être utilisés, à condition de répéter les mesures un nombre suffisant de fois pour atteindre la précision nécessaire plutôt que d'effectuer des déterminations uniques.

<sup>3</sup> La teneur effective en soufre du carburant utilisé pour les essais du type I est rapporté.

<sup>4</sup> Même si la stabilité à l'oxydation est contrôlée, il est probable que la durée de conservation sera limitée. Il est recommandé de demander conseil au fournisseur quant aux conditions et à la durée de stockage.

CARBURANT DE RÉFÉRENCE POUR LES MOTEURS À ALLUMAGE PAR COMPRESSION UTILISÉS SUR DES ENGIN  
MOBILES NON ROUTIERS RÉCEPTIONNÉS POUR LA PHASE III B ET IV

| Paramètre                               | Unité              | Limites <sup>1</sup> |          | Méthode d'essai |
|---|--------------------|----------------------|----------|-----------------|
|   |                    | Minimum              | Maximum  |                 |
| Indice de cétane <sup>2</sup>           |                    |                      | 54,0     | EN-ISO 5165     |
| Densité à 15 °C                         | Kg/m <sup>3</sup>  | 833                  | 837      | EN-ISO 3675     |
| Distillation:                           |                    |                      |          |                 |
| - point à 50 %                          | °C                 | 245                  | -        | EN-ISO 3405     |
| - point à 95 %                          | °C                 | 345                  | 350      | EN-ISO 3405     |
| - point d'ébullition final              | °C                 | -                    | 370      | EN-ISO 3405     |
| Point d'éclair                          | °C                 | 55                   | -        | EN 22719        |
| TLF                                     | °C                 | -                    | -5       | EN 116          |
| Viscosité à 40°C                        | Mm <sup>2</sup> /s | 2,3                  | 3,3      | EN-ISO 3104     |
| Hydrocarbures aromatiques polycycliques | % m/m              | 3,0                  | 6,0      | IP 391          |
| Teneur en soufre <sup>3</sup>           | Mg/kg              | -                    | 10       | ASTM D 5453     |
| Corrosion lame de cuivre                |                    | -                    | classe 1 | EN-ISO 2160     |
| Résidu Conradson (10% DR)               | % m/m              | -                    | 0,2      | EN-ISO 10370    |
| Teneur en cendres                       | % m/m              | -                    | 0,01     | EN-ISO 6245     |

| Paramètre   | Unité     | Limites <sup>(1)</sup> |         | Méthode d'essai |
|---|-----------|------------------------|---------|-----------------|
|   |           | Minimum                | Maximum |                 |
| Teneur en eau   | % m/m     | -                      | 0,02    | EN-ISO 12937    |
| Indice de neutralisation (acidité forte)                              | mg KOH/g  | -                      | 0,02    | ASTM D 974      |
| Stabilité à l'oxydation <sup>4</sup>                                  | Mg/ml     | -                      | 0,025   | EN-ISO 12205    |
| Pouvoir lubrifiant (méthode HFRR: diamètre de marque d'usure à 60 °C) | µm        | -                      | 400     | CEC F-06-A-96   |
| EMAG  | interdits |                        |         |                 |

<sup>1</sup> Les valeurs indiquées dans les spécifications sont des "valeurs réelles". Lors de l'établissement des valeurs limites, on a appliqué les termes de la norme ISO 4259, "Produits pétroliers – Détermination et application des valeurs de fidélité relatives aux méthodes d'essai". Lors de la fixation d'une valeur minimale, une différence minimale de 2R par rapport à la valeur zéro a été prise en compte; lors de la fixation d'une valeur maximale et d'une valeur minimale, la différence minimale est de 4R (R = reproductibilité).

Nonobstant cette mesure, qui est nécessaire pour des raisons techniques, le fabricant de carburants doit viser une valeur nulle lorsque la valeur maximale stipulée est 2R et viser la valeur moyenne lorsque les limites maximale et minimale sont citées. Dans le cas où il faudrait clarifier la question de la conformité d'un carburant aux exigences des spécifications, les conditions de la norme ISO 4259 s'appliqueront.

<sup>2</sup> La gamme fixée pour l'indice de cétane n'est pas conforme à l'exigence d'une gamme minimale de 4 R. Cependant, en cas de litige entre le fournisseur et l'utilisateur de carburant, les termes de la norme ISO 4259 peuvent être utilisés, à condition de répéter les mesures un nombre suffisant de fois pour atteindre la précision nécessaire plutôt que d'effectuer des déterminations uniques.

<sup>3</sup> La teneur effective en soufre du carburant utilisé pour les essais du type I est rapporté.

<sup>4</sup> Même si la stabilité à l'oxydation est contrôlée, il est probable que la durée de conservation sera limitée. Il est recommandé de demander conseil au fournisseur quant aux conditions et à la durée de stockage.

4. L'ANNEXE VII EST MODIFIÉE COMME SUIT:

L'appendice 1 est remplacé par le texte suivant:



## "Appendice 1

RÉSULTATS DES ESSAIS POUR LES MOTEURS À ALLUMAGE PAR COMPRESSION  
RÉSULTATS DES ESSAIS

1. Informations relatives à l'exécution de l'essai NRSC<sup>1</sup>
- 1.1. Carburant de référence utilisé pour les essais
- 1.1.1. Indice de cétane (4).....
- 1.1.2. Teneur en soufre.....
- 1.1.3. Densité.....
- 1.2. Lubrifiant
- 1.2.1. Marque(s): .....
- 1.2.2. Type(s): .....
- (indiquer le pourcentage d'huile dans le mélange si lubrifiant et carburant sont mélangés)
- 1.3. Équipement entraîné par le moteur (le cas échéant)
- 1.3.1. Énumération et caractères distinctifs: .....
- 1.3.2. Puissance absorbée aux régimes indiqués du moteur (suivant les indications du constructeur):

| Équipement | Puissance P <sub>AE</sub> (kW) absorbée aux différents régimes du moteur <sup>1</sup> en tenant compte de l'appendice 3 de la présente annexe |                |
|------------|---|----------------|
|            | Régime intermédiaire (le cas échéant)   | Régime nominal |
|            |   |                |
|            |   |                |
|            |   |                |
|            |   |                |
|            |   |                |
| Total:     |   |                |

<sup>1</sup> Ne doit pas dépasser 10 % de la puissance mesurée lors des essais.

- 1.4. Performances du moteur
- 1.4.1. Régimes du moteur
- Ralenti .....tr/min
- Régime intermédiaire .....tr/min
- Régime nominal .....tr/min
- 1.4.2. Puissance du moteur<sup>1</sup>

| Condition  | Réglage de la puissance (kW) aux différents régimes du moteur |                |
|--|---|----------------|
|  | Régime intermédiaire (le cas échéant)                         | Régime nominal |
| Puissance maximale mesurée lors des essais (P <sub>M</sub> ) (kW) (a)  |   |                |
| Puissance totale absorbée par les équipements entraînés par le moteur, suivant le point 1.3.2 du présent appendice ou le point 3.1 de l'annexe III (P <sub>AE</sub> ) (kW) (b) |   |                |
| Puissance nette du moteur suivant le point 2.4 de l'annexe I (kW) (c)  |   |                |
| c = a + b  |   |                |

<sup>1</sup> Dans le cas de plusieurs moteurs représentatifs, à remplir séparément pour chacun d'eux.

<sup>1</sup> Puissance non corrigée mesurée conformément aux prescriptions de l'annexe I, point 2.4.

## 1.5. Niveaux des émissions

| 1.5.1. Réglages du dynamomètre (kW) | Réglage du dynamomètre (kW) aux différents régimes du moteur |                                       |                |
|-------------------------------------|--|---------------------------------------|----------------|
|                                     | Taux de charge   | Régime intermédiaire (le cas échéant) | Régime nominal |
| 10 % (le cas échéant)               |  |                                       |                |
| 25 % (le cas échéant)               |  |                                       |                |
| 50                                  |  |                                       |                |
| 75                                  |  |                                       |                |
| 100                                 |  |                                       |                |

## 1.5.2. Résultat des émissions à l'essai NRSC:

CO: ..... g/kWh  
 HC: ..... g/kWh  
 NO<sub>x</sub>: ..... g/kWh  
 NMHC + NO<sub>x</sub>: ..... g/kWh  
 Particules: ..... g/kWh

## 1.5.3. Système d'échantillonnage utilisé pour l'essai NRSC:

1.5.3.1. Émissions gazeuses<sup>1</sup>: .....1.5.3.2. Particules<sup>1</sup>: .....1.5.3.2.1. Méthode<sup>2</sup>: filtre simple/filtres multiples2. Informations relatives à l'exécution de l'essai NRTC<sup>3</sup>

## 2.1. Résultats des émissions à l'essai NRTC:

CO: ..... g/kWh  
 NMHC: ..... g/kWh  
 NO<sub>x</sub>: ..... g/kWh  
 Particules: ..... g/kWh  
 NMHC + NO<sub>x</sub>: ..... g/kWh

## 2.2. Système d'échantillonnage utilisé pour l'essai NRTC:

Émissions gazeuses<sup>1</sup>.....  
 Particules<sup>1</sup>.....

Méthode<sup>2</sup>: filtre simple/filtres multiples"

## 5. L'ANNEXE XII EST MODIFIÉE COMME SUIT:

Le point 3 suivant est ajouté:

"3. Pour les catégories de moteurs H, I, et J (phase III A) et les catégories de moteurs K, L et M (phase III B) telles qu'elles sont définies à l'article 9, paragraphe 3, les réceptions par type suivantes et, le cas échéant, les marques de réception correspondantes sont considérées comme équivalentes à une réception accordée conformément à la présente directive.

3.1 Les réceptions par type délivrées au titre de la directive 88/77/CEE, modifiée par la directive 1999/96/CE, qui sont conformes aux valeurs limites indiquées à la ligne B1, B2 ou C comme prévu à l'article 2 et au point 6.2.1 de l'annexe I de ladite directive.

<sup>1</sup> Indiquer les chiffres définis à l'annexe VI, point 1.

<sup>2</sup> Biffer la mention inutile.

<sup>3</sup> Dans le cas de plusieurs moteurs représentatifs, à remplir séparément pour chacun d'eux.

- 3.2 Les homologations délivrées au titre du règlement CEE-NU n° 49, série d'amendements 03, des moteurs qui sont conformes aux phases B1, B2 ou C prévues au paragraphe 5.2."

ANNEXE II

"Annexe VI

SYSTÈMES D'ANALYSE ET D'ÉCHANTILLONNAGE

1. SYSTÈMES D'ÉCHANTILLONNAGE DES GAZ ET DES PARTICULES

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

1.1. Détermination des émissions gazeuses

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

1.1.1. Composantes CO, CO<sub>2</sub>, HC, NO<sub>x</sub> 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 bruts pour la mesure du CO, des NO<sub>x</sub> et des HC

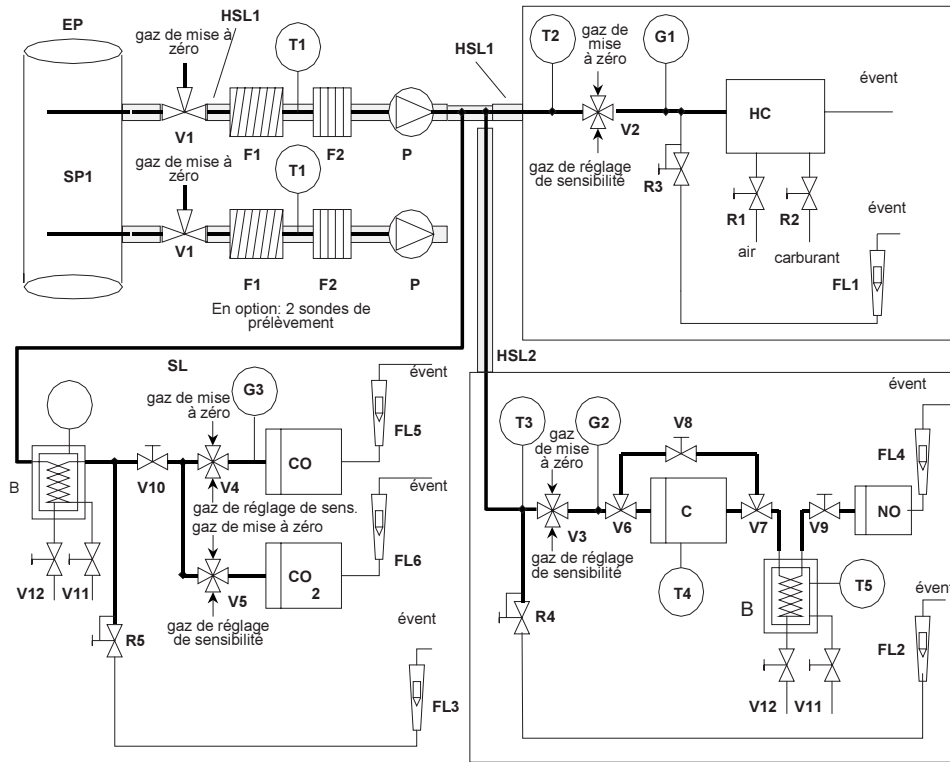
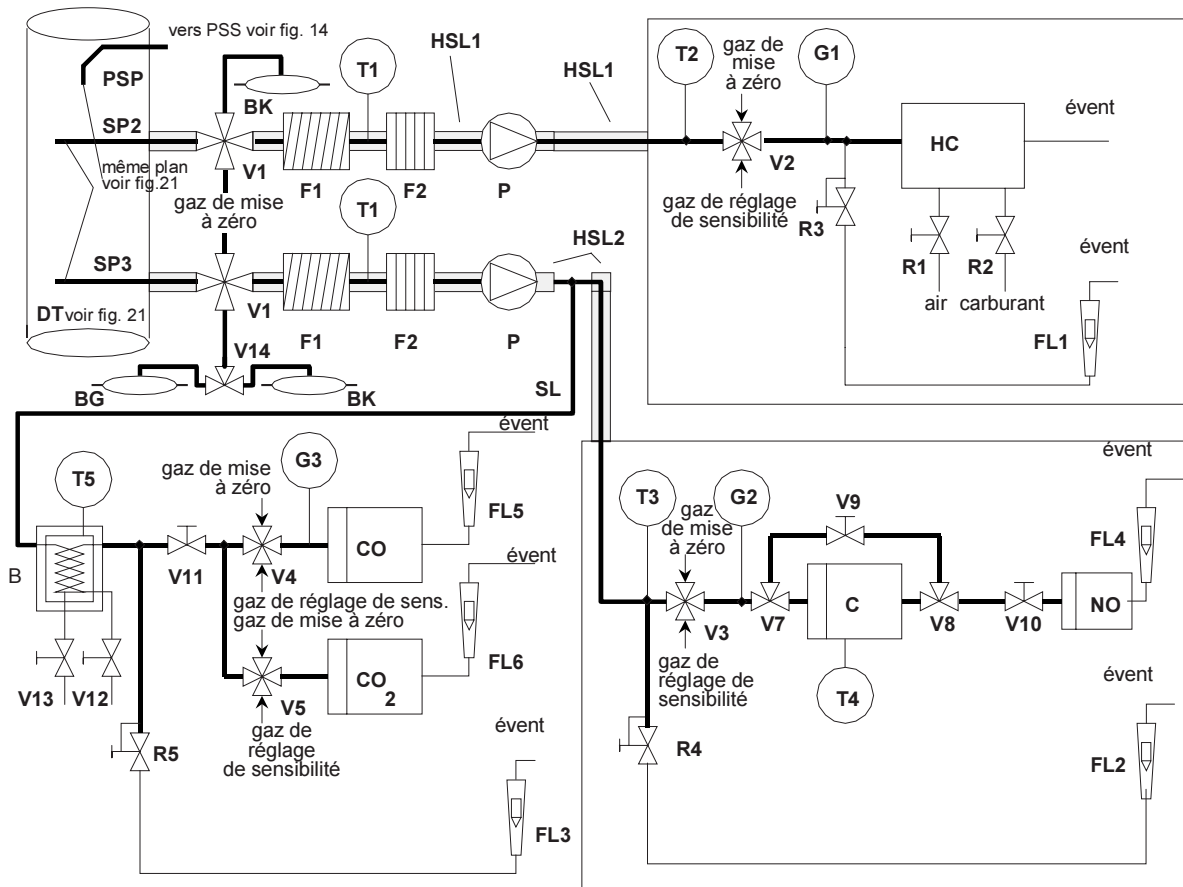


Figure 3

Schéma du système d'analyse des gaz d'échappement dilués pour la mesure du CO, du CO<sub>2</sub>, des NO<sub>x</sub> et des 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 doit 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 1.2.1.2) 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  $463 \text{ K} (190 \text{ °C}) \pm 10 \text{ K}$  à la sortie de la sonde.
- Sonde SP3 pour l'analyse des CO, CO<sub>2</sub> et NO<sub>x</sub> 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  $328 \text{ K} (55 \text{ °C})$  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 de prélèvement 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  $463 \text{ K} (190 \text{ °C}) \pm 10 \text{ K}$  au cas où la température des gaz d'échappement au niveau de la sonde serait égale ou inférieure à  $463 \text{ K} (190 \text{ °C})$ ; la température est mesurée sur chacune des sections chauffées pouvant être contrôlées séparément,
  - maintenir la température de la paroi à  $453 \text{ K} (180 \text{ °C}) \pm 10 \text{ K}$  au cas où la température des gaz d'échappement au niveau de la sonde serait supérieure à  $463 \text{ K} (190 \text{ °C})$ ,
  - maintenir la température des gaz à  $463 \text{ K} (190 \text{ °C}) \pm 10 \text{ K}$  immédiatement en amont du filtre chauffé (F2) et du détecteur HFID.
- Conduite de prélèvement chauffée HSL2 pour NO<sub>x</sub>

La conduite de prélèvement devra:

- maintenir la paroi à une température comprise entre  $328$  et  $473 \text{ K} (55 \text{ à } 200 \text{ °C})$  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 (CO<sub>2</sub>)

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

- Sac de prélèvement pour les concentrations de fond BK (facultatif; figure 3 seulement)

Pour mesurer les concentrations de fond.

- Sac de prélèvement BG (facultatif; figure 3, CO et CO<sub>2</sub> seulement)

Pour mesurer les concentrations dans les échantillons.

- Préfiltre chauffé F1 (facultatif)

La température est la même que celle de 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 est la même que celle de la conduite HSL1. Le filtre est changé selon les besoins.

- Pompe de prélèvement chauffée P  
La pompe est chauffée à la température de la conduite HSL1.
- HC  
Détecteur à ionisation de flamme chauffé (HFID) pour la détermination des hydrocarbures. La température doit être maintenue à 453-473 K (180-200 °C).
- CO, CO<sub>2</sub>  
Analyseurs NDIR pour la détermination du monoxyde de carbone et du dioxyde de carbone.
- NO<sub>2</sub>  
Détecteur (H)CLD pour la détermination des oxydes d'azote. Si l'on utilise un détecteur HCLD, il doit être maintenu à une température comprise entre 328 et 473 K (55 à 200 °C).
- Convertisseur C  
Un convertisseur est utilisé pour la réduction catalytique de NO<sub>2</sub> 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 est 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 l'annexe III, appendice 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.
- Capteurs de température T1, T2, T3  
Servent à relever la température des gaz.
- Capteur de température T4  
Sert à relever la température du convertisseur NO<sub>2</sub>-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 et R2  
Pour régler respectivement la pression de l'air et du carburant arrivant au HFID.
- Régulateurs de pression R3, R4, R5  
Pour régler la pression dans les conduites de prélèvement et le débit en direction des analyseurs.
- Débitmètres FL1, FL2, FL3  
Pour mesurer le débit de dérivation des gaz prélevés.
- Débitmètres FL4 à FL7 (facultatif)  
Pour mesurer le débit dans les analyseurs.
- Robinets de sélection V1 à V6  
Pour envoyer au choix dans l'analyseur l'échantillon prélevé, le gaz de réglage de sensibilité ou le gaz de mise à zéro.
- Robinets à solénoïde V7, V8  
Pour contourner le convertisseur NO<sub>2</sub>-NO.

- Robinet à pointeau V9  
Pour équilibrer le débit entre le convertisseur NO<sub>2</sub>-NO et la dérivation.
- Robinets à pointeau V10, V11  
Pour régler les débits en direction des analyseurs.
- Robinets de purge V12, V13  
Pour évacuer le condensat du bain B.
- Robinets de sélection V14  
Pour choisir le sac BK ou le sac BG.

## 1.2. Détermination des particules

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

### 1.2.1. Système de dilution

#### 1.2.1.1. Système de dilution en circuit partiel (figures 4 à 12)<sup>1</sup>

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 1.2.2 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 total, la seconde, un système d'échantillonnage fractionné.

Le calcul du taux 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 taux de dilution est déterminé d'après les concentrations de gaz marqueurs, tels que CO<sub>2</sub> et NO<sub>x</sub>, 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 soit 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 taux 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

<sup>1</sup> Les figures 4 à 12 montrent différents types de système de dilution en circuit partiel qui peuvent normalement être utilisés pour l'essai en régime stabilisé (NRSC). Toutefois, en raison de contraintes très sévères des essais en transitoires, seuls les systèmes de dilution en circuit partiel (figures 4 à 12) capables de remplir toutes les exigences mentionnées sous "Système de dilution en circuit partiel" à l'annexe III, appendice 1, point 2.4, sont acceptés pour l'essai transitoire (NRTC).



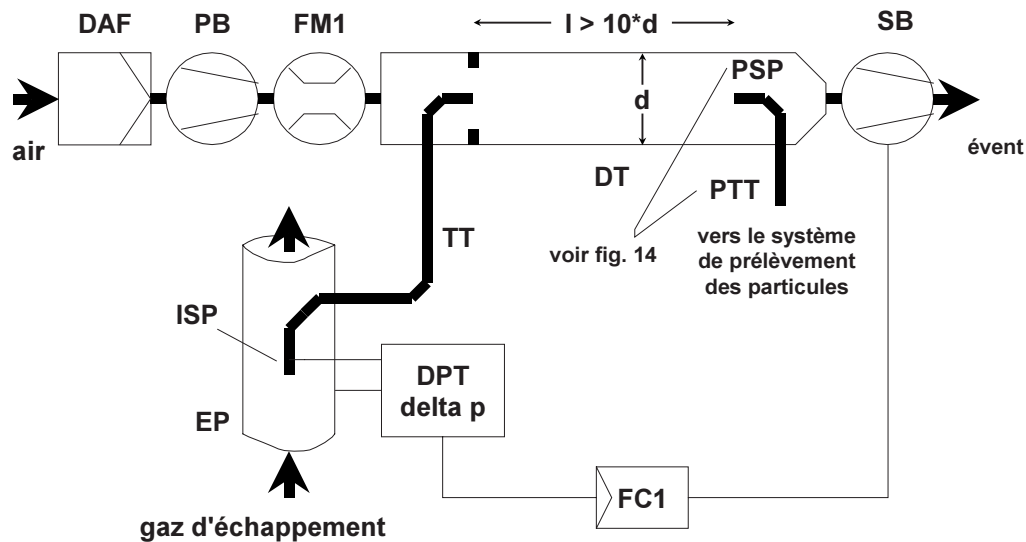
et le débit total des gaz dilués. Le taux de dilution est déterminé d'après la différence entre les deux débits. Cette méthode exige un étalonnage précis des débitmètres l'un par rapport à l'autre, l'importance relative des deux débits pouvant entraîner des erreurs considérables lorsque les taux de dilution sont élevés. 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.

Les systèmes présentés ici tiennent compte de ces facteurs essentiels.

Figure 4

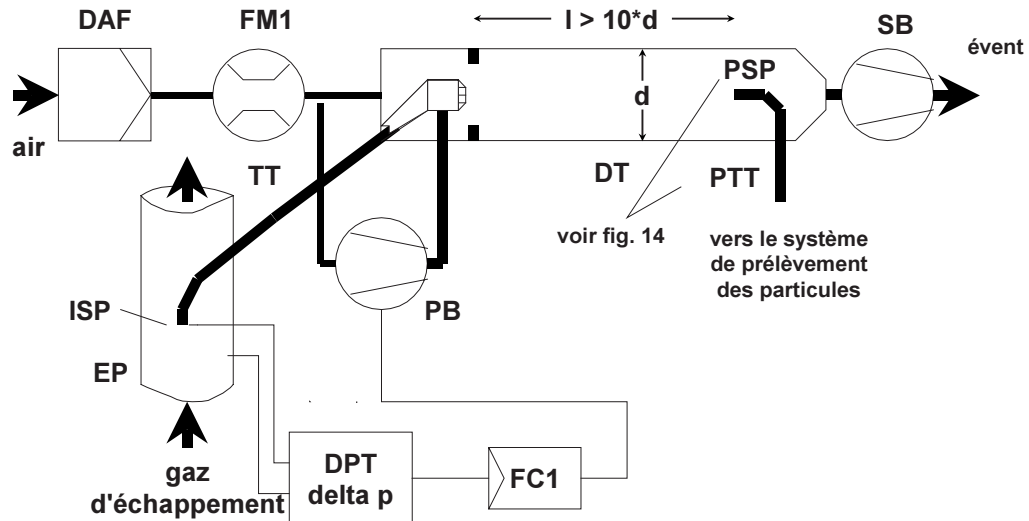
Système de dilution en circuit partiel avec sonde isocinétique et échantillonnage fractionné (réglage par l'aspirateur)



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 taux de dilution est calculé d'après le débit de l'air de dilution et le coefficient de fractionnement.

Figure 5

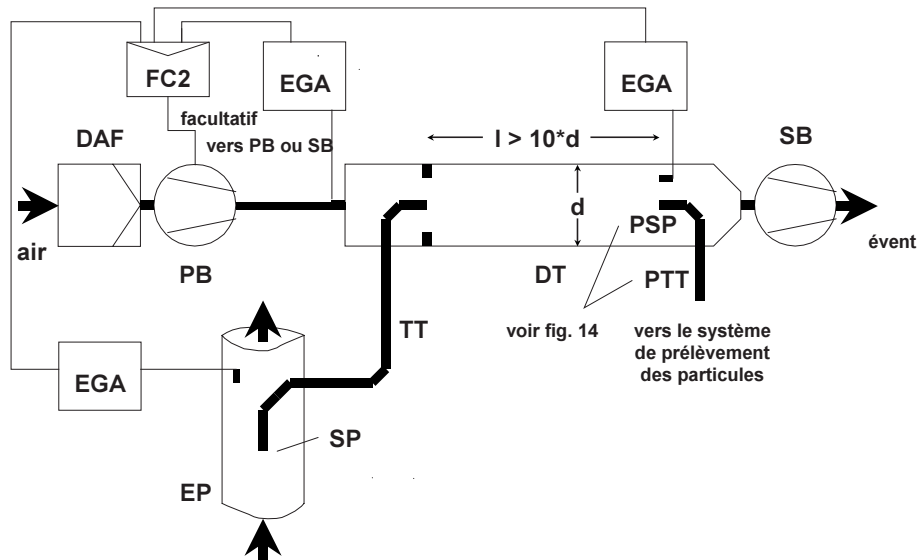
Système de dilution en circuit partiel avec sonde isocinétique et échantillonnage fractionné  
(réglage par la soufflante)



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 la soufflante, 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 de la masse totale des gaz. Le coefficient de fractionnement est déterminé d'après la surface des sections d'EP et d'ISP. L'air de dilution est aspiré à travers DT par l'aspirateur SB et le débit est mesuré par FM1 à l'entrée de DT. Le taux 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 CO<sub>2</sub> ou des NO<sub>x</sub> et échantillonnage fractionné

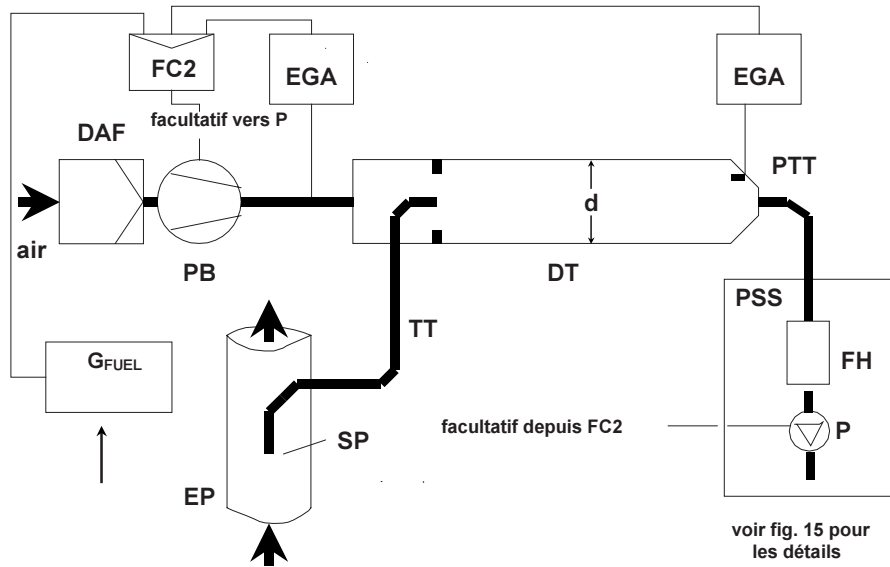


#### gaz d'échappement

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 d'un gaz marqueur (CO<sub>2</sub> ou NO<sub>x</sub>) 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 taux de dilution souhaités. Le taux de dilution est calculé d'après les concentrations de gaz marqueur 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 CO<sub>2</sub>,  
équivalence en carbone et échantillonnage total

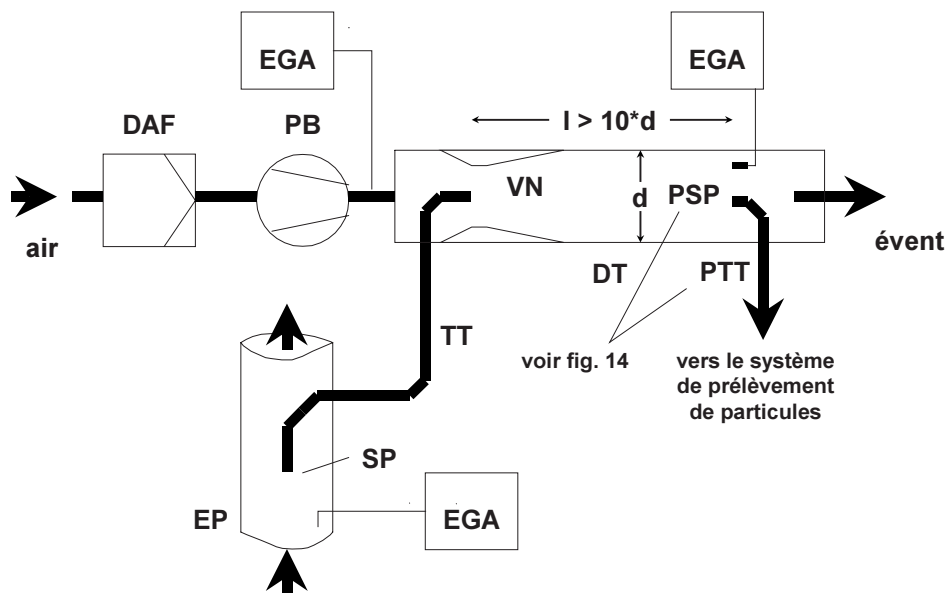


#### gaz d'échappement

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 CO<sub>2</sub> sont mesurées dans les gaz d'échappement dilués et dans l'air de dilution au moyen d'un ou plusieurs analyseurs EGA. Les signaux CO<sub>2</sub> et G<sub>FUEL</sub> (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 taux de dilution souhaités. Le taux de dilution est calculé d'après les concentrations de CO<sub>2</sub> et d'après G<sub>FUEL</sub> 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

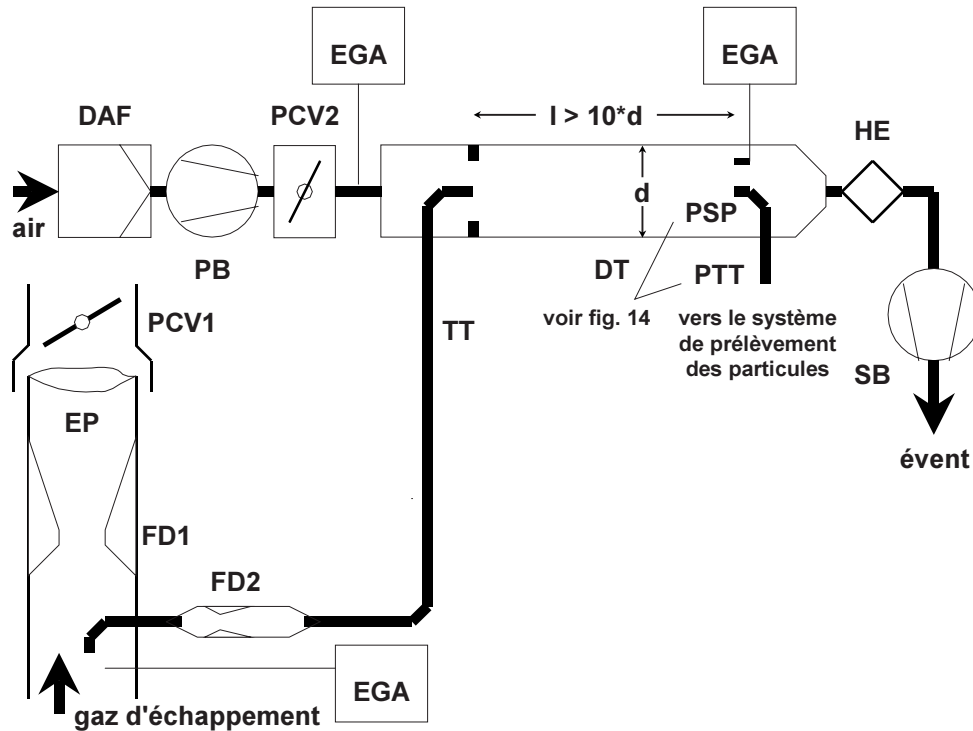


#### gaz d'échappement

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 ( $\text{CO}_2$  ou  $\text{NO}_x$ ) 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 9

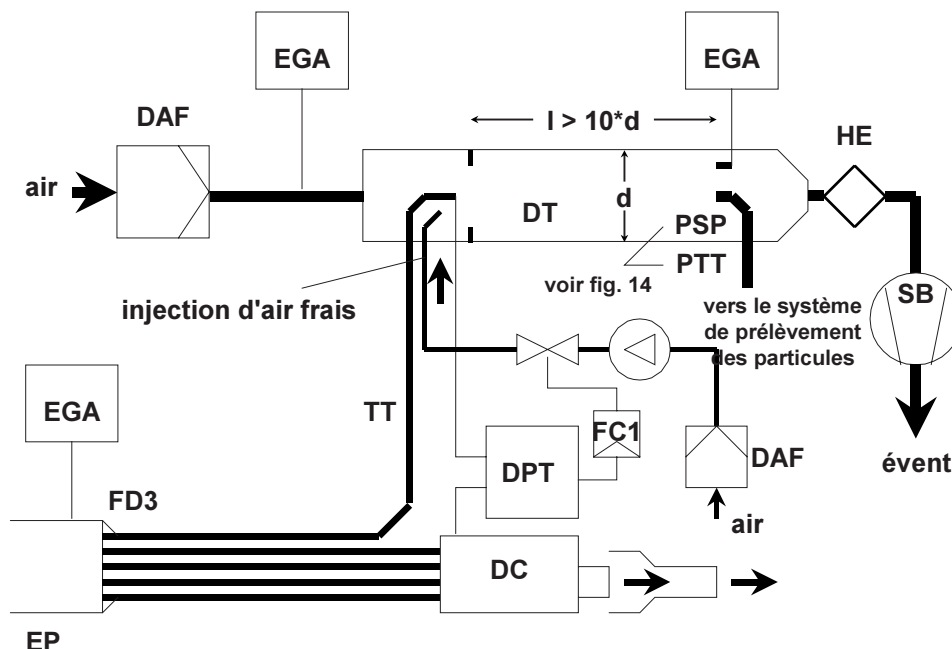
Système de dilution en circuit partiel avec venturi double, mesure des concentrations et échantillonnage fractionné



Les gaz d'échappement bruts sont transférés du tuyau d'échappement EP au tunnel de dilution DT au moyen de la sonde SP, du tube de transfert TT et de séparateurs comprenant un ensemble d'orifices ou de tubes venturi. Le premier (FD1) est situé en EP, le deuxième (FD2) est situé en TT. Il faut aussi deux papillons de réglage de la pression (PCV1 et PCV2) pour maintenir un fractionnement constant des gaz par réglage de la contre-pression en EP et de la pression en DT. PCV1 est situé en aval de SP en EP, PCV2 entre la soufflante PB et le tunnel DT. Les concentrations de gaz marqueur ( $\text{CO}_2$  ou  $\text{NO}_x$ ) 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 taux de dilution est calculé d'après les concentrations de gaz marqueur.

Figure 10

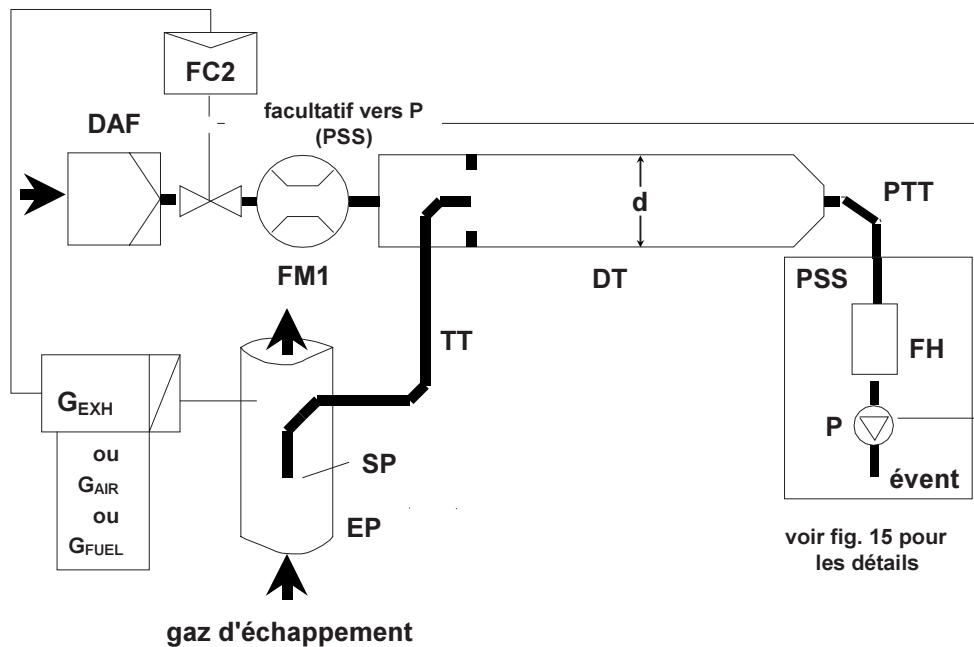
Système de dilution en circuit partiel avec séparation par tubes multiples, mesure des concentrations et échantillonnage fractionné



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. Les concentrations de gaz marqueur ( $\text{CO}_2$  ou  $\text{NO}_x$ ) sont mesurées dans les gaz bruts, les gaz dilués et l'air de dilution, au moyen d'un ou plusieurs analyseurs EGA. Ces derniers servent à contrôler la séparation mais aussi à régler le débit d'injection d'air pour obtenir la séparation précise souhaitée. Le taux de dilution est calculé d'après les concentrations de gaz marqueur.

Figure 11

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



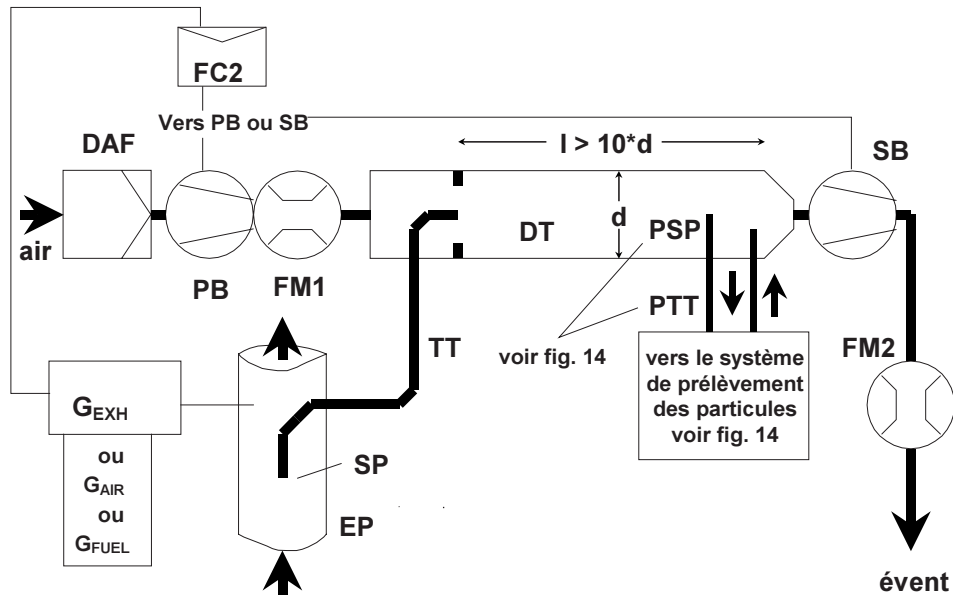
Les gaz d'échappement bruts sont transférés du tuyau d'échappement EP au tunnel de dilution DT au moyen de la sonde SP et du tube de transfert TT. Le débit total à travers le tunnel est réglé par le régulateur de débit FC3 et la pompe de prélèvement du système d'échantillonnage des particules (figure 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 taux de dilution est calculé d'après ces deux débits.



Figure 12

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



### gaz d'échappement

Les gaz d'échappement bruts sont transférés du tuyau d'échappement EP au tube de dilution DT au moyen de la sonde SP et du tube de transfert TT. La séparation des gaz et le volume arrivant dans DT sont réglés au moyen du dispositif FC2 qui ajuste, selon le cas, le débit (ou le régime) de la soufflante PB et de l'aspirateur SB, opération possible puisque l'échantillon prélevé avec le système de prélèvement des particules est renvoyé à DT. On peut se servir de  $G_{EXH}$ ,  $G_{AIR}$  ou  $G_{FUEL}$  comme signaux de commande pour FC2. Le débit de l'air de dilution est mesuré au moyen du débitmètre FM1 et le débit total, au moyen du débitmètre FM2. Le taux 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 d'échappement, il est recommandé d'avoir un rapport épaisseur/diamètre de 0,015 ou *moins*.

L'utilisation de sections flexibles doit se limiter 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  $\pm 500$  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 post-traitement) 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 est de 4 mm. Le rapport minimal entre le diamètre du tuyau d'échappement et celui de la sonde est de 4. La sonde est constituée d'un tube ouvert orienté en amont et situé sur l'axe médian du tuyau d'échappement, ou comprend des orifices multiples dont la description est donnée sous SP1 au point I.1.1.

#### – Sonde de prélèvement isocinétique ISP (figures 4 et 5)

La sonde de prélèvement isocinétique est 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 est conçue de manière à fournir un prélèvement proportionnel des gaz d'échappement bruts. Le diamètre intérieur doit être d'au moins 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.

- Séparateurs de flux FD1 et 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 CO<sub>2</sub> ou de NO<sub>x</sub> (mais uniquement avec la méthode de l'équivalence en carbone pour l'analyseur de CO<sub>2</sub>). 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 doit:

- 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 doit 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 doit être isolé et chauffé jusqu'à une température d'au moins 523 K (250 °C) au niveau de la paroi.

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

- Transducteur à pression différentielle DPT (figures 4, 5 et 10)

Le transducteur à pression différentielle doit 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  $\pm 3$  Pa. Les variations de la pression dans le tunnel de dilution ne doivent pas dépasser  $\pm 250$  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 et 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 taux de dilution constant. L'échange des forces étant affecté par la température à la sortie de TT et par la différence de pression entre EP et DT, le taux de dilution effectif est légèrement plus faible avec une charge légère qu'avec une charge lourde.

- Régulateur de débit FC2 (figures 6, 7, 11 et 12; facultatif)

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 CO<sub>2</sub> ou de NO<sub>x</sub>.

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 et d'épurer au charbon de bois l'air de dilution afin d'éliminer les hydrocarbures de fond. L'air de dilution doit être à la température de 298 K (25 °C)  $\pm 5$  K.

À la demande du constructeur, l'air de dilution est analysé conformément aux règles de l'art afin de déterminer les concentrations de particules 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 chauffée 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 dans le tunnel de dilution,
- 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 CO<sub>2</sub> du tunnel, le moteur étant en marche (utiliser au moins quatre points de mesure également espacés). Si nécessaire, on peut aussi utiliser un orifice mélangeur.

NOTE: Si la température ambiante 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 doit être d'une capacité suffisante pour maintenir la température à l'entrée de l'aspirateur SB à  $\pm 11$  K de la température de fonctionnement moyenne observée pendant l'essai.

#### 1.2.1.2. 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 une PDP, un CFV ou un SSV.

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 1.2.2 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 1.2.2, 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 1.1.1.

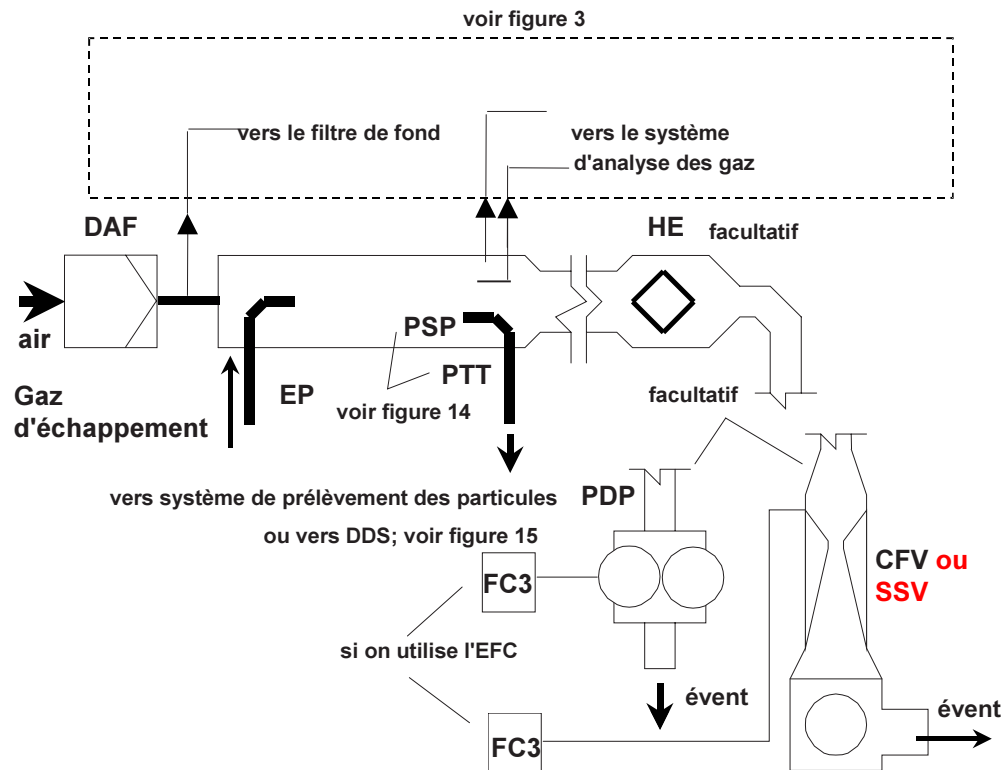
Description (figure 13)

– Tuyau d'échappement EP

La longueur du tuyau d'échappement ne doit pas dépasser dix 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 doit 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 avec une pompe à déplacement positif PDP, avec un tube venturi à écoulement critique CFV ou avec un venturi subsonique SSV. 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 taux de dilution.

– Pompe volumétrique PDP

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

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

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

– Tube Venturi à débit critique CFV

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

– SSV venturi subsonique

Le SSV mesure le débit total des gaz d'échappement dilués en fonction de la pression et de la température à l'entrée ainsi que de la baisse de pression entre l'entrée et le col du SSV. La contre-pression statique mesurée avec le système SSV en marche doit être maintenue à  $\pm 1,5$  kPa de la pression statique mesurée en l'absence de SSV, avec un régime et une charge du moteur identiques. La température du mélange gazeux immédiatement en amont du SSV doit être maintenue à  $\pm 11$  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 un 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 isolé.

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

Avec la dilution simple, un échantillon provenant du tunnel de dilution est transféré au système de prélèvement des particules (point 1.2.2 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 1.2.2 figure 15). Le débit de la PDP ou la capacité du CFV ou du SSV 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 et d'épurer au charbon de bois l'air de dilution afin d'éliminer les hydrocarbures de fond. L'air de dilution doit être à une température de 298 K (25 °C)  $\pm$  5 K. À la demande du constructeur, l'air de dilution est analysé conformément aux règles de l'art afin de déterminer les concentrations de particules 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.

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

Le système de prélèvement des particules sert à recueillir celles-ci au moyen d'un ou plusieurs filtres. Dans le cas de la dilution en circuit partiel avec échantillonnage total, qui consiste à faire passer le volume total des gaz dilués à travers les filtres, le système de dilution (point 1.2.1.1 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 1.2.1.1 figures 4, 5, 6, 8, 9, 10 et 12 et point 1.2.1.2 figure 13) et les systèmes de prélèvement constituent généralement des unités séparées.

Dans la présente directive, 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 réduite 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.

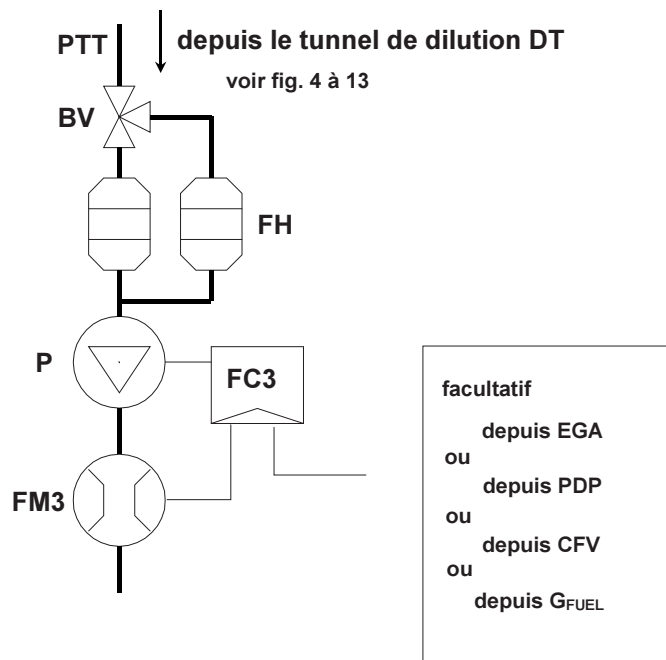
La sonde:

- 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 des systèmes de dilution (point 1.2.1), 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

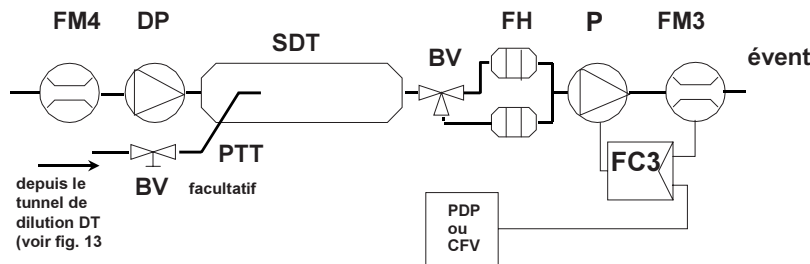
## Système d'échantillonnage des particules



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 volume total des gaz 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 isolé.
- 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 l'annexe 3 appendice 1 point 1.5.1.3.

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 ( $\pm 3$  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)  $\pm 5$  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 ( $\pm 3$  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 doit être situé de telle sorte que la température des gaz à l'entrée reste constante à 298 K (25 °C)  $\pm 5$  K.

- Robinet à boule BV (facultatif)

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

NOTE: Si la température ambiante au voisinage du PSP, du PTT, du SDT et du FH est inférieure à 293 K (20 °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 K (20 °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 K (20 °C)."

## ANNEXE III

## "Annexe XIII

## DISPOSITIONS APPLICABLES AUX MOTEURS MIS SUR LE MARCHÉ DANS LE CADRE D'UN MÉCANISME DE FLEXIBILITÉ

À la demande d'un constructeur d'équipements, et moyennant l'autorisation d'une autorité compétente en matière de réception, un constructeur de moteurs peut mettre sur le marché, durant la période située entre deux phases successives de valeurs limites, un nombre limité de moteurs qui sont conformes seulement aux valeurs limites d'émission de la phase précédente, conformément aux dispositions suivantes.

## 1. DÉMARCHES DU CONSTRUCTEUR DE MOTEURS ET DU CONSTRUCTEUR D'ÉQUIPEMENTS

- 1.1. Le constructeur d'équipements qui souhaite faire usage du mécanisme de flexibilité demande l'autorisation d'une autorité compétente en matière de réception pour acheter à ses fournisseurs de moteurs, au cours de la période située entre deux phases d'émissions, les quantités de moteurs, précisées aux points 1.2 et 1.3, qui ne sont pas conformes aux valeurs limites d'émission du moment mais à celles de la phase immédiatement antérieure.
- 1.2. Le nombre de moteurs mis sur le marché dans le cadre d'un mécanisme de flexibilité ne dépasse pas, dans chaque catégorie de moteurs, 20 % des ventes annuelles du constructeur d'équipements, relatives à des équipements comportant des moteurs de la catégorie en question (définies comme étant la moyenne des 5 dernières années de ventes sur le marché de l'Union européenne). Si un constructeur d'équipements commercialise des équipements dans l'UE depuis moins de 5 ans, la moyenne est calculée sur la base de la période au cours de laquelle le constructeur d'équipements a commercialisé des équipements dans l'UE.
- 1.3. À titre de variante optionnelle du point 1.2, le constructeur d'équipements peut demander l'autorisation pour ses fournisseurs de moteurs de mettre sur le marché un nombre fixe de moteurs dans le cadre du mécanisme de flexibilité. Le nombre de moteurs de chaque catégorie ne peut dépasser les valeurs suivantes:

| <i>Catégorie de moteur</i> | <i>Nombre de moteurs</i> |
|----------------------------|--------------------------|
| 19-37kW                    | 200                      |
| 37-75kW                    | 150                      |
| 75-130kW                   | 100                      |
| 130-560kW                  | 50                       |

- 1.4. Le constructeur d'équipements inclut les informations suivantes dans la demande qu'il adresse à une autorité compétente en matière de réception:
- a) un échantillon des étiquettes à apposer sur chaque engin mobile non routier dans lequel sera installé un moteur mis sur le marché dans le cadre du mécanisme de flexibilité. Les étiquettes portent le texte suivant: "MACHINE N° ... (numéro séquentiel) sur ... (nombre total de machines dans la gamme de puissance respective) AVEC MOTEUR N° ... CONFORME À LA RÉCEPTION PAR TYPE (directive 97/68/CE) N° ...";
- b) un échantillon de l'étiquette supplémentaire à apposer sur le moteur et portant le texte visé au point 2.2 de la présente annexe.
- 1.5. Le constructeur d'équipements notifie le recours au mécanisme de flexibilité aux autorités compétentes en matière de réception de chaque État membre.
- 1.6. Le constructeur d'équipements met à la disposition de l'autorité compétente en matière de réception toutes les informations relatives à la mise en oeuvre du mécanisme de flexibilité que cette autorité souhaite obtenir parce qu'elles sont nécessaires pour prendre une décision.
- 1.7. Le constructeur d'équipements présente tous les six mois aux autorités compétentes en matière de réception de chaque État membre un rapport sur la mise en oeuvre des mécanismes de flexibilité qu'il utilise. Celui-ci comprend les données cumulatives concernant le nombre de moteurs et d'EMNR mis sur le marché dans le cadre du mécanisme de flexibilité, les numéros de série des moteurs et des EMNR, et les États membres où les EMNR ont été mis sur le marché. Cette procédure se poursuit tant que le mécanisme de flexibilité est appliqué.

## 2. DÉMARCHES DU CONSTRUCTEUR DE MOTEURS

- 2.1. Un constructeur de moteurs peut mettre sur le marché des moteurs dans le cadre d'un mécanisme de flexibilité approuvé conformément au point 1 de la présente annexe.
- 2.2. Le constructeur de moteurs appose sur ces moteurs une étiquette portant le texte suivant: "Moteur mis sur le marché dans le cadre du mécanisme de flexibilité"

3. DÉMARCHES DE L'AUTORITÉ COMPÉTENTE EN MATIÈRE DE RÉCEPTION

- 3.1. L'autorité compétente en matière de réception évalue le contenu de la demande de recours au mécanisme de flexibilité et les documents joints. Elle informe en conséquence le constructeur d'équipements de sa décision d'autoriser ou non le recours au mécanisme de flexibilité."
-

## ANNEXE IV

Les annexes suivantes sont ajoutées:

*"Annexe XIV*

CCNR phase I<sup>1</sup>

| $P_N$<br>(kW)       | CO<br>(g/kWh) | HC<br>(g/kWh) | NOx<br>(g/kWh)  | PT<br>(g/kWh) |
|---------------------|---------------|---------------|---|---------------|
| $37 \leq P_N < 75$  | 6,5           | 1,3           | 9,2   | 0,85          |
| $75 \leq P_N < 130$ | 5,0           | 1,3           | 9,2   | 0,70          |
| $P_N \geq 130$      | 5,0           | 1,3           | $n \geq 2800 \text{ tr/min} = 9,2$<br>$500 \leq n < 2800 \text{ tr/min} = 45 \times n^{(-0,2)}$ | 0,54          |

<sup>1</sup> Protocole 19 CCNR, Résolution de la Commission centrale pour la navigation du Rhin du 11 mai 2000.

*Annexe XV*

CCNR phase II<sup>1</sup>

| $P_N$<br>(kW)        | CO<br>(g/kWh) | HC<br>(g/kWh) | NOx<br>(g/kWh)   | PT<br>(g/kWh) |
|----------------------|---------------|---------------|--|---------------|
| $18 \leq P_N < 37$   | 5,5           | 1,5           | 8,0  | 0,8           |
| $37 \leq P_N < 75$   | 5,0           | 1,3           | 7,0  | 0,4           |
| $75 \leq P_N < 130$  | 5,0           | 1,0           | 6,0  | 0,3           |
| $130 \leq P_N < 560$ | 3,5           | 1,0           | 6,0  | 0,2           |
| $P_N \geq 560$       | 3,5           | 1,0           | $n \geq 3150 \text{ min}^{-1} = 6,0$<br>$343 \leq n < 3150 \text{ min}^{-1} = 45 \times n^{(-0,2)} - 3$<br>$n < 343 \text{ min}^{-1} = 11,0$ | 0,2           |

<sup>1</sup> Protocole 19 CCNR, Résolution de la Commission centrale pour la navigation du Rhin du 31 mai 2001."