



**Conseil économique
et social**

Distr.
GÉNÉRALE

ECE/TRANS/WP.29/GRPE/2007/5
31 octobre 2006

FRANÇAIS
Original: ANGLAIS
ANGLAIS et FRANÇAIS SEULEMENT

COMMISSION ÉCONOMIQUE POUR L'EUROPE

COMITÉ DES TRANSPORTS INTÉRIEURS

Forum mondial de l'harmonisation des Règlements
concernant les véhicules

Groupe de travail de la pollution et de l'énergie

Cinquante-troisième session

Genève, 9-12 janvier 2007

Point 1.2 de l'ordre du jour provisoire

**PROPOSITION CONCERNANT LA SÉRIE 05 D'AMENDEMENTS
AU RÈGLEMENT N° 49**

(Émissions des moteurs à allumage par compression et des
moteurs à allumage commandé fonctionnant au GN et au GPL)

(Révision 4)

Communication de l'expert de la Commission européenne (CE)

Note: Le texte reproduit ci-après a été élaboré par l'expert de la CE; il a pour objet d'introduire dans le Règlement de nouvelles prescriptions concernant:

- a) la durée de service des systèmes de traitement aval des gaz d'échappement;
- b) la conformité en service;
- c) le système d'autodiagnostic (OBD);
- d) le fonctionnement correct des mesures de réduction des NO_x.

Compte tenu de la restructuration complexe prévue du texte, il a été décidé de présenter ces prescriptions dans le cadre d'une nouvelle version d'ensemble (Révision 4) du Règlement n° 49.

Note: Ce document est seulement distribué aux experts de la pollution et de l'énergie.

**PRESCRIPTIONS UNIFORMES CONCERNANT LES MESURES À PRENDRE
POUR RÉDUIRE LES ÉMISSIONS DE POLLUANTS GAZEUX ET DE
PARTICULES DES MOTEURS À ALLUMAGE PAR COMPRESSION UTILISÉS
POUR LA PROPULSION DES VÉHICULES ET LES ÉMISSIONS DE POLLUANTS
GAZEUX DES MOTEURS À ALLUMAGE COMMANDÉ FONCTIONNANT
AU GAZ NATUREL OU AU GAZ DE PÉTROLE LIQUÉFIÉ UTILISÉS POUR
LA PROPULSION DES VÉHICULES**

TABLE DES MATIÈRES

	<u>Page</u>
1. Champ d'application	5
2. Définitions	6
3. Demande d'homologation	19
4. Homologation.....	22
5. Prescriptions et essais.....	32
6. Installations sur le véhicule	50
7. Famille de moteurs	51
8. Conformité de la production	54
9. Conformité des véhicules/moteurs en service	58
10. Sanctions pour non-conformité de la production	58
11. Modification et extension de l'homologation du type homologué	59
12. Arrêt définitif de la production.....	59
13. Dispositions transitoires.....	59
14. Noms et adresses des services techniques chargés de la conduite des essais d'homologation, et des services administratifs	62
Appendice 1 – Procédure de vérification de la conformité de la production lorsque l'écart type est satisfaisant.....	63
Appendice 2 – Procédure de vérification de la conformité de la production si l'écart type n'est pas satisfaisant ou s'il n'est pas disponible	65
Appendice 3 – Procédure de vérification de la conformité de la production appliquée à la demande du constructeur.....	67
Appendice 4 – Détermination de l'équivalence d'un système	69

TABLE DES MATIÈRES (suite)

	<u>Page</u>
ANNEXES	
<u>Annexe 1</u>	
Caractéristiques essentielles du moteur (parent) et renseignements sur la conduite des essais	71
Appendice 1 – Caractéristiques essentielles de la famille de moteurs	84
Appendice 2 – Caractéristiques essentielles du type de moteur au sein de la famille	86
Appendice 3 – Caractéristiques des éléments du véhicule ayant rapport avec le moteur.....	96
Appendice 4 – Information concernant les systèmes d'autodiagnostic OBD	97
<u>Annexe 2A</u>	
Communication concernant la délivrance, l'extension, le refus ou le retrait de l'homologation ou l'arrêt définitif de la production d'un type de moteur à allumage par compression (APC), d'un type de moteur fonctionnant au gaz naturel (GN) ou d'un type de moteur à allumage commandé, fonctionnant au gaz de pétrole liquéfié (GPL), en tant qu'entité technique séparée en ce qui concerne l'émission de polluants en application du Règlement n° 49.....	99
Appendice 1 – Informations relatives au système d'autodiagnostic OBD.....	102
<u>Annexe 2 B</u>	
Communication concernant la délivrance, l'extension, le refus ou le retrait de l'homologation ou l'arrêt définitif de la production d'un type de véhicule en ce qui concerne l'émission de polluants par le moteur en application du Règlement n° 49	103
<u>Annexe 3</u>	
Exemples de marques d'homologation	106
<u>Annexe 4A</u>	
Procédure d'essai.....	109
Appendice 1 – Cycles d'essais ESC et ELR	115
Appendice 2 – Cycle d'essai ETC.....	136
Appendice 3 – Fiche de programmation du dynamomètre pour l'essai ETC	158
Appendice 4 – Procédures de mesure et de prélèvement	208
Appendice 5 – Procédure d'étalonnage.....	220
Appendice 6 – Contrôle du flux de carbone.....	240
Appendice 7 – Systèmes de prélèvement et d'analyse.....	243

TABLE DES MATIÈRES (*suite*)

	<u>Page</u>
<u>Annexe 5</u>	
Caractéristiques techniques du carburant de référence à utiliser pour les essais d'homologation et le contrôle de la conformité de la production.....	282
<u>Annexe 6</u>	
Exemple de procédure de calcul	288
<u>Annexe 7</u>	
Procédures d'essai de durabilité des systèmes antipollution	311
<u>Annexe 8</u>	
Conformité des véhicules/moteurs en service	321
<u>Annexe 9A</u>	
Systèmes d'autodiagnostic (OBD)	331
Appendice 1 – Essais d'homologation des systèmes d'autodiagnostic (OBD).....	346

1. CHAMP D'APPLICATION

- 1.1 Le présent Règlement s'applique aux véhicules des catégories M et N¹ et à leur moteur, comme indiqué dans le tableau A ci-dessous, en ce qui concerne les essais auxquels il est prévu de soumettre ces moteurs, comme indiqué au tableau B.

Tableau A. ADAPTABILITÉ

Catégorie de véhicule ¹	Masse maximale	Moteurs à allumage commandé			Moteurs diesel	
		Essence	GN ^a	GPL ^b	Gazole	Éthanol
M ₁	≤ 3,5 t	-	-	-	-	-
	> 3,5 t	-	R49	R49	R49	R49
M ₂	-	-	R49	R49	R49 ou R83 ^c	R49
M ₃	-	-	R49	R49	R49	R49
N ₁	-	-	R49 ou R83	R49 ou R83	R49 ou R83	R49
N ₂	-	-	R49	R49	R49 ou R83 ^c	R49
N ₃	-	-	R49	R49	R49	R49

^a Gaz naturel.

^b Gaz de pétrole liquéfié.

^c Le Règlement n° 83 s'applique uniquement aux véhicules ayant une masse de référence ≤ 2 840 kg en tant qu'extension de l'homologation accordée pour un moteur utilisé dans des véhicules des catégories M₁ ou N₁¹. «R49 ou R83» signifie que les constructeurs peuvent obtenir une homologation de type conformément au présent Règlement ou au Règlement n° 83 (voir par. 1.2).

Tableau B. PRESCRIPTIONS

	Moteurs à allumage commandé			Moteurs diesel	
	Essence	GN ^a	GPL ^b	Gazole	Éthanol
Gaz polluants	-	Oui	Oui	Oui	Oui
Particules	-	-	-	Oui	-
Durée de service	-	Oui	Oui	Oui	Oui
Conformité en service	-	Oui	Oui	Oui	Oui
Système d'autodiagnostic OBD	-	- ^a	- ^b	Oui	Oui

^a Prévu pour 2008 au plus tôt.

^b Prévu pour 2008 au plus tôt.

¹ Selon les définitions de l'annexe 7 de la Résolution d'ensemble sur la construction des véhicules (R.E.3) (document TRANS/WP.29/78/Rev.1/Amend.2, modifié en dernier lieu par l'amendement 4).

1.2 Homologations équivalentes

Les moteurs mentionnés ci-après n'ont pas à être homologués conformément au présent Règlement s'ils font partie d'un véhicule homologué conformément au Règlement n° 83:

- a) Moteurs diesel destinés à être montés sur des véhicules des catégories N₁, N₂ et M₂¹ fonctionnant au gazole;
- b) Les moteurs à allumage commandé fonctionnant au gaz naturel (GN) ou au gaz de pétrole liquéfié (GPL) destinés à être montés sur des véhicules de la catégorie N₁¹.

2. DÉFINITIONS

2.1 Aux fins du présent Règlement, on entend par:

«homologation d'un moteur (d'une famille de moteurs)», l'homologation d'un type de moteur (d'une famille de moteurs) en ce qui concerne le niveau des émissions de gaz polluants et de particules polluantes;

«stratégie auxiliaire de réduction des émissions (AECS)», une stratégie de réduction des émissions qui est active ou qui modifie la stratégie de base de réduction des émissions à des fins particulières et en réponse à un ensemble spécifique de conditions ambiantes et/ou de conditions de fonctionnement (vitesse du véhicule, régime moteur, vitesse utilisée, température d'admission, pression d'admission, etc.);

«stratégie de base de réduction des émissions (BECS)», une stratégie de réduction des émissions qui est active sur toute la gamme pratique de régime et de charge du moteur sauf lorsqu'une stratégie AECS est activée. Au nombre des BECS, on peut citer à titre d'exemples:

- a) la cartographie d'allumage/injection du moteur,
- b) la cartographie de recyclage des gaz d'échappement (EGR),
- c) la cartographie de dosage du réactif pour la réduction catalytique sélective (SCR);

«système combiné de filtre à particules et de piège à NO_x», un système de traitement aval des gaz d'échappement conçu pour réduire simultanément les émissions d'oxydes d'azote (NO_x) et de particules polluantes (PT);

¹ Selon les définitions de l'annexe 7 de la Résolution d'ensemble sur la construction des véhicules (R.E.3) (document TRANS/WP.29/78/Rev.1/Amend.2, modifié en dernier lieu par l'amendement 4).

«régénération continue», le processus de régénération d'un système de traitement aval des gaz d'échappement qui se produit en permanence ou au moins une fois par essai ETC. Un tel processus de régénération ne demande pas de procédure d'essai spéciale;

«zone de contrôle», la zone comprise entre les régimes A et C du moteur et entre un taux de charge de 25 à 100 %;

«puissance maximale déclarée (P_{max})», la puissance maximale en kW «CE» (puissance nette) qui est déclarée par le constructeur dans sa demande d'homologation;

«stratégie d'invalidation»:

- a) une stratégie AECS qui réduit l'efficacité de la réduction d'émissions par la BECS dans des conditions susceptibles d'être rencontrées dans le fonctionnement et l'usage normaux du véhicule,
- b) une stratégie BECS qui distingue le fonctionnement selon un essai normalisé d'homologation et d'autres conditions de fonctionnement et qui offre un moindre niveau de réduction des émissions lorsque les conditions diffèrent sensiblement de celles prises en compte dans les procédures d'essai d'homologation, ou
- c) une stratégie d'autodiagnostic (OBD) ou de surveillance de la réduction des émissions qui distingue le fonctionnement selon un essai normalisé d'homologation et d'autres conditions de fonctionnement et qui offre un moindre niveau de surveillance (en temps et en précision) lorsque les conditions diffèrent sensiblement de celles prises en compte dans les procédures d'essai d'homologation;

«système de réduction des NO_x », un système de traitement aval des gaz d'échappement destiné à réduire les émissions d'oxydes d'azote (NO_x) (tel que: catalyseur NO_x actif ou passif en régime pauvre, piège à NO_x , et système de réduction catalytique sélective (SCR));

«temps de retard», le délai entre la variation du constituant à mesurer au point de référence et une réponse du système de mesure de 10 % de la valeur de lecture finale (t_{10}). Dans le cas des constituants gazeux, il s'agit en fait de la durée de transport du constituant mesuré depuis la sonde de prélèvement jusqu'au détecteur. Pour la détermination du temps de retard, la sonde de prélèvement est définie comme point de référence;

«moteur diesel», un moteur qui fonctionne selon le principe de l'allumage par compression;

«essai ELR», un cycle d'essai comportant une séquence de paliers de mise en charge à régimes moteur constants à appliquer conformément au paragraphe 5.2;

«essai ESC», cycle d'essai à 13 modes en régime stabilisé à appliquer conformément au paragraphe 5.2;

«essai ETC», un cycle d'essai comportant 1 800 modes transitoires seconde par seconde à appliquer conformément au paragraphe 5.2;

«élément de conception», dans le cas d'un véhicule ou d'un moteur:

- a) tout système de gestion, y compris les logiciels, les systèmes de gestion électronique et la logique informatique,
- b) tout étalonnage du système de gestion,
- c) tout résultat des interactions entre systèmes,
- d) tout élément de matériel;

«défaut du système antipollution», toute défectuosité ou tout écart par rapport aux tolérances normales de production dans la conception, les matériaux ou l'exécution d'un dispositif, d'un système ou d'un montage qui affecte tout paramètre, toute spécification ou tout composant du système antipollution. L'absence d'un composant peut être considérée comme un défaut du système antipollution;

«stratégie de réduction des émissions (ECS)», un élément ou un ensemble d'éléments qui est intégré dans la conception globale d'un moteur ou véhicule pour les besoins de la réduction des émissions d'échappement et qui comprend une BECS et un ensemble d'AECS;

«système antipollution», le système de traitement aval des gaz d'échappement, les modules de gestion électronique du moteur et tout composant lié aux émissions du système moteur qui fournit des données à ces modules ou qui en reçoit, de même que – le cas échéant – l'interface de communication (matériel et messages) entre les modules de gestion électronique du moteur (EECU) et tout autre module de gestion du train motopropulseur ou du véhicule ayant rapport avec la gestion des émissions;

«système de surveillance du système antipollution», le système contrôlant le fonctionnement correct des mesures de réduction des NO_x appliquées dans le système moteur conformément aux dispositions du paragraphe 5.5.

«mode défaut du système antipollution», un mode dans lequel une stratégie AECS est activée en cas de défaut de fonctionnement de l'ECS détecté par le système OBD qui cause l'actionnement du MI, et qui ne nécessite pas de signal provenant du composant ou système défectueux;

«famille de systèmes de traitement aval des gaz d'échappement», dans le cadre des essais d'un programme d'accumulation d'heures de fonctionnement en vue de déterminer les facteurs de détérioration conformément à l'annexe 7 du présent

Règlement et du contrôle de la conformité des véhicules/moteurs en service conformément à l'annexe 8 du présent Règlement, un groupe de moteurs d'un constructeur qui entrent dans la définition d'une famille de moteurs, mais qui sont en outre groupés en moteurs utilisant un système similaire de traitement aval des gaz d'échappement;

«système moteur», le moteur, le système antipollution et l'interface de communication (matériel et messages) entre le ou les modules de gestion électronique du moteur (EECU) et tout autre module de gestion du groupe motopropulseur ou du véhicule;

«famille de moteurs», un groupe de moteurs d'un constructeur qui, de par leurs caractéristiques de conception, telles qu'elles sont définies à l'annexe 7 du présent Règlement, présentent des caractéristiques similaires en matière d'émissions d'échappement;

«plage de régime d'utilisation du moteur», la plage de régime moteur la plus fréquemment utilisée en service normal du moteur, comprise entre le régime inférieur et le régime supérieur définis à l'annexe 1 du présent Règlement;

«régimes A, B et C du moteur», les régimes d'essai, compris dans la plage de régime d'utilisation du moteur, qui doivent être utilisés pour les essais ESC et ELR définis à l'annexe 4A, appendice 1, du présent Règlement;

«réglage moteur», une configuration spécifique véhicule/moteur qui comprend la stratégie de réduction des émissions (ECS), une seule valeur nominale de performances du moteur (courbe de pleine charge homologuée) et, le cas échéant, un ensemble de limiteurs de couple;

«type de moteur», une catégorie de moteurs qui ne présentent pas entre eux de différence quant aux aspects essentiels tels que les caractéristiques du moteur comme décrites à l'annexe 1 du présent Règlement;

«système de traitement aval des gaz d'échappement», un catalyseur (d'oxydation ou trifonctionnel), un filtre à particules, un système de réduction des NO_x, un système combiné de filtre à particules et de réduction des NO_x et tout autre dispositif de réduction des émissions qui est installé en aval du moteur. La présente définition ne prend pas en considération les systèmes de recyclage des gaz d'échappement qui, lorsqu'ils sont présents, sont considérés comme faisant partie intégrante du moteur;

«moteur alimenté au gaz», un moteur à allumage commandé qui fonctionne au gaz naturel (GN) ou au gaz de pétrole liquéfié (GPL);

«gaz polluants», le monoxyde de carbone, les hydrocarbures (sur la base d'un taux de CH_{1,85} pour le gazole, CH_{2,525} pour le GPL et CH_{2,93} pour le gaz naturel (HCNM) et d'une molécule de référence de CH₃O_{0,5} pour les moteurs diesel alimentés à l'éthanol, le méthane (sur la base d'un taux de CH₄ pour le gaz naturel) et les oxydes d'azote, exprimés en équivalent dioxyde d'azote (NO₂);

«régime haut ($n_{sup.}$)», le régime moteur le plus élevé où 70 % de la puissance maximale déclarée sont disponibles;

«régime bas ($n_{inf.}$)», le régime moteur le plus bas où 50 % de la puissance maximale déclarée sont disponibles;

«défaut de fonctionnement majeur»² un défaut de fonctionnement permanent ou temporaire du système de traitement aval des gaz d'échappement pouvant causer un accroissement immédiat ou retardé des émissions de gaz ou de particules du moteur qui ne peut être correctement évalué par le système OBD;

«défaut de fonctionnement»:

- a) toute détérioration ou défaillance, y compris électrique, du système antipollution pouvant causer un dépassement des seuils limites OBD pour les émissions ou, le cas échéant, un fonctionnement du système de traitement aval des gaz d'échappement se situant en dehors des limites d'efficacité admissibles, dans lequel les émissions de polluants réglementés dépassent les seuils limites OBD,
- b) tout cas dans lequel le système OBD n'est pas en mesure de respecter les prescriptions en matière de surveillance énoncées dans le présent Règlement.

Nonobstant cette définition, un constructeur peut considérer une détérioration ou défaillance qui ne cause pas d'accroissement des émissions au-delà des seuils limites OBD comme un défaut de fonctionnement;

«témoin de défaut de fonctionnement (MI)» un témoin visuel qui informe clairement le conducteur du véhicule de tout défaut de fonctionnement au sens du présent Règlement;

«moteur multiréglages», un moteur doté de plusieurs réglages moteur;

«gamme de gaz naturel», une des gammes H ou L définies dans la norme européenne EN 437 de novembre 1993;

«puissance nette», la puissance en kW mesurée au banc d'essai, en bout du vilebrequin ou de l'organe équivalent, conformément à la méthode de mesure fixée par le Règlement n° 85;

² Le paragraphe 5.4.1 du présent Règlement prévoit la surveillance des défauts de fonctionnement majeurs au lieu de celle de la dégradation ou de la perte d'efficacité catalytique/filtrante d'un système de traitement aval des gaz d'échappement. Des exemples de défauts de fonctionnement majeurs sont indiqués aux paragraphes 3.2.3.2 et 3.2.3.3 de l'annexe 9A du présent Règlement.

«système OBD», un système d'autodiagnostic s'appliquant au système antipollution, capable de détecter l'existence d'un défaut de fonctionnement et d'identifier la zone probable où se situe ce défaut de fonctionnement au moyen de codes défaut enregistrés dans une mémoire informatique;

«famille de moteurs du point de vue de l'OBD», aux fins de l'homologation du système OBD conformément aux prescriptions de l'annexe 9A du présent Règlement, un groupe de moteurs d'un constructeur dont les paramètres de conception des systèmes OBD sont communs conformément au paragraphe 7.3 du Règlement;

«opacimètre», un instrument destiné à mesurer l'opacité des particules de fumée selon le principe d'extinction de la lumière;

«moteur parent», un moteur sélectionné dans une famille de moteurs de manière que ses caractéristiques en matière d'émissions soient représentatives de cette famille de moteurs;

«dispositif de traitement aval des particules», un système de traitement aval des gaz d'échappement conçu pour réduire les émissions de particules polluantes (PT) par séparation mécanique, aérodynamique, par diffusion ou par inertie;

«particules polluantes», les matières recueillies sur un support filtrant prescrit, après passage des gaz d'échappement dilués au préalable avec de l'air propre filtré de sorte que la température ne dépasse pas 325 K (52 °C);

«taux de charge», la proportion du couple maximal disponible utilisée à un régime donné du moteur;

«régénération périodique», le processus de régénération d'un dispositif de réduction des émissions qui se produit périodiquement après moins de cent heures de fonctionnement normal du moteur. Lors des cycles pendant lesquels il y a régénération, les limites d'émission peuvent être dépassées;

«prise de force», un dispositif de sortie-moteur permettant d'alimenter des équipements auxiliaires montés sur un véhicule;

«réactif», tout agent qui est stocké dans un réservoir à bord du véhicule et qui est fourni au système de traitement aval des gaz d'échappement (le cas échéant) sur demande du système antipollution;

«recalage», un réglage fin d'un moteur à gaz naturel visant à obtenir les mêmes performances (puissance, consommation de carburant) avec une autre gamme de gaz naturel;

«régime de référence (n_{ref})», la valeur de régime 100 % à utiliser pour dénormaliser les valeurs de régime relatives de l'essai ETC tel qu'il est décrit à l'annexe 4A, appendice 2, du présent Règlement;

«temps de réponse», l'écart de temps entre une variation rapide du constituant à mesurer au point de référence et une réponse correspondante du système de mesure, dans le cas d'une variation du constituant d'au moins 60 % de l'échelle et se produisant en moins de 0,1 s. Le temps de réponse système (t_{90}) est la somme du temps de retard système et du temps de montée système (voir également la norme ISO 16183);

«temps de montée», l'écart de temps entre la réponse 10 % et 90 % de la lecture finale ($t_{90}-t_{10}$). Il s'agit de la réponse de l'instrument une fois que le constituant à mesurer est parvenu à l'instrument. Pour le temps de montée, la sonde de prélèvement est définie comme le point de référence;

«auto-adaptabilité», toute caractéristique du moteur qui permet de maintenir le rapport air/carburant constant;

«fumées», les particules en suspension dans le flux de gaz d'échappement d'un moteur diesel qui absorbent, réfléchissent ou réfractent la lumière;

«cycle d'essai», une séquence de points d'essai, chaque point étant défini par une vitesse et un couple, à exécuter avec le moteur en conditions stabilisées (essai ESC) ou en conditions transitoires (essais ETC, ELR);

«limiteur de couple», un dispositif qui limite temporairement le couple maximum du moteur;

«temps de transformation», l'écart de temps entre la variation du constituant à mesurer à la sonde de prélèvement et une réponse système de 50 % de la lecture finale (t_{50}). Le temps de transformation est utilisé pour aligner le signal de différents instruments de mesure;

«durée de service» pour les véhicules et moteurs qui sont homologués conformément à la ligne B1, B2 ou C du tableau figurant au paragraphe 5.2.1, le kilométrage et/ou la durée prescrits au paragraphe 3 (durée de service des systèmes antipollution) du présent Règlement au cours desquels le respect des limites d'émission de gaz, de particules et de fumées doit être garanti dans le cadre de l'homologation des véhicules;

«indice de Wobbe (Winf. inférieur ou Wsup. supérieur)», le rapport de la valeur calorifique correspondante d'un gaz par unité de volume à la racine carrée de sa densité relative dans les mêmes conditions de référence:

$$W = H_{\text{gas}} \times \sqrt{\rho_{\text{air}} / \rho_{\text{gas}}}$$

«facteur de recalage (S_{λ})», une expression qui décrit la souplesse requise du système de gestion du moteur en ce qui concerne une modification du rapport d'excès d'air λ si le moteur est alimenté avec une composition de gaz différente du méthane pur (voir l'annexe 7 pour la détermination de S_{λ}).

2.2 Symboles, abréviations et normes internationales

2.2.1 Symboles des paramètres d'essai

Symbole	Unité	Signification
A_p	m^2	Aire de la section de la sonde de prélèvement isocinétique
A_e	m^2	Aire de la section du tuyau d'échappement
c	ppm/% vol	Concentration
C_d	—	Coefficient de décharge SSV-CVS
C_1	—	Hydrocarbures équivalents en carbone 1
d	m	Diamètre
D_0	m^3/s	Coordonnée à l'origine de la fonction d'étalonnage de la pompe volumétrique
D	—	Facteur de dilution
D	—	Constante de la fonction de Bessel
E	—	Constante de la fonction de Bessel
E_E	—	Efficacité pour l'éthane
E_M	—	Efficacité pour le méthane
E_Z	g/kWh	Émissions interpolées de NO_x du point de contrôle
f	1/s	Fréquence
f_a	—	Facteur atmosphérique du laboratoire
f_c	s^{-1}	Fréquence de coupure du filtre de Bessel
F_s	—	Facteur stœchiométrique
H	MJ/m^3	Pouvoir calorifique
H_a	g/kg	Humidité absolue de l'air d'admission
H_d	g/kg	Humidité absolue de l'air de dilution
i	—	Indice s'appliquant à un mode individuel ou une mesure instantanée
K	—	Constante de Bessel
k	m^{-1}	Coefficient d'absorption de la lumière
k_f	—	Facteur de correction «conditions sèches/conditions humides» spécifique au carburant
$k_{h,D}$	—	Facteur de correction d'humidité des NO_x pour moteurs diesel

Symbole	Unité	Signification
$k_{h,G}$	—	Facteur de correction d'humidité des NO _x pour moteurs à gaz
K_V		Fonction d'étalonnage du CFV
$k_{W,a}$	—	Facteur de correction lors du passage de conditions sèches à des conditions humides pour l'air d'admission
$k_{W,d}$	—	Facteur de correction lors du passage de conditions sèches à des conditions humides pour l'air de dilution
$k_{W,e}$	—	Facteur de correction lors du passage de conditions sèches à des conditions humides pour les gaz d'échappement dilués
$k_{W,r}$	—	Facteur de correction lors du passage de conditions sèches à des conditions humides pour les gaz d'échappement bruts
L	%	Pourcentage du couple maximal fourni par le moteur d'essai
L_a	m	Longueur effective du chemin optique
M_{ra}	g/mol	Masse moléculaire de l'air d'admission
M_{re}	g/mol	Masse moléculaire des gaz d'échappement
m_d	kg	Masse de l'échantillon d'air de dilution traversant les filtres de prélèvement des particules
m_{ed}	kg	Masse totale diluée des gaz d'échappement sur la durée du cycle
m_{edf}	kg	Masse des gaz d'échappement dilués équivalents sur la durée du cycle
m_{ew}	kg	Masse totale des gaz d'échappement sur la durée du cycle
m_f	mg	Masse de particules collectées
$m_{f,d}$	mg	Masse de particules collectées dans l'air de dilution
m_{gas}	g/h ou g	Indice de débit massique des émissions gazeuses
m_{se}	kg	Masse de particules collectées sur la durée du cycle
m_{sep}	kg	Masse de gaz d'échappement dilués traversant les filtres de collecte
m_{set}	kg	Masse de gaz d'échappement doublement dilués traversant les filtres de collecte
m_{ssd}	kg	Masse de l'air de dilution secondaire

Symbole	Unité	Signification
N	%	Opacité
N _p	—	Nombre total de tours de la pompe volumétrique sur la durée du cycle
N _{p,i}	—	Nombre de tours de la pompe volumétrique durant un intervalle de temps
n	min ⁻¹	Régime du moteur
n _p	s ⁻¹	Vitesse de la pompe volumétrique
n _{hi}	min ⁻¹	Régime haut du moteur
n _{lo}	min ⁻¹	Régime bas du moteur
n _{ref}	min ⁻¹	Régime de référence moteur pour l'essai ETC
p _a	kPa	Pression de vapeur saturante de l'air d'admission
p _b	kPa	Pression atmosphérique totale
p _d	kPa	Pression de vapeur saturante de l'air de dilution
p _p	kPa	Pression absolue
p _r	kPa	Pression de vapeur d'eau après le bain de refroidissement
p _s	kPa	Pression atmosphérique en conditions sèches
p _l	kPa	Dépression à l'entrée de la pompe
P(a)	kW	Puissance absorbée par les dispositifs auxiliaires à monter pour l'essai
P(b)	kW	Puissance absorbée par les dispositifs auxiliaires à démonter pour l'essai
P(n)	kW	Puissance nette non corrigée
P(m)	kW	Puissance mesurée au banc d'essai
q _{maw}	kg/h ou kg/s	Débit massique d'air d'admission en conditions humides
q _{mad}	kg/h ou kg/s	Débit massique d'air d'admission en conditions sèches
q _{mdw}	kg/h ou kg/s	Débit massique d'air de dilution en conditions humides
q _{mdew}	kg/h ou kg/s	Débit massique de gaz d'échappement dilués en conditions humides
q _{mdew,i}	kg/s	Masse instantanée de l'échantillon à volume constant en conditions humides

Symbole	Unité	Signification
q_{medf}	kg/h ou kg/s	Débit massique équivalent de gaz d'échappement dilués en conditions humides
q_{mew}	kg/h ou kg/s	Débit massique de gaz d'échappement en conditions humides
q_{mf}	kg/h ou kg/s	Débit massique de carburant
q_{mp}	kg/h ou kg/s	Débit massique d'air de dilution
q_{vs}	dm ³ /min	Débit de prélèvement dans le banc d'analyse
q_{vt}	cm ³ /min	Débit massique du gaz traceur
Ω	—	Constante de Bessel
Q_s	m ³ /s	Débit volumique PDP/CFV-CVS
Q_{SSV}	m ³ /s	Débit volumique CVS-SSV
r_a	—	Rapport de l'aire de la section de la sonde isocinétique à celle du tuyau d'échappement
r_d	—	Taux de dilution
r_D	—	Rapport de diamètre SSV-CVS
r_p	—	Rapport de pression SSV-CVS
r_s	—	Taux de prélèvement
R_f	—	Facteur de réponse du détecteur d'ionisation de flamme
ρ	kg/m ³	Masse volumique
S	kW	Réglage du dynamomètre
S_i	m ⁻¹	Valeur instantanée des fumées
S_λ	—	Facteur de recalage
T	K	Température absolue
T_a	K	Température absolue de l'air d'admission
t	s	Temps de mesure
t_e	s	Temps de réponse électrique
t_f	s	Temps de réponse des filtres pour la fonction de Bessel
t_p	s	Temps de réponse physique
Δt	s	Intervalle de temps entre des mesures de fumées successives (= 1/taux d'échantillonnage)

Symbole	Unité	Signification
Δt_i	s	Intervalle de temps pour l'écoulement instantané du CVS
τ	%	Transmittance des fumées
u	—	Rapport entre les masses volumiques des constituants gazeux et des gaz d'échappement
V_0	m ³ /rev	Volume de gaz pompé par tour de PDP
V_s	l	Volume net du banc d'analyse
W	—	Indice de Wobbe
W_{act}	kWh	Travail du cycle effectif de l'essai ETC
W_{ref}	kWh	Travail du cycle de référence de l'essai ETC
W_f	—	Facteur de pondération
W_{fe}	—	Facteur de pondération effectif
X_0	m ³ /rev	Fonction d'étalonnage du débit volumique de la pompe volumétrique
Y_i	m ⁻¹	Valeur moyenne de Bessel des fumées sur 1 s

2.2.2 Symboles des composants chimiques:

CH ₄	méthane
C ₂ H ₆	éthane
C ₂ H ₅ OH	éthanol
C ₃ H ₈	propane
CO	monoxyde de carbone
CO ₂	dioxyde de carbone
DOP	di-octylphalate
HC	hydrocarbures
NMHC	hydrocarbures non méthaniques
NO _x	oxydes d'azote
NO	monoxyde d'azote
NO ₂	dioxyde d'azote
PT	particules

2.2.3 Abréviations:

CFV	venturi à écoulement critique
CG	chromatographe à gaz
CLD	détecteur à chimiluminescence
ELR	essai européen de mise en charge dynamique
ESC	essai européen en conditions stabilisées
ETC	essai européen en conditions transitoires
FID	détecteur à ionisation de flamme

GN	gaz naturel
GPL	gaz de pétrole liquéfié
HCLD	détecteur à chimiluminescence chauffé
HFID	détecteur d'ionisation de flamme chauffé
NDIR	analyseur non dispersif à absorption dans l'infrarouge
NMC	convertisseur de HCNM

2.2.4 Symboles s'appliquant à la composition du carburant

W_{ALF}	teneur du carburant en hydrogène, % masse
W_{BET}	teneur du carburant en carbone, % masse
W_{GAM}	teneur du carburant en soufre, % masse
W_{DEL}	teneur du carburant en azote, % masse
W_{EPS}	teneur du carburant en oxygène, % masse
α	rapport hydrogène molaire (H/C)
β	rapport carbone molaire (H/C)
γ	rapport soufre molaire (H/C)
δ	rapport azote molaire (H/C)
ε	rapport oxygène molaire (H/C)

se rapportant à un carburant: $C_{\beta}H_{\alpha}O_{\varepsilon}N_{\delta}S_{\gamma}$

$\beta = 1$ pour les carburants à base de carbone,

$\beta = 0$ pour les carburants à base d'hydrogène

2.2.5 Normes référencées par le présent Règlement

ISO 15031-1	ISO 15031-1: 2001 «Véhicules routiers – Communication entre un véhicule et un équipement externe pour le diagnostic relatif aux émissions – Partie 1: Informations générales»
ISO 15031-2	ISO/PRF TR 15031-2: 2004 «Véhicules routiers – Communication entre un véhicule et un équipement externe pour le diagnostic relatif aux émissions – Partie 2: termes, définitions, abréviations et acronymes»
ISO 15031-3	ISO 15031-3: 2004 «Communications entre un véhicule et un équipement externe pour le diagnostic relatif aux émissions – Partie 3: Connecteur de diagnostic et circuits électriques associés: spécifications et utilisation»
SAE J1939-13	SAE J1939-13: «Off-Board Diagnostic Connector»
ISO 15031-4	ISO DIS 15031-4.3: 2004 «Véhicules routiers – Communication entre un véhicule et un équipement externe pour le diagnostic relatif aux émissions – Partie 4: Équipement d'essai externe»
SAE J1939-73	SAE J1939-73: «Application Layer – Diagnostics»

ISO 15031-5	ISO DIS 15031-5.4: 2004 «Véhicules routiers – Communication entre un véhicule et un équipement externe pour le diagnostic relatif aux émissions – Partie 5: Services de diagnostic relatif aux émissions»
ISO 15031-6	ISO/DIS 15031-6.4: 2004 «Véhicules routiers – Communication entre un véhicule et un équipement externe pour le diagnostic relatif aux émissions – Partie 6: Définition des codes d'anomalie de diagnostic»
SAE J2012	SAE J2012: «Diagnostic Trouble Code Definitions Equivalent to ISO/DIS 15031-6», 30 avril 2002
ISO 15031-7	ISO 15031-7: 2001 «Véhicules routiers – Communication entre un véhicule et un équipement externe pour le diagnostic relatif aux émissions – Partie 7: Sécurité de la liaison de données»
SAE J2186	SAE J2186: «E/E Data Link Security», datée d'octobre 1996
ISO 15765-4	ISO 15765-4: 2001 «Véhicules routiers – Diagnostic sur réseau local de commande (CAN) – Partie 4: Exigences applicables aux systèmes associés aux émissions»
SAE J1939	SAE J1939, «Recommended Practice for a Serial Control and Communications Vehicle Network»
ISO 16185	ISO 16185: 2000 «Véhicules routiers – Familles de moteurs pour homologation»
ISO 2575	ISO 2575: 2000 «Véhicules routiers – Symboles pour les commandes, indicateurs et témoins»
ISO 16183	ISO 16183: 2002 «Moteurs de poids lourds – Détermination, sur cycle transitoire, des émissions de polluants gazeux par mesure des concentrations dans les gaz d'échappement bruts et des émissions de particules en utilisant un système de dilution partielle»

3. DEMANDE D'HOMOLOGATION

3.1 Demande d'homologation d'un type de moteur ou d'une famille de moteurs considéré(e) comme une entité technique distincte

3.1.1 La demande d'homologation d'un type de moteur ou d'une famille de moteurs en ce qui concerne le niveau des émissions de gaz polluants et de particules polluantes des moteurs diesel et le niveau des émissions de gaz polluants des moteurs à gaz, ainsi que la durée de service des équipements et le système d'autodiagnostic (OBD), doit être présentée par le constructeur du moteur ou un mandataire dûment accrédité.

Si la demande concerne un moteur équipé d'un système d'autodiagnostic (OBD), les prescriptions du paragraphe 3.4 doivent être remplies.

3.1.2 Elle doit être accompagnée des documents mentionnés ci-après, en triple exemplaire, et des informations suivantes:

3.1.2.1 une description du type de moteur ou, selon le cas, de la famille de moteurs, spécifiant toutes les caractéristiques énumérées à l'annexe 1 du présent Règlement.

3.1.3 Un moteur conforme aux caractéristiques du «type de moteur» ou du «moteur parent» définies à l'annexe 1 doit être présenté au service technique chargé des essais d'homologation prescrits au paragraphe 5.

3.2 Demande d'homologation d'un type de véhicule en ce qui concerne son moteur

3.2.1 La demande d'homologation d'un véhicule en ce qui concerne le niveau des émissions de gaz polluants et de particules polluantes de son moteur ou sa famille de moteurs diesel et le niveau des émissions de gaz polluants de son moteur ou sa famille de moteurs à gaz, ainsi que la durée de service des équipements et le système d'autodiagnostic (OBD), doit être présentée par le constructeur du véhicule ou par un mandataire dûment accrédité.

Si la demande concerne un moteur équipé d'un système d'autodiagnostic (OBD), les prescriptions du paragraphe 3.4 doivent être remplies.

3.2.2 Elle doit être accompagnée des documents mentionnés ci-après, en triple exemplaire, et des informations suivantes:

3.2.2.1 une description du type de véhicule, des éléments du véhicule liés au moteur et du type de moteur ou de la famille de moteurs, selon le cas, spécifiant les caractéristiques énumérées à l'annexe 1.

3.2.3 Le constructeur doit également communiquer une description de l'indicateur de défaut de fonctionnement (MI) utilisé par le système d'autodiagnostic (OBD) pour signaler au conducteur du véhicule l'existence d'un défaut de fonctionnement.

Le constructeur doit en outre communiquer une description de l'indicateur et du mode d'alerte utilisé pour signaler au conducteur du véhicule que le réactif prescrit pour le traitement des gaz d'échappement est sur le point de manquer.

3.3 Demande d'homologation d'un type de véhicule équipé d'un moteur homologué

3.3.1 La demande d'homologation d'un véhicule en ce qui concerne le niveau des émissions de gaz polluants et de particules polluantes de son moteur ou sa famille de moteurs diesel homologués et le niveau des émissions de gaz polluants de son moteur ou sa famille de moteurs à gaz homologués, ainsi que la durée de service des équipements et le système d'autodiagnostic (OBD), doit être présentée par le constructeur du véhicule ou par un mandataire dûment accrédité.

3.3.2 Elle doit être accompagnée des documents mentionnés ci-après, en triple exemplaire, et des informations suivantes:

3.3.2.1 une description du type de véhicule et des éléments du véhicule liés au moteur, spécifiant les caractéristiques énumérées à l'annexe 1, dans la mesure où elles sont pertinentes, ainsi qu'une copie de la fiche d'homologation (annexe 2A) pour le moteur ou, selon le cas, la famille de moteurs, en tant qu'entité technique distincte installée sur le type de véhicule.

3.3.3 Le constructeur doit également communiquer une description de l'indicateur de défaut de fonctionnement (MI) utilisé par le système d'autodiagnostic (OBD) pour signaler au conducteur du véhicule l'existence d'un défaut de fonctionnement.

Le constructeur doit en outre communiquer une description de l'indicateur et du mode d'alerte utilisé pour signaler au conducteur du véhicule que le réactif prescrit pour le traitement des gaz d'échappement est sur le point de manquer.

3.4 Systèmes d'autodiagnostic (OBD)

3.4.1 La demande d'homologation d'un moteur équipé d'un système d'autodiagnostic (OBD) doit être accompagnée des informations demandées au paragraphe 9 de l'appendice 1 de l'annexe 1 (caractéristiques essentielles du moteur parent) et/ou au paragraphe 6 de l'appendice 2 de l'annexe 1 (caractéristiques essentielles d'un type de moteur de la famille), complétées par:

3.4.1.1 une description écrite détaillée et complète des caractéristiques de fonctionnement du système OBD, comprenant la liste de tous les éléments qui composent le système antipollution du moteur, c'est-à-dire capteurs, actionneurs et composants qui sont soumis à la surveillance du système OBD;

3.4.1.2 s'il y a lieu, une déclaration du constructeur concernant les paramètres de base de la surveillance des défauts de fonctionnement majeurs;

3.4.1.2.1 en outre, le constructeur doit fournir au service technique une description des défaillances potentielles du système antipollution qui sont susceptibles d'avoir une influence sur les émissions. Ces renseignements feront l'objet d'une discussion et d'un accord entre le service technique et le constructeur du véhicule;

3.4.1.3 s'il y a lieu, une description de l'interface de communication (matériel et messages) entre le module de gestion électronique du moteur (EECU) et tout autre module de gestion du groupe motopropulseur ou du véhicule lorsque les informations échangées ont une influence sur le bon fonctionnement du système antipollution;

3.4.1.4 s'il y a lieu, des copies des autres fiches d'homologation avec les données nécessaires pour l'extension des homologations;

3.4.1.5 s'il y a lieu, les caractéristiques de la famille de moteurs mentionnées au paragraphe 7 du présent Règlement;

- 3.4.1.6 le constructeur doit décrire les dispositions prises pour prévenir toute manipulation non autorisée et modification du module de gestion électronique du moteur (EECU) ou de tout paramètre d'interface mentionné au paragraphe 3.4.1.3.

4. HOMOLOGATION

4.1 Homologation universelle pour tous carburants de même nature

Une homologation universelle pour tous carburants de même nature est délivrée lorsqu'il est satisfait aux conditions suivantes:

- 4.1.1 Dans le cas d'un moteur alimenté au gazole ou à l'éthanol, si le moteur parent satisfait aux prescriptions du présent Règlement pour la marche avec le carburant de référence prescrit à l'annexe 5;

- 4.1.2 Dans le cas d'un moteur alimenté au gaz naturel, si le moteur parent démontre son aptitude à s'adapter à toute composition de carburant pouvant être rencontrée sur le marché. En ce qui concerne le gaz naturel, il existe en général deux gammes de carburants – le carburant à haut pouvoir calorifique (gaz H) et le carburant à bas pouvoir calorifique (gaz L) – avec cependant des variations importantes dans chaque gamme; les carburants diffèrent en effet sensiblement par leur pouvoir énergétique exprimé selon l'indice de Wobbe et leur facteur de recalage (S_λ). Les formules pour le calcul de l'indice de Wobbe et de S_λ sont données au paragraphe 2.1. Les gaz naturels dont le facteur de recalage se situe entre 0,89 et 1,08 ($0,89 \leq S_\lambda \leq 1,08$) sont considérés comme des gaz H, alors que ceux dont le facteur de recalage se situe entre 1,08 et 1,19 ($1,08 \leq S_\lambda \leq 1,19$) sont considérés comme des gaz L. La composition des carburants de référence reflète les variations extrêmes de S_λ .

Le moteur parent doit satisfaire aux conditions du présent Règlement pour la marche avec les carburants de référence G_R (carburant 1) et G_{25} (carburant 2), tels qu'ils sont définis à l'annexe 5, sans nouveau réglage du mélange entre les deux essais.

Toutefois, il est permis d'exécuter un cycle ETC d'adaptation, sans effectuer de mesure, après le changement de carburant. Avant les essais, le moteur parent doit être rodé selon la procédure indiquée au paragraphe 3 de l'appendice 2 de l'annexe 4A.

- 4.1.2.1 À la demande du fabricant, le moteur peut être essayé avec un troisième carburant (carburant 3) si le facteur de recalage (S_λ) se situe entre 0,89 (c'est-à-dire la valeur inférieure de la gamme G_R) et 1,19 (c'est-à-dire la valeur supérieure de la gamme G_{25}), par exemple lorsque le carburant 3 est un carburant du marché. Les résultats de cet essai peuvent servir de base pour évaluer la conformité de la production.

- 4.1.3 Dans le cas d'un moteur alimenté au gaz naturel ayant la capacité d'auto-adaptation pour la gamme des gaz H d'une part, et pour la gamme des gaz L d'autre part, et qui passe d'une gamme à l'autre au moyen d'un commutateur, le moteur parent doit être essayé dans chaque position du commutateur avec le carburant de référence correspondant à la position concernée, tel que défini à l'annexe 5 pour chaque gamme. Les carburants correspondants sont G_R (carburant 1) et G_{23} (carburant 3)

pour la gamme des gaz H et G₂₅ (carburant 2) et G₂₃ (carburant 3) pour la gamme des gaz L. Le moteur parent doit satisfaire aux conditions du présent Règlement sur les deux positions du commutateur, sans correction du mélange entre les deux essais exécutés sur la position concernée. Toutefois, il est permis d'exécuter un cycle ETC, sans effectuer de mesure après le changement de carburant. Avant les essais, le moteur parent doit être rodé selon la procédure indiquée au paragraphe 3 de l'appendice 2 de l'annexe 4A.

- 4.1.3.1 À la demande du constructeur, le moteur peut être essayé avec un troisième carburant au lieu de G₂₃ (carburant 3) si le facteur de recalage (S_λ) se situe entre 0,89 (c'est-à-dire la valeur inférieure de la gamme G_R) et 1,19 (c'est-à-dire la valeur supérieure de la gamme G_{25}), par exemple lorsque le carburant 3 est un carburant du marché. Les résultats de cet essai peuvent servir de base pour évaluer la conformité de production.

- 4.1.4 Dans le cas des moteurs fonctionnant au gaz naturel, le rapport des résultats d'émissions «r» doit être déterminé comme suit pour chaque polluant:

$$r = \frac{\text{résultats d'émissions avec le carburant de référence 2}}{\text{résultats d'émissions avec le carburant de référence 1}}$$

ou

$$r_a = \frac{\text{résultats d'émissions avec le carburant de référence 2}}{\text{résultats d'émissions avec le carburant de référence 3}}$$

et

$$r_b = \frac{\text{résultats d'émissions avec le carburant de référence 1}}{\text{résultats d'émissions avec le carburant de référence 3}}$$

- 4.1.5 Dans le cas d'un moteur alimenté au GPL, le moteur parent devrait démontrer son aptitude à s'adapter à toute composition de carburant pouvant être rencontrée sur le marché. Pour ce gaz, il existe des variations de la composition C₃/C₄. La composition des carburants de référence reflète les variations de ce paramètre. Le moteur parent devrait satisfaire aux prescriptions en matière d'émissions avec les carburants de référence A et B, tels qu'ils sont définis à l'annexe 5, sans nouveau réglage du mélange entre les deux essais. Toutefois, il est permis d'exécuter un cycle ETC d'adaptation sans effectuer de mesure après le changement de carburant. Avant les essais, le moteur parent doit être rodé selon la procédure indiquée au paragraphe 3 de l'appendice 2 à l'annexe 4A.

- 4.1.5.1 Le rapport des résultats d'émissions «r» doit être déterminé comme suit pour chaque polluant:

$$r = \frac{\text{résultats d'émissions avec le carburant de référence B}}{\text{résultats d'émissions avec le carburant de référence A}}$$

4.2 Délivrance d'une homologation restreinte à une seule gamme de carburant

L'homologation restreinte à une seule gamme de carburant est délivrée lorsqu'il est satisfait aux conditions suivantes:

4.2.1 Homologation en ce qui concerne les émissions d'échappement d'un moteur alimenté au gaz naturel et équipé pour fonctionner soit sur la gamme des gaz H, soit sur la gamme des gaz L

Le moteur parent doit être essayé avec le carburant de référence correspondant, tel qu'il est défini à l'annexe 5 pour la gamme en question. Les carburants sont G_R (carburant 1) et G_{23} (carburant 3) pour la gamme de gaz H et G_{25} (carburant 2) et G_{23} (carburant 3) pour la gamme de gaz L. Le moteur parent doit satisfaire aux conditions du présent Règlement sans nouveau réglage de l'alimentation entre les deux essais. Toutefois, il est permis d'exécuter un cycle ETC d'adaptation sans effectuer de mesure après le changement de carburant. Avant les essais, le moteur parent doit être rodé selon la procédure indiquée au paragraphe 3 de l'appendice 2 de l'annexe 4A.

4.2.1.1 À la demande du constructeur, le moteur peut être essayé avec un troisième carburant au lieu de G_{23} (carburant 3) si le facteur de recalage (S_λ) se situe entre 0,89 (c'est-à-dire la valeur inférieure de la gamme G_R) et 1,19 (c'est-à-dire la valeur supérieure de la gamme G_{25}), par exemple lorsque le carburant 3 est un carburant du marché. Les résultats de cet essai peuvent servir de base pour évaluer la conformité de production.

4.2.1.2 Le rapport des résultats d'émissions «r» doit être déterminé comme suit pour chaque polluant:

$$r = \frac{\text{résultats d'émissions avec le carburant de référence 2}}{\text{résultats d'émissions avec le carburant de référence 1}}$$

ou

$$r_a = \frac{\text{résultats d'émissions avec le carburant de référence 2}}{\text{résultats d'émissions avec le carburant de référence 3}}$$

et

$$r_b = \frac{\text{résultats d'émissions avec le carburant de référence 1}}{\text{résultats d'émissions avec le carburant de référence 3}}$$

4.2.1.3 Lors de la livraison au client, le moteur doit porter une étiquette (voir le paragraphe 4.11) indiquant pour quelle gamme de gaz le moteur est homologué.

- 4.2.2 Homologation en ce qui concerne les émissions d'échappement d'un moteur alimenté au gaz naturel ou au GPL, équipé pour fonctionner avec une composition donnée de carburant
 - 4.2.2.1 Le moteur parent doit satisfaire aux prescriptions en matière d'émissions avec les carburants de référence G_R et G_{25} dans le cas du gaz naturel, ou les carburants de référence A et B dans le cas du GPL, tels qu'ils sont définis dans l'annexe 5. Entre les essais, un réglage fin du système d'alimentation est admis. Celui-ci consiste en un réétalonnage de la base de données d'alimentation qui ne doit modifier ni la stratégie fondamentale de gestion ni la structure principale de la base de données. S'il y a lieu, les éléments influant directement sur le débit de carburant (buses d'injecteurs par exemple) pourront être remplacés.
 - 4.2.2.2 À la demande du constructeur, le moteur peut être essayé avec les carburants de référence G_R et G_{23} ou avec les carburants de référence G_{25} et G_{23} , auquel cas l'homologation n'est valable que pour la gamme de gaz H ou L, respectivement.
 - 4.2.2.3 Lors de la livraison au client, le moteur doit porter une étiquette (voir le paragraphe 4.11) indiquant pour quelle composition de carburant le moteur a été réglé.

HOMOLOGATION DE MOTEURS ALIMENTÉS AU GAZ NATUREL

	Par. 4.1 Homologation universelle pour tous carburants	Nombre d'essais à exécuter	Calcul de: «r»	Par. 4.2 Homologation restreinte à une gamme de carburants	Nombre d'essais à exécuter	Calcul de: «r»
Voir par. 4.1.2: Moteur adaptable à toute composition de carburant	G _R (1) et G ₂₅ (2) À la demande du constructeur, le moteur peut être essayé avec un autre carburant du commerce (3), si S _λ = 0,89 – 1,19	2 (max. 3)	$r = \frac{\text{carburant 2 (G}_{25}\text{)}}{\text{carburant 1 (G}_R\text{)}}$ et, si essayé avec un autre carburant: $r_a = \frac{\text{carburant 2 (G}_{25}\text{)}}{\text{carburant 3 (carburant du commerce)}}$ et $r_b = \frac{\text{carburant 1 (G}_R\text{)}}{\text{carburant 3 (G}_{23}\text{ ou carburant du commerce)}}$			
Voir par. 4.1.3: Moteur auto-adaptable avec commutateur	G _R (1) et G ₂₃ (3) pour H et G ₂₅ (2) et G ₂₃ (3) pour L À la demande du constructeur, le moteur peut être essayé avec un carburant du commerce (3) au lieu de G ₂₃ , si S _λ = 0,89 – 1,19	2 pour la gamme H, et 2 pour la gamme L à la position concernée du commutateur 4	$r_b = \frac{\text{carburant 1 (G}_R\text{)}}{\text{carburant 3 (G}_{23}\text{ ou carburant du commerce)}}$ et $r_a = \frac{\text{carburant 2 (G}_{25}\text{)}}{\text{carburant 3 (G}_{23}\text{ ou carburant du commerce)}}$			
Voir par. 4.2.1: Moteur équipé pour fonctionner soit sur gamme de gaz H, soit sur gamme L				G _R (1) et G ₂₃ (3) pour H <u>ou</u> G ₂₅ (2) et G ₂₃ (3) pour L au lieu de G ₂₃ , si S _λ = 0,89 – 1,19	2 pour la gamme H ou 2 pour la gamme L 2	$r_b = \frac{\text{carburant 1 (G}_R\text{)}}{\text{carburant 3 (G}_{23}\text{ ou carburant du commerce)}}$ ou $r_a = \frac{\text{carburant 2 (G}_{25}\text{)}}{\text{carburant 3 (G}_{23}\text{ ou carburant du commerce)}}$ pour la gamme L
Voir par. 4.2.2: Moteur équipé pour fonctionner avec une composition donnée de carburant				G _R (1) et G ₂₅ (2), réglage fin admis entre les essais; À la demande du constructeur, le moteur peut être essayé avec G _R (1) et G ₂₃ (3) pour H ou G ₂₅ (2) et G ₂₃ (3) pour L	2 ou 2 pour la gamme H ou 2 pour la gamme L 2	

HOMOLOGATION DE MOTEURS ALIMENTÉS AU GPL

	Par. 4.1 Homologation universelle pour tous carburants	Nombre d'essais à exécuter	Calcul de: «r»	Par. 4.2 Homologation restreinte à une gamme de carburants	Nombre d'essais à exécuter	Calcul de: «r»
Voir par. 4.1.5: Moteur adaptable à toute composition de carburant	Carburant A et carburant B	2	$r = \frac{\text{carburant B}}{\text{carburant A}}$			
Voir par. 4.2.2: Moteur équipé pour fonctionner avec une composition donnée de carburant				Carburant A et carburant B, réglage fin admis entre les essais	2	

4.3 Homologation en ce qui concerne les émissions d'échappement d'un membre d'une famille de moteurs

4.3.1 À l'exception du cas mentionné au paragraphe 4.3.2, l'homologation d'un moteur parent doit être étendue à tous les membres de la même famille sans autre essai, pour toute composition de carburant située dans la gamme pour laquelle le moteur parent a été homologué (dans le cas des moteurs visés au paragraphe 4.2.2) ou pour la ou les gammes de carburant (dans le cas des moteurs visés au paragraphe 4.1 ou au paragraphe 4.2) pour laquelle le moteur parent a été homologué.

4.3.2 Moteur d'essai secondaire

Dans le cas d'une demande d'homologation d'un moteur, ou d'un véhicule en ce qui concerne son moteur, lorsque ce moteur appartient à une famille de moteurs, le service technique peut décider de sélectionner un autre moteur, et, si nécessaire, un moteur supplémentaire d'essai de référence, et le soumettre aux essais, si elle juge que pour le moteur parent choisi la demande d'homologation soumise n'est pas pleinement représentative de la famille de moteurs telle qu'elle est définie à l'appendice 1 de l'annexe I du Règlement.

4.4 Chaque homologation comporte l'attribution d'un numéro d'homologation dont les deux premiers chiffres (actuellement 05 pour la série 05 d'amendements) indiquent la série d'amendements correspondant aux plus récentes modifications techniques majeures apportées au Règlement à la date de la délivrance de l'homologation. Une même Partie contractante ne peut attribuer ce numéro à un autre type de moteur ou type de véhicule.

4.5 L'homologation ou l'extension ou le refus d'homologation d'un type de moteur ou d'un type de véhicule en application du présent Règlement est notifié aux Parties à l'Accord de 1958 appliquant le présent Règlement, au moyen d'une fiche conforme au modèle visé à l'annexe 2A ou 2B, suivant le cas, du présent Règlement. Les valeurs mesurées lors de l'essai du type doivent aussi être indiquées.

4.6 Sur tout moteur conforme à un type de moteur homologué en application du présent Règlement ou sur tout véhicule conforme à un type de véhicule homologué en application du présent Règlement, il est apposé une marque d'homologation internationale composée:

4.6.1 d'un cercle à l'intérieur duquel est placée la lettre «E» suivie du numéro distinctif du pays qui a accordé l'homologation¹;

¹ 1 pour l'Allemagne, 2 pour la France, 3 pour l'Italie, 4 pour les Pays-Bas, 5 pour la Suède, 6 pour la Belgique, 7 pour la Hongrie, 8 pour la République tchèque, 9 pour l'Espagne, 10 pour la Serbie [et Monténégro], 11 pour le Royaume-Uni, 12 pour l'Autriche, 13 pour le Luxembourg, 14 pour la Suisse, 15 (libre), 16 pour la Norvège, 17 pour la Finlande, 18 pour le Danemark, 19 pour la Roumanie, 20 pour la Pologne, 21 pour le Portugal, 22 pour la Fédération de Russie, 23 pour la Grèce, 24 pour l'Irlande, 25 pour la Croatie, 26 pour la Slovénie, 27 pour la

- 4.6.2 du numéro du présent Règlement, suivi de la lettre «R», d'un tiret et du numéro d'homologation, placé à la droite du cercle prévu au paragraphe 4.6.1;
- 4.6.3 d'un symbole supplémentaire placé après la lettre «R», qui doit indiquer le stade de réduction des émissions (valeurs limites d'émissions, OBD, etc.) pour lequel l'homologation a été accordée, conformément au tableau suivant:

Symbole	Ligne ^a	OBD Phase I ^b	OBD Phase II	Durée de service et facteurs de détérioration	Traitement des NO _x ^c
B	B1(2005)	OUI	-	OUI	-
C	B1(2005)	OUI	-	OUI	OUI
D	B2(2008)	OUI	-	OUI	-
E	B2(2008)	OUI	-	OUI	OUI
F	B2(2008)	-	OUI	OUI	-
G	B2(2008)	-	OUI	OUI	OUI
H	C	OUI	-	OUI	-
I	C	OUI	-	OUI	OUI
J	C	-	OUI	OUI	-
K	C	-	OUI	OUI	OUI

^a Conformément aux tableaux du paragraphe 5.2.1 du présent Règlement.

^b Conformément au paragraphe 5.4 du présent Règlement, les moteurs à gaz sont exclus de l'OBD phase I.

^c Conformément au paragraphe 5.5 du présent Règlement.

Slovaquie, 28 pour le Bélarus, 29 pour l'Estonie, 30 (libre), 31 pour la Bosnie-Herzégovine, 32 pour la Lettonie, 33 (libre), 34 pour la Bulgarie, 35 (libre), 36 pour la Lituanie, 37 pour la Turquie, 38 (libre), 39 pour l'Azerbaïdjan 40 pour l'ex-République yougoslave de Macédoine, 41 (libre), 42 pour la Communauté européenne (les homologations sont délivrées par les États membres sous leur propre marque CEE), 43 pour le Japon, 44 (libre), 45 pour l'Australie, 46 pour l'Ukraine, 47 pour l'Afrique du Sud, 48 pour la Nouvelle-Zélande, 49 pour Chypre, 50 pour Malte, 51 pour la République de Corée, 52 pour la Malaisie et 53 pour la Thaïlande. Les numéros suivants seront attribués aux autres pays selon l'ordre chronologique de ratification de l'Accord concernant l'adoption de prescriptions techniques uniformes applicables aux véhicules à roues, aux équipements et aux pièces susceptibles d'être montés ou utilisés sur un véhicule à roues et les conditions de reconnaissance réciproque des homologations délivrées conformément à ces prescriptions, ou de leur adhésion à cet Accord, et les chiffres ainsi attribués seront communiqués par le Secrétaire général de l'Organisation des Nations Unies aux Parties contractantes à l'Accord.

- 4.6.3.1 Pour les moteurs alimentés au gaz naturel, la marque d'homologation doit comprendre un suffixe placé après la marque du pays, qui indique la gamme de gaz pour laquelle l'homologation est accordée. Ce symbole est:
 - 4.6.3.1.1 H dans le cas où le moteur a été homologué et réglé pour la gamme de gaz H;
 - 4.6.3.1.2 L dans le cas où le moteur a été homologué et réglé pour la gamme de gaz L;
 - 4.6.3.1.3 HL dans le cas où le moteur a été homologué et réglé aussi bien pour la gamme de gaz H que pour la gamme de gaz L;
 - 4.6.3.1.4 Ht dans le cas où le moteur a été homologué et réglé pour une composition de gaz donnée dans la gamme de gaz H et est convertible à l'utilisation d'une autre composition de gaz donnée dans la gamme de gaz H par réglage fin du système d'alimentation;
 - 4.6.3.1.5 L dans le cas où le moteur a été homologué et réglé pour une composition de gaz donnée dans la gamme de gaz L et est convertible à l'utilisation d'une autre composition de gaz donnée dans la gamme de gaz L par réglage fin du système d'alimentation;
 - 4.6.3.1.6 HLt dans le cas où le moteur a été homologué et réglé pour une composition de gaz donnée dans la gamme de gaz H ou L et est convertible à l'utilisation d'une autre composition de gaz donnée dans la gamme de gaz H ou L par réglage fin du système d'alimentation.
- 4.7 Si le véhicule ou le moteur est conforme à un type homologué en application d'un ou de plusieurs règlements annexés à l'Accord dans le pays qui accorde l'homologation en application du présent Règlement, il n'est pas nécessaire de répéter le symbole prescrit au paragraphe 4.6.1. En pareil cas, les numéros de règlement et d'homologation et les symboles additionnels pour tous les règlements en vertu desquels l'homologation a été accordée dans ce pays doivent être inscrits en colonnes verticales à la droite du symbole prescrit au paragraphe 4.6.1.
- 4.8 La marque d'homologation est placée sur la plaque signalétique du type homologué, apposée par le constructeur, ou à proximité.
- 4.9 L'annexe 3 du présent Règlement donne des exemples de marques d'homologation.
- 4.10 Le moteur homologué en tant qu'entité technique doit porter, outre la marque d'homologation:
 - 4.10.1 la marque de fabrique ou l'appellation commerciale du constructeur du moteur;
 - 4.10.2 la raison sociale du constructeur.

4.11 Étiquettes

Dans le cas des moteurs alimentés au gaz naturel et au GPL ayant reçu une homologation de type restreinte du point de vue du carburant, les étiquettes suivantes doivent être apposées:

4.11.1 Teneur

Les informations suivantes doivent être données:

Dans le cas visé au paragraphe 4.2.1.3, l'étiquette doit porter la mention «UTILISER UNIQUEMENT AVEC LE GAZ NATUREL DE LA GAMME H». Selon le cas, H doit être remplacé par L.

Dans le cas visé au paragraphe 4.2.2.3, l'étiquette doit porter la mention «UTILISER SEULEMENT AVEC LE GAZ NATUREL RÉPONDANT À LA SPÉCIFICATION...», ou «UTILISER SEULEMENT AVEC LE GPL RÉPONDANT À LA SPÉCIFICATION...», selon le cas. Toutes les informations des tableaux applicables de l'annexe 5 doivent y figurer, y compris l'énumération des composants spécifiques et les limites prescrites par le constructeur du moteur.

Les lettres et chiffres doivent avoir au moins 4 mm de hauteur.

Note: S'il est impossible d'apposer un tel marquage faute de place, il peut être utilisé un système de codage simplifié. Dans ce cas, des notices explicatives contenant toutes les informations mentionnées ci-dessus doivent être placées de manière à être bien visibles pour toute personne ayant à remplir le réservoir à carburant ou à effectuer des travaux d'entretien ou de réparation sur le moteur et ses accessoires, ainsi que pour les autorités concernées. L'emplacement et la teneur de ces notices explicatives seront déterminés par accord entre le constructeur et l'autorité d'homologation.

4.11.2 Durée de service

Les étiquettes doivent avoir une durée de service égale à celle du moteur lui-même. Elles doivent être bien lisibles et leurs inscriptions doivent être indélébiles. En outre, elles doivent être apposées de façon à ne pas pouvoir se détacher pendant toute la durée de vie du moteur, et elles ne doivent pas pouvoir être enlevées sans être endommagées ou détruites.

4.11.3 Emplacement

Les étiquettes doivent être apposées sur un élément du moteur indispensable à son fonctionnement normal et ne devant pas normalement être remplacé pendant toute la durée de vie de celui-ci. En outre, elles doivent être placées de manière à être bien visibles pour toute personne lorsque le moteur est équipé de tous les auxiliaires nécessaires à son fonctionnement.

4.12 Dans le cas d'une demande d'homologation d'un type de véhicule en ce qui concerne son moteur, le marquage prescrit au paragraphe 4.11 doit aussi être apposé à proximité de l'orifice de remplissage de carburant.

4.13 Dans le cas d'une demande d'homologation d'un type de véhicule équipé d'un moteur homologué, le marquage prescrit au paragraphe 4.11 doit aussi être apposé à proximité de l'orifice de remplissage de carburant.

5. PRESCRIPTIONS ET ESSAIS

5.1 Généralités

5.1.1 Équipement antipollution

5.1.1.1 Les éléments susceptibles d'influer, selon le cas, sur les émissions de gaz polluants et de particules polluantes de moteurs diesel et de moteurs à gaz doivent être conçus, construits, assemblés et montés de telle façon que, dans des conditions normales d'utilisation, le moteur continue de satisfaire aux prescriptions du présent Règlement.

5.1.2 L'utilisation d'une stratégie d'invalidation est interdite.

5.1.2.1 L'utilisation d'un moteur à réglage multiple est interdite jusqu'à la mise en œuvre de dispositions appropriées et efficaces relatives aux moteurs à réglage multiple dans le présent Règlement.

5.1.3 Stratégie de réduction des émissions

5.1.3.1 Tout élément de conception et toute stratégie de réduction des émissions (ECS) susceptibles d'influer sur l'émission de gaz polluants et de particules polluantes de moteurs diesel et l'émission de gaz polluants de moteurs à gaz doivent être conçus, construits, assemblés et montés de telle façon que, dans les conditions normales d'utilisation, le moteur continue de satisfaire aux prescriptions du présent Règlement. L'ECS comprend une stratégie de base de réduction des émissions (BECS) et normalement une ou plusieurs stratégies auxiliaires de réduction des émissions (AECS).

5.1.4 Prescriptions relatives à la stratégie de base de réduction des émissions

5.1.4.1 La stratégie de base de réduction des émissions (BECS) doit être conçue de telle façon que, dans les conditions normales d'utilisation, le moteur continue de satisfaire aux prescriptions du présent Règlement. L'utilisation normale n'est pas restreinte aux conditions d'utilisation spécifiées au paragraphe 5.1.5.4.

5.1.5 Prescriptions relatives à la stratégie auxiliaire de réduction des émissions

5.1.5.1 Une stratégie auxiliaire de réduction des émissions (AECS) peut être installée sur un moteur, ou sur un véhicule, à condition que l'AECS:

- a) opère uniquement en dehors des conditions d'utilisation spécifiées au paragraphe 5.1.5.4, à des fins définies au paragraphe 5.1.5.5,
 - b) ne soit activée qu'exceptionnellement dans les conditions d'utilisation spécifiées au paragraphe 5.1.5.4, à des fins définies au paragraphe 5.1.5.6 et pour une durée qui ne dépasse pas celle qui est nécessaire à ces fins.
- 5.1.5.2 Une stratégie auxiliaire de réduction des émissions (AECS) opérant durant les conditions d'utilisation spécifiées au paragraphe 5.1.5.4 et qui entraîne l'utilisation d'une stratégie de réduction des émissions (ECS) différente ou modifiée par rapport à la stratégie normalement utilisée durant les cycles d'essai de mesure des émissions applicables sera autorisée si, conformément aux prescriptions du paragraphe 5.1.7, il est intégralement démontré que la mesure ne réduit pas de manière permanente l'efficacité du système de réduction des émissions. Dans tous les autres cas, une telle stratégie sera considérée comme une stratégie d'invalidation.
- 5.1.5.3 Une stratégie auxiliaire de réduction des émissions (AECS) opérant en dehors des conditions d'utilisation spécifiées au paragraphe 5.1.5.4 sera autorisée si, conformément aux prescriptions du paragraphe 5.1.7, il est intégralement démontré que la mesure est la stratégie minimum nécessaire aux fins du paragraphe 5.1.5.6 en ce qui concerne la protection de l'environnement et d'autres aspects techniques. Dans tous les autres cas, une telle stratégie sera considérée comme une stratégie d'invalidation.
- 5.1.5.4 Aux fins du paragraphe 5.1.5.1, les conditions d'utilisation suivantes s'appliquent en fonctionnement stabilisé comme en fonctionnement transitoire du moteur:
- a) Altitude n'excédant pas 1 000 m (ou pression atmosphérique équivalente de 90 kPa);
 - b) Température ambiante comprise dans la plage 275 à 303 K (2 à 30 °C)^{2, 3};
 - c) Température du liquide de refroidissement du moteur comprise dans la fourchette 343 à 373 K (70 à 100 °C).
- 5.1.5.5 Une stratégie auxiliaire de réduction des émissions (AECS) peut être installée sur un moteur, ou sur un véhicule, à condition que le fonctionnement de l'AECS soit inclus dans l'essai d'homologation de type applicable et que l'activation se fasse conformément au paragraphe 5.1.5.6.
- 5.1.5.6 L'AECS doit être activée:

² Jusqu'au 1^{er} octobre 2008, le texte suivant s'applique: «Une température ambiante comprise dans la plage 279 à 303 K (6 à 30 °C)».

³ Cette place de température sera réexaminée dans le cadre de la révision du présent Règlement, l'accent étant mis en particulier sur le bien-fondé de la valeur limite de température inférieure.

- a) exclusivement par des signaux émis par les systèmes internes du véhicule pour protéger contre les avaries le système moteur (y compris la protection du dispositif de traitement de l'air) et/ou le véhicule;
- b) à des fins telles que la sécurité de fonctionnement, les modes défaut du système antipollution et les stratégies de fonctionnement en mode dégradé;
- c) à des fins telles que la prévention des émissions excessives, le démarrage à froid ou la mise en température;
- d) si elle est utilisée pour assouplir les normes de réduction d'un polluant réglementé dans des conditions ambiantes ou de fonctionnement spécifiques en vue de maintenir le niveau de réduction de tous les autres polluants réglementés à l'intérieur des limites des émissions applicables au moteur en question. L'effet résultant d'une telle AECS doit être de compenser les phénomènes survenant naturellement, de façon à assurer des niveaux de réduction acceptables pour l'ensemble des constituants des émissions.

5.1.6 Prescriptions relatives aux limiteurs de couple

5.1.6.1 Un limiteur de couple est permis s'il est conforme aux prescriptions des paragraphes 5.1.6.2 ou 5.5.5. Dans tous les autres cas, un limiteur de couple sera considéré comme une stratégie d'invalidation.

5.1.6.2 Un limiteur de couple peut être installé sur un moteur, ou un véhicule, à condition:

- a) que le limiteur de couple ne soit activé que par des signaux émis par les systèmes internes du véhicule pour protéger des avaries le groupe motopropulseur ou la structure du véhicule et/ou pour assurer la sécurité du véhicule ou pour la mise en marche de la prise de force lorsque le véhicule est à l'arrêt, ou pour des mesures visant à assurer le bon fonctionnement du système de traitement des NO_x;
- b) que le limiteur de couple ne soit activé que temporairement;
- c) que le limiteur de couple ne modifie pas la stratégie de réduction des émissions (ECS);
- d) que, dans le cas de la mise en marche de la prise de force ou de la protection du groupe motopropulseur, le couple soit limité à une valeur constante, indépendante du régime moteur, sans toutefois excéder le couple à pleine charge;
- e) qu'il soit activé de la même manière pour limiter les performances d'un véhicule afin d'inciter le conducteur à prendre les mesures requises pour assurer le bon fonctionnement du système de réduction des NO_x faisant partie du système moteur.

5.1.7 Prescriptions spéciales relatives aux systèmes électroniques de réduction des émissions

5.1.7.1 Prescriptions en matière de documentation

Le constructeur doit fournir un dossier de documentation donnant accès à tout élément de conception, à toute stratégie de réduction des émissions (ECS) et à tout limiteur de couple du système moteur et aux moyens par lesquels ce dernier commande ses variables de sortie, qu'il s'agisse d'une commande directe ou indirecte. La documentation se compose de deux parties:

- a) Le dossier de documentation officiel fourni au service technique au moment de la présentation de la demande d'homologation doit inclure une description complète de l'ECS et, le cas échéant, du limiteur de couple. Cette documentation peut être concise, à condition qu'elle puisse prouver que toutes les valeurs de sortie permises par une matrice obtenue à partir des plages de commande des valeurs d'entrée des unités individuelles ont été identifiées. Cette information sera jointe à la documentation requise au paragraphe 3 de la présente annexe;
- b) Des éléments supplémentaires indiquant les paramètres modifiés par toute stratégie auxiliaire de réduction des émissions (AECS) et les conditions limites dans lesquelles l'AECS opère. Ces éléments supplémentaires incluent une description de la logique de commande du système d'alimentation en carburant, les stratégies de réglage de l'allumage/injection et les points de commutation dans tous les modes de fonctionnement. Ils doivent contenir également une description du limiteur de couple décrit au paragraphe 5.5.5 de la présente annexe.

Les éléments supplémentaires doivent également comprendre une justification de l'utilisation de toute AECS ainsi que des données matérielles et d'essai supplémentaires destinées à démontrer l'effet sur les émissions d'échappement de toute AECS installée sur le moteur ou le véhicule. La justification de l'utilisation d'une AECS peut reposer sur des données d'essais et/ou une analyse technique sérieuse.

Ces éléments supplémentaires demeurent strictement confidentiels et sont communiqués, à sa demande, à l'autorité d'homologation. Celle-ci doit respecter la confidentialité de ces éléments.

5.1.8 Prescriptions spéciales relatives à l'homologation de moteurs conformément à la ligne A des tableaux du paragraphe 5.2.1 (moteurs en principe non soumis à des essais ETC)

5.1.8.1 Pour vérifier si une stratégie ou une mesure doit être considérée comme une stratégie d'invalidation d'après les définitions données au paragraphe 2, l'autorité d'homologation et/ou le service technique peuvent exiger en outre un essai de contrôle des NO_x utilisant l'ETC qui peut être effectué en combinaison soit avec

l'essai d'homologation, soit avec les procédures de vérification de la conformité de la production.

5.1.8.2 Aux fins de cette vérification, une marge additionnelle de 10 % relative à la valeur limite applicable de NO_x est acceptée.

5.1.9 Dispositions relatives à la sûreté du système électronique

5.1.9.1 Tout véhicule équipé d'un module de gestion antipollution doit être doté de caractéristiques empêchant toute modification, sauf avec l'autorisation du constructeur. Le constructeur doit autoriser les modifications uniquement lorsque ces dernières sont nécessaires au diagnostic, à l'entretien, à l'inspection, à la mise en conformité ou à la réparation du véhicule. Tous les codes ou paramètres d'exploitation reprogrammables doivent être protégés contre les manipulations non autorisées et offrir un niveau de protection au moins égal aux dispositions de la norme ISO 15031-7 (SAE J2186), l'échange de données de sûreté devant se faire en utilisant les protocoles et le connecteur de diagnostic prescrits au paragraphe 6 de l'annexe 9A du présent Règlement. Tous les éléments de mémoire de programmation amovibles doivent être moulés, encastrés dans un boîtier scellé ou protégés par des algorithmes, et ne doivent pas pouvoir être remplacés sans outils et opérations spéciaux.

5.1.9.2 Les paramètres de fonctionnement du moteur codés informatiquement ne doivent pas pouvoir être modifiés sans outils et opérations spéciaux (par exemple, composants du calculateur soudés ou moulés, ou enceinte du calculateur scellée (ou soudée)).

5.1.9.3 Le constructeur doit prendre les mesures nécessaires pour protéger les données de réglage maximal du débit d'injection de toute manipulation non autorisée lorsque le véhicule est en service.

5.1.9.4 Les constructeurs peuvent demander à l'autorité d'homologation d'être exemptés de l'une de ces obligations pour les véhicules qui ne semblent pas nécessiter une telle protection. Les critères que l'autorité évalue pour prendre une décision sur l'exemption comprennent notamment, mais sans limitation aucune, la disponibilité de puces de modification des performances, le potentiel de performances du véhicule et son volume de vente probable.

5.1.9.5 Les constructeurs qui utilisent des systèmes à codes informatiques programmables (par exemple du type EEPROM (mémoire morte programmable effaçable électriquement)) doivent empêcher toute reprogrammation illicite. Ils doivent adopter des stratégies évoluées de protection contre les manipulations non autorisées et des fonctions de protection contre la reprogrammation qui rendent indispensable l'accès électronique à un ordinateur hors site géré par le constructeur. D'autres méthodes peuvent être admises par l'autorité si elles offrent le même niveau de protection.

5.2 Prescriptions relatives aux émissions de gaz polluants, de particules polluantes et de fumées

Pour l'homologation conformément aux lignes B1 ou B2 ou C des tableaux du paragraphe 5.2.1, les émissions doivent être déterminées au moyen des essais ESC, ELR et ETC.

Pour les moteurs à gaz, les émissions gazeuses doivent être déterminées au moyen de l'essai ETC.

Les méthodes d'essai ESC et ELR sont décrites à l'appendice 1 de l'annexe 4A, et la méthode d'essai ETC dans les appendices 2 et 3 de l'annexe 4A.

Les émissions de polluants gazeux et de particules, selon le cas, et de fumées, selon le cas, du moteur soumis aux essais doivent être mesurées par les méthodes décrites à l'appendice 4 de l'annexe 4A. L'appendice 7 de l'annexe 4A décrit les systèmes d'analyse recommandés pour les polluants gazeux, les systèmes de prélèvement recommandés pour les particules et les systèmes de mesure recommandés pour les fumées.

D'autres systèmes ou analyseurs peuvent être approuvés par le service technique s'il est démontré qu'ils donnent des résultats équivalents pour le cycle d'essai en cause. La détermination de l'équivalence d'un système doit reposer sur une étude de corrélation de sept paires d'échantillons (ou plus) entre le système prévu et l'un des systèmes de référence du présent Règlement. Pour les émissions de particules, seul un système de dilution en circuit principal ou un système de dilution en circuit partiel qui est conforme aux dispositions de la norme ISO 16183, est reconnu comme système de référence équivalent. Par «résultats» il faut entendre les valeurs d'émissions sur le cycle en cause. Les essais de corrélation doivent être effectués dans le même laboratoire et la même chambre d'essai, et sur le même moteur, et ils doivent de préférence se dérouler simultanément. L'équivalence des moyennes des paires d'échantillons est déterminée par des statistiques de test F et de test t telles qu'elles sont décrites à l'appendice 4 du présent Règlement, obtenues dans ces conditions de laboratoire, de chambre d'essai et de moteur. Les valeurs aberrantes sont déterminées conformément à la norme ISO 5725 et exclues de la base de données. Pour l'introduction d'un nouveau système dans le règlement, la détermination de l'équivalence doit se fonder sur le calcul de la répétabilité et de la reproductibilité, comme décrit dans la norme ISO 5725.

5.2.1 Valeurs limites

La masse spécifique de monoxyde de carbone, d'hydrocarbures totaux, d'oxydes d'azote et de particules, déterminée lors de l'essai ESC, et l'opacité des fumées, déterminée lors de l'essai ELR, ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées au tableau 1.

Tableau 1
Valeurs limites – Essais ESC et ELR

Ligne	Masse de monoxyde de carbone (CO) g/kWh	Masse d'hydrocarbures (HC) g/kWh	Masse d'oxydes d'azote (NO _x) g/kWh	Masse de particules (PT) g/kWh	Fumées m ⁻¹
A (2000)	2,1	0,66	5,0	0,10 // 0,13 ^a	0,8
B1 (2005)	1,5	0,46	3,5	0,02	0,5
B2 (2008)	1,5	0,46	2,0	0,02	0,5
C (EEV)	1,5	0,25	2,0	0,02	0,15

^a Pour les moteurs ayant une cylindrée unitaire de moins de 0,75 dm³ et un régime de puissance nominale de plus de 3 000 min⁻¹.

[Pour les moteurs diesel qui subissent en outre l'essai ETC, et particulièrement pour les moteurs à gaz, la masse spécifique d'oxyde de carbone, d'hydrocarbures non méthaniques, de méthane (s'il y a lieu), d'oxydes d'azote et de particules (s'il y a lieu) ne doit pas dépasser les valeurs indiquées au tableau 2.]

Tableau 2
Valeurs limites – Essai ETC

Ligne	Masse de monoxyde de carbone (CO) g/kWh	Masse d'hydrocarbures non méthaniques (NMHC) g/kWh	Masse de méthane (CH ₄) ^a g/kWh	Masse d'oxydes d'azote (NO _x) g/kWh	Masse de particules (PT) ^b g/kWh
A (2000)	5,45	0,78	1,6	5,0	0,16 // 0,21 ^c
B1 (2005)	4,0	0,55	1,1	3,5	0,03
B2 (2008)	4,0	0,55	1,1	2,0	0,03
C (EEV)	3,0	0,40	0,65	2,0	0,02

^a Pour les moteurs à gaz naturel seulement.

^b Ne s'applique pas aux moteurs à gaz au stade A ni aux stades B1 et B2.

^c Pour les moteurs ayant une cylindrée unitaire de moins de 0,75 dm³ et un régime de puissance nominale de plus de 3 000 min⁻¹.

5.2.2 Mesure des émissions d'hydrocarbures pour les moteurs diesel et les moteurs à gaz

5.2.2.1 Un constructeur peut choisir la mesure de la masse d'hydrocarbures totaux au lieu de celle de la masse d'hydrocarbures non méthaniques lors de l'essai ETC. Dans ce cas, la limite fixée pour la masse d'hydrocarbures totaux est la même que celle indiquée au tableau 2 pour la masse d'hydrocarbures non méthaniques.

- 5.2.3 Prescriptions particulières pour les moteurs diesel
- 5.2.3.1 La masse spécifique d'oxydes d'azote mesurée aux points de contrôle choisis au hasard dans la zone de contrôle de l'essai ESC ne doit pas excéder de plus de 10 % les valeurs calculées par interpolation entre les modes d'essai adjacents (voir à ce sujet les paragraphes 5.6.2 et 5.6.3 de l'appendice 1 de l'annexe 4A).
- 5.2.3.2 La valeur de fumées obtenues au régime d'essai aléatoire de l'essai ELR ne doit pas excéder la valeur de fumées la plus élevée des deux régimes adjacents de plus de 20 %, ou de plus de 5 % de la valeur limite, la plus grande de ces deux valeurs étant retenue.
- 5.3 Durée de service et facteurs de détérioration
- 5.3.1 Le constructeur doit démontrer qu'un moteur diesel ou un moteur à gaz homologué conformément aux valeurs limites des lignes B1 ou B2 ou C des tableaux du paragraphe 5.2.1 continuera de satisfaire à ces valeurs limites pendant une durée de service de:
- 5.3.1.1 100 000 km ou cinq ans, selon la condition remplie en premier, dans le cas des moteurs devant être installés sur les véhicules des catégories N₁ et M₂;
- 5.3.1.2 200 000 km ou six ans, selon la condition remplie en premier, dans le cas des moteurs devant être installés sur les véhicules des catégories N₂ et N₃ d'une masse maximale techniquement admissible ne dépassant pas 16 t, et M₃, Classe I, Classe II et Classe A, et Classe B d'une masse maximale techniquement admissible ne dépassant pas 7,5 t;
- 5.3.1.3 500 000 km ou sept ans, selon la condition remplie en premier, dans le cas des moteurs devant être installés sur les véhicules des catégories N₃ d'une masse maximale techniquement admissible dépassant 16 t, et M₃, Classe III et Classe B d'une masse maximale techniquement admissible dépassant 7,5 t;
- 5.3.2 Aux fins du présent Règlement, le constructeur doit déterminer les facteurs de détérioration qui seront utilisés pour démontrer que les émissions gazeuses et de particules d'une famille de moteurs ou d'une famille de systèmes de traitement aval des gaz d'échappement restent conformes aux valeurs limites d'émissions applicables selon les tableaux du paragraphe 5.2.1 de la présente annexe au cours de la durée de service prescrite au paragraphe 5.3.1.
- 5.3.3 Les procédures à suivre en vue de démontrer la conformité d'une famille de moteurs ou d'une famille de systèmes de traitement aval des gaz d'échappement aux valeurs limites d'émissions applicables au cours de la période de durée de service prescrite sont définies à l'annexe 7 du présent Règlement.

5.4 Système d'autodiagnostic (OBD)

- 5.4.1 Les moteurs diesel homologués conformément aux valeurs limites d'émissions prescrites à la ligne B1 ou à la ligne C des tableaux du paragraphe 5.2.1, ou les véhicules propulsés par un tel moteur, doivent être équipés d'un système d'autodiagnostic (OBD) qui signale l'existence d'un défaut de fonctionnement au conducteur lorsque les valeurs seuils OBD indiquées à la ligne B1 ou à la ligne C du tableau du paragraphe 5.4.4 sont dépassées. Le système d'autodiagnostic (OBD) du système antipollution doit satisfaire aux prescriptions de l'annexe 9A du présent Règlement.
- 5.4.1.1 Dans le cas de systèmes de traitement aval des gaz d'échappement, le système OBD doit pouvoir détecter tout défaut de fonctionnement majeur de l'un des équipements suivants:
- a) Catalyseur, lorsqu'il est installé comme entité distincte, qu'il fasse ou non partie d'un système de réduction des émissions d'oxydes d'azote ou d'un filtre à particules diesel;
 - b) Système de réduction des émissions d'oxydes d'azote, s'il existe;
 - c) Filtre à particules diesel, s'il existe;
 - d) Système combiné de réduction des émissions d'oxydes d'azote et de filtre à particules diesel.
- 5.4.2 À partir du 1^{er} octobre 2008 pour les nouvelles homologations et à partir du 1^{er} octobre 2009 pour toutes les homologations, les moteurs diesel ou les moteurs à gaz homologués conformément aux valeurs limites d'émissions indiquées à la ligne B2 ou à la ligne C des tableaux du paragraphe 5.2.1, ou les véhicules propulsés par un tel moteur, doivent être équipés d'un système OBD qui signale l'existence d'un défaut de fonctionnement au conducteur lorsque les valeurs seuils OBD indiquées à la ligne B2 ou à la ligne C du tableau du paragraphe 5.4.4 sont dépassées. Le système d'autodiagnostic (OBD) du système antipollution doit satisfaire aux prescriptions de l'annexe 9A du présent Règlement.
- 5.4.3 Le système OBD doit en outre inclure tout interface entre le module de gestion électronique du moteur (EECU) et tout autre système électrique ou électronique du moteur ou du véhicule qui échange des données avec le module EECU et qui affecte le fonctionnement correct du système antipollution, tel que l'interface entre l'EECU et un module de gestion électronique de la transmission.
- 5.4.4 Les valeurs seuils applicables au système OBD sont les suivantes:

Ligne	Moteurs diesel	
	Masse des oxydes d'azote (NO _x) g/kWh	Masse des particules (PT) g/kWh
B1 (2005)	7,0	0,1
B2 (2008)	7,0	0,1
C (EEV)	7,0	0,1

5.4.5 Un accès non limitatif et non discriminatoire au système OBD à des fins d'inspection, de diagnostic, d'entretien et de réparation doit être garanti conformément aux dispositions du Règlement CEE n° 83 à ce sujet et aux prescriptions relatives aux pièces de rechange assurant la compatibilité avec les systèmes OBD.

5.4.6 Production de moteurs en petites séries

À titre de variante aux prescriptions du présent paragraphe, les constructeurs de moteurs dont la production annuelle mondiale d'un type de moteur, appartenant à une famille de moteurs du point de vue de l'OBD:

- a) est inférieure à 500 unités par an, peuvent obtenir une homologation conformément aux prescriptions du présent Règlement selon laquelle le moteur est surveillé seulement pour contrôler la continuité du circuit et le système de traitement aval pour détecter un défaut de fonctionnement majeur;
- b) est inférieure à 50 unités par an, peuvent obtenir une homologation conformément aux prescriptions du présent Règlement selon laquelle le système antipollution complet (c'est-à-dire le moteur et le système de traitement aval) est seulement surveillé pour contrôler la continuité du circuit.

L'autorité d'homologation doit informer les autres Parties contractantes des circonstances de chaque homologation accordée sur la base de la présente disposition.

5.5 Prescriptions concernant le bon fonctionnement du système de réduction des NO_x

5.5.1 Généralités

5.5.1.1 Le présent paragraphe s'applique à tous les systèmes moteurs diesel, quelle que soit la technologie utilisée pour satisfaire aux valeurs limites d'émissions fixées dans les tableaux du paragraphe 5.2.1.

5.5.1.2 Dates d'application

Les dates d'application sont celles prescrites au paragraphe 13 du présent Règlement.

5.5.1.3 Tout système moteur visé par le présent paragraphe doit être conçu, construit et monté de telle façon qu'il soit capable de satisfaire à ces prescriptions tout au long de la durée de service du moteur.

5.5.1.4 Des informations détaillées sur les caractéristiques de fonctionnement d'un système moteur visé par le présent paragraphe doivent être fournies par le constructeur à l'annexe 1.

5.5.1.5 Dans la demande d'homologation, le constructeur, si le système moteur nécessite l'emploi d'un réactif, doit décrire les caractéristiques de tous les réactifs consommés par tout système de traitement aval des gaz d'échappement, par exemple, type et concentrations, températures de fonctionnement, référence aux normes internationales, etc.

5.5.1.6 Sous réserve des prescriptions du paragraphe 5.1, tout système moteur visé par le présent paragraphe doit maintenir sa fonction de réduction des émissions dans toutes les conditions normalement rencontrées sur le territoire des Parties contractantes, en particulier basses températures ambiantes.

5.5.1.7 Aux fins de l'homologation, le constructeur doit démontrer au service technique que, pour les systèmes moteurs qui nécessitent l'emploi d'un réactif, les émissions d'ammoniac n'excèdent pas une valeur moyenne de 25 ppm durant le cycle d'essai applicable.

5.5.1.8 Dans le cas des systèmes moteurs nécessitant l'emploi d'un réactif, chaque réservoir de réactif monté sur un véhicule doit comporter un dispositif permettant de prélever un échantillon du liquide contenu dans le réservoir. Le point de prélèvement doit être facilement accessible sans outil ou dispositif spécial.

5.5.2 Prescriptions concernant l'entretien

5.5.2.1 Le constructeur doit fournir ou faire en sorte qu'il soit fourni à tous les propriétaires de poids lourds neufs ou de moteurs neufs pour poids lourds des instructions écrites spécifiant que, si le système de réduction des émissions ne fonctionne pas correctement, le conducteur en est informé par l'indicateur de défaut de fonctionnement (MI) et que le moteur fonctionne dès lors avec des performances réduites.

5.5.2.2 Les instructions doivent indiquer les règles de bonne utilisation et de bon entretien des véhicules, y compris, le cas échéant, l'utilisation de réactifs consommables.

5.5.2.3 Les instructions doivent être rédigées dans un langage clair et non technique et dans la langue du pays où le poids lourd neuf ou le moteur neuf pour poids lourd est immatriculé ou vendu.

- 5.5.2.4 Les instructions doivent préciser si les réactifs consommables doivent être rechargés par l'opérateur du véhicule entre les entretiens périodiques normaux et indiquer le taux probable de consommation du réactif en fonction du type du poids lourd neuf.
- 5.5.2.5 Les instructions doivent spécifier que l'utilisation d'un réactif prescrit ayant les spécifications correctes et la recharge en temps voulu du réservoir de réactif, lorsqu'elles sont prescrites, doivent obligatoirement être respectées pour que le véhicule soit conforme au certificat de conformité délivré pour ce type de véhicule ou de moteur.
- 5.5.2.6 Les instructions doivent déclarer que l'utilisation d'un véhicule qui ne consomme pas le réactif éventuellement prescrit pour la réduction des émissions polluantes peut être considérée comme une infraction pénale, qui pourrait entraîner la révocation de tout avantage accordé pour l'achat ou l'utilisation du véhicule dans le pays d'immatriculation ou dans un autre pays dans lequel le véhicule est utilisé.
- 5.5.3 Bon fonctionnement du système moteur de réduction des NO_x
- 5.5.3.1 Toute anomalie de fonctionnement du système moteur en ce qui concerne la réduction des émissions de NO_x (dû par exemple à l'absence de l'un des réactifs requis, à un débit d'EGR incorrect ou à la désactivation de l'EGR) doit être déterminée par surveillance des niveaux d'émissions de NO_x par des capteurs situés dans le circuit d'échappement.
- 5.5.3.2 Si le niveau d'émissions de NO_x dépasse de plus de 1,5 g/kWh la limite applicable fixée au tableau 1 du paragraphe 5.2.1, le conducteur doit en être informé par l'actionnement de l'indicateur de défaut de fonctionnement (MI), comme prescrit au paragraphe 3.6.5 de l'annexe 9A du présent Règlement.
- 5.5.3.3 En outre, un code défaut non effaçable identifiant la raison pour laquelle le niveau d'émissions de NO_x a dépassé la limite indiquée au paragraphe 5.5.3.2 doit être mémorisé conformément au paragraphe 3.9.2 de l'annexe 9A du présent Règlement pendant au moins quatre cents jours ou neuf mille six cents heures de fonctionnement du moteur.
- La raison pour laquelle il y a eu dépassement du niveau d'émissions de NO_x doit au moins être identifiée spécifiquement dans les cas suivants, lorsqu'ils s'appliquent: réservoir de réactif vide, interruption du dosage de réactif, qualité insuffisante du réactif, consommation trop basse de réactif, débit d'EGR incorrect et désactivation de l'EGR. Dans tous les autres cas, le constructeur est autorisé à utiliser un code défaut non effaçable énoncé comme suit: «Taux NO_x trop élevé – cause inconnue».
- 5.5.3.4 Si le niveau d'émissions de NO_x dépasse les valeurs limites OBD fixées dans le tableau du paragraphe 5.4.4, un limiteur de couple doit réduire les performances du moteur conformément aux prescriptions du paragraphe 5.5.5 de manière clairement perceptible pour le conducteur. Lorsque le limiteur de couple est actionné, le conducteur doit continuer à être averti de l'anomalie comme prescrit au

paragraphe 5.5.3.2, et un code défaut non effaçable doit être mémorisé comme prescrit au paragraphe 5.5.3.3.

5.5.3.5 Dans le cas de systèmes moteur utilisant exclusivement l'EGR sans autre système de traitement aval des émissions de NO_x, le constructeur peut recourir à une autre méthode répondant aux prescriptions du paragraphe 5.5.3.1 pour déterminer le niveau d'émissions de NO_x. Lors de l'homologation, le constructeur doit démontrer que cette autre méthode est aussi rapide et précise pour la détermination des taux de NO_x que les méthodes prescrites au paragraphe 5.5.3.1 et qu'elle active les mêmes procédures d'alerte conformément aux paragraphes 5.5.3.2, 5.5.3.3 et 5.5.3.4.

5.5.4 Contrôle du réactif

5.5.4.1 Dans le cas des véhicules nécessitant l'usage d'un réactif pour satisfaire aux prescriptions du présent paragraphe, le conducteur doit être informé du niveau de réactif du réservoir embarqué par un témoin mécanique ou électronique spécifique sur le tableau de bord du véhicule. Ce témoin doit donner l'alerte lorsque le niveau de réactif descend:

- a) à moins de 10 % ou d'une valeur plus élevée de la contenance du réservoir, au choix du constructeur, ou
- b) sous le niveau correspondant à la distance susceptible d'être parcourue avec la réserve de carburant prévue par le constructeur.

Le témoin de niveau de réactif doit être placé à proximité de l'indicateur de niveau de carburant.

5.5.4.2 Lorsque le réservoir de réactif est vide, ce fait doit être signalé au conducteur conformément aux prescriptions du paragraphe 3.6.5 de l'annexe 9A du présent Règlement.

5.5.4.3 Dès que le réservoir de réactif est vide, les prescriptions du paragraphe 5.5.5 doivent s'appliquer, outre les prescriptions du paragraphe 5.5.4.2.

5.5.4.4 Un constructeur peut choisir d'appliquer les dispositions des paragraphes 5.5.4.5 à 5.5.4.12 au lieu de celles du paragraphe 5.5.3.

5.5.4.5 Les systèmes moteur doivent comprendre un système permettant de contrôler que le liquide contenu dans le réservoir de réactif correspond aux caractéristiques du réactif spécifiées par le constructeur et enregistrées à l'annexe 1 du présent Règlement.

5.5.4.6 Si le liquide contenu dans le réservoir de réactif ne correspond pas aux caractéristiques minimales spécifiées par le constructeur à l'annexe 1 du présent Règlement, les prescriptions supplémentaires du paragraphe 5.5.4.12 doivent s'appliquer.

- 5.5.4.7 Les systèmes moteur doivent comprendre un système permettant de déterminer la consommation de réactif et d'accéder depuis l'extérieur aux données relatives à la consommation.
- 5.5.4.8 La consommation moyenne de réactif et la consommation moyenne demandée de réactif par le système moteur, soit au cours de la période précédente complète de quarante-huit heures de fonctionnement du moteur, soit au cours de la période nécessaire pour une consommation demandée de réactif d'au moins 15 litres, la plus longue des deux périodes étant retenue, doivent être accessibles via l'interface série du connecteur de diagnostic normalisé visé au paragraphe 6.8.3 de l'annexe 9A du présent Règlement.
- 5.5.4.9 Pour le contrôle de la consommation de réactif, la surveillance doit inclure au moins les paramètres moteur suivants:
- a) Niveau de réactif du réservoir embarqué;
 - b) Débit de réactif ou d'injection de réactif aussi près que techniquement possible du point d'injection dans le système de traitement aval des gaz d'échappement.
- 5.5.4.10 Tout écart de plus de 50 % de la consommation moyenne de réactif et de la consommation moyenne demandée de réactif par le système moteur au cours de la période définie au paragraphe 5.5.4.8 doit déclencher l'application des mesures prescrites au paragraphe 5.5.4.12.
- 5.5.4.11 En cas d'interruption du dosage de réactif, les mesures prescrites au paragraphe 5.5.4.12 doivent s'appliquer, à moins que cette interruption ne soit demandée par le module de gestion du moteur parce que les émissions sont telles qu'aucun dosage de réactif n'est nécessaire, à condition que le constructeur ait clairement informé les autorités compétentes des cas concernés.
- 5.5.4.12 Toute défaillance détectée en rapport avec les paragraphes 5.5.4.6, 5.5.4.10 ou 5.5.4.11 doit déclencher l'application des mesures prescrites aux paragraphes 5.5.3.2, 5.5.3.3 ou 5.5.3.4, dans le même ordre.
- 5.5.5 Mesures visant à prévenir la manipulation illicite des systèmes de traitement aval des gaz d'échappement
- 5.5.5.1 Tout système moteur visé par le présent paragraphe doit comprendre un limiteur de couple qui alerte le conducteur d'une anomalie de fonctionnement du système moteur ou d'une conduite incorrecte du véhicule et l'incite à corriger promptement l'anomalie.
- 5.5.5.2 Le limiteur de couple doit être activé lorsque le véhicule s'immobilise pour la première fois après que les mesures prescrites aux paragraphes 5.5.3.4, 5.5.4.3, 5.5.4.6, 5.5.4.10 ou 5.5.4.11 soient entrées en application.
- 5.5.5.3 Lorsque le limiteur de couple entre en action, le couple moteur ne doit dépasser en aucun cas une valeur constante de:

- a) 60 % du couple maximal du moteur, pour les véhicules de catégorie $N_3 > 16$ t, $M_1 > 7,5$ t, M_3/III et $M_3/B > 7,5$ t⁴;
- b) 75 % du couple maximal du moteur, pour les véhicules de catégorie $N_1, N_2, N_3 \leq 16$ t, $3,5 < M_1 \leq 7,5$ t, $M_2, M_3/I, M_3/II, M_3/A$ et $M_3/B \leq 7,5$ t.

5.5.5.4 Les prescriptions en matière de documentation et en ce qui concerne le limiteur de couple sont énoncées aux paragraphes 5.5.5.5 à 5.5.5.8.

5.5.5.5 Une description écrite complète des caractéristiques de fonctionnement du système de surveillance du système antipollution et du limiteur de couple doit être présentée conformément aux prescriptions en matière de documentation énoncées au paragraphe 5.1.7.1 b). En particulier, le constructeur doit communiquer des informations sur les algorithmes utilisés par le module de gestion pour établir la relation entre la concentration de NO_x et les émissions spécifiques d'oxydes d'azote (en g/kWh) sur l'ETC, conformément au paragraphe 5.5.6.5.

5.5.5.6 Le limiteur de couple doit se désactiver lorsque le régime moteur tombe au ralenti si les conditions d'activation ont cessé d'exister. Le limiteur de couple ne doit pas être désactivé automatiquement tant que la raison de son activation n'a pas été éliminée.

5.5.5.7 Le limiteur de couple ne doit pas pouvoir être désactivé au moyen d'un interrupteur ou avec un outil de maintenance.

5.5.5.8 Le limiteur de couple ne s'applique pas aux moteurs ou aux véhicules utilisés par les forces armées, les services de secours, les services d'incendie et les ambulances. Seul le constructeur du moteur ou du véhicule est habilité à procéder à une désactivation permanente, et un type particulier de moteur doit être défini dans la famille de moteurs pour permettre l'identification du moteur.

5.5.6 Conditions de fonctionnement du système de surveillance du système antipollution

5.5.6.1 Le système de surveillance du système antipollution doit fonctionner:

- a) à toutes les températures ambiantes comprises entre 266 K et 308 K (-7 °C et 35 °C),
- b) à toutes les altitudes inférieures à 1 600 m,
- c) aux températures du liquide de refroidissement du moteur supérieures à 343 K (70 °C).

Le présent paragraphe ne s'applique pas au contrôle du niveau de réactif dans le réservoir, pour lequel la surveillance s'applique dans toutes les conditions de service.

⁴ Selon les définitions de l'annexe 7 de la Résolution d'ensemble sur la construction des véhicules (R.E.3).

- 5.5.6.2 Le système de surveillance du système antipollution peut être désactivé lorsqu'une stratégie de fonctionnement en mode dégradé est active et cause une réduction du couple supérieure aux valeurs indiquées au paragraphe 5.5.5.3 pour la catégorie de véhicules concernée.
- 5.5.6.3 Si le mode défaut du système antipollution est activé, le système de surveillance du système antipollution doit continuer de fonctionner et de satisfaire aux dispositions du paragraphe 5.5.
- 5.5.6.4 Le fonctionnement incorrect des mesures de réduction des NO_x doit être détecté dans un délai de quatre cycles d'essai du système d'autodiagnostic OBD selon la définition du paragraphe 6.1 de l'appendice 1 de l'annexe 9A du présent Règlement.
- 5.5.6.5 Les algorithmes utilisés par le module de gestion pour établir la relation entre la concentration effective d'oxydes d'azote et les émissions spécifiques d'oxydes d'azote (en g/kWh) sur l'ETC ne sont pas considérés comme une stratégie d'invalidation.
- 5.5.6.6 Lorsqu'une stratégie AECS qui a été approuvée par l'autorité d'homologation conformément au paragraphe 5.1.5 est activée, toute augmentation des émissions de NO_x due à l'exécution de l'AECS peut être appliquée au niveau de NO_x approprié, visé au paragraphe 5.5.3.2. Dans de tels cas, l'influence de l'AECS sur le seuil de NO_x doit être décrite conformément au paragraphe 5.5.5.5.
- 5.5.7 Défaillance du système de surveillance du système antipollution
- 5.5.7.1 Le système de surveillance du système antipollution doit faire l'objet lui-même d'une surveillance visant à détecter les défaillances électriques et le démontage ou la désactivation de tout capteur empêchant le système de diagnostiquer une augmentation des émissions conformément aux paragraphes 5.5.3.2 et 5.5.3.4.
- Les capteurs susceptibles d'affecter la capacité de diagnostic sont, par exemple, les capteurs qui mesurent directement les concentrations d'oxydes d'azote, la qualité de l'urée, et ceux de contrôle du dosage du réactif, du niveau de réactif, de la consommation de réactif ou du débit d'EGR.
- 5.5.7.2 Lorsqu'une défaillance du système de surveillance du système antipollution est confirmée, le conducteur doit être immédiatement alerté par l'activation du témoin d'alerte conformément au paragraphe 3.6.5 de l'annexe 9A du présent Règlement.
- 5.5.7.3 Le limiteur de couple doit être activé conformément au paragraphe 5.5.5 si la panne n'est pas corrigée dans les cinquante heures qui suivent de fonctionnement du moteur.
- Le délai fixé au premier alinéa de ce paragraphe est réduit à trente-six heures à partir des dates spécifiées au paragraphe 14.2.3.
- 5.5.7.4 Lorsque le système de surveillance du système antipollution a constaté la disparition de la défaillance, le code défaut associé à cette défaillance peut être effacé de la mémoire du système, sauf dans les cas visés au paragraphe 5.5.7.5, et le limiteur de couple, s'il est activé, est désactivé conformément au paragraphe 5.5.5.6.

Les codes défaut associés à une défaillance du système de surveillance du système antipollution ne doivent pas pouvoir être effacés de la mémoire du système avec un outil de lecture de la mémoire.

5.5.7.5 Lorsqu'il y a eu démontage ou désactivation d'éléments du système de surveillance du système antipollution conformément au paragraphe 5.5.7.1, un code défaut non effaçable doit être mémorisé conformément au paragraphe 3.9.2 de l'annexe 9A du présent Règlement pendant au moins quatre cents jours ou neuf mille six cents heures de fonctionnement du moteur.

5.5.8 Démonstration de la conformité du système de surveillance du système antipollution

5.5.8.1 Dans le cadre de la demande d'homologation conformément au paragraphe 3, le constructeur doit faire une démonstration de la conformité aux dispositions du présent paragraphe par des essais sur un banc dynamométrique moteur conformément aux paragraphes 5.5.8.2 à 5.5.8.7.

5.5.8.2 La conformité d'une famille de moteurs du point de vue de l'OBD aux dispositions du présent paragraphe peut être démontrée par des essais portant sur le système de surveillance du système antipollution de l'un des membres de la famille (le moteur parent) à condition que le constructeur démontre à l'autorité d'homologation que les systèmes de surveillance de réduction des émissions sont les mêmes pour toute la famille.

Pour cette démonstration le constructeur peut présenter aux autorités d'homologation des éléments tels que: algorithmes, analyses fonctionnelles, etc.

Le moteur parent doit être sélectionné par le constructeur en accord avec l'autorité d'homologation.

5.5.8.3 Les essais du système de surveillance du système antipollution comprennent les trois phases suivantes:

a) Sélection:

L'autorité sélectionne un cas de fonctionnement incorrect du dispositif de réduction des NO_x ou de défaillance du système de surveillance du système antipollution sur une liste de cas de fonctionnement incorrect fournie par le constructeur.

b) Qualification:

L'influence du fonctionnement incorrect est validée par mesure du niveau d'émissions de NO_x pendant un cycle d'essai ETC sur un banc d'essai moteur.

c) Démonstration:

La réponse du système (réduction du couple, activation du témoin d'alerte, etc.) est démontrée par fonctionnement du moteur sur quatre cycles d'essai du système d'autodiagnostic OBD.

- 5.5.8.3.1 En ce qui concerne la phase de sélection, le constructeur doit communiquer à l'autorité d'homologation une description des stratégies de surveillance appliquées pour déterminer les cas potentiels de fonctionnement incorrect des dispositifs de réduction des NO_x et de défaillance du système de surveillance du système antipollution conduisant soit à l'activation du limiteur de couple, soit à l'activation du témoin d'alerte seulement.

Des exemples typiques de fonctionnement incorrect sont un réservoir de réactif vide, un fonctionnement incorrect conduisant à l'interruption du dosage de réactif, une qualité de réactif insuffisante, un fonctionnement incorrect entraînant une trop faible consommation de réactif, un débit EGR incorrect ou la désactivation de l'EGR.

L'autorité d'homologation doit choisir dans la liste un minimum de deux et un maximum de trois exemples de fonctionnement incorrect du dispositif de réduction des NO_x ou de défaillance du système de surveillance du système antipollution.

- 5.5.8.3.2 Pour la phase de qualification, les émissions de NO_x sont mesurées durant le cycle d'essai ETC conformément aux dispositions de l'appendice 2 de l'annexe 4A. Le résultat de l'essai ETC sert à déterminer la façon dont on peut prévoir que le système de surveillance du système antipollution d'oxydes d'azote répondra durant l'exercice de démonstration (réduction du couple et/ou activation du témoin d'alerte). La défaillance doit être simulée de manière que le niveau de NO_x ne dépasse pas de plus de 1 g/kW les niveaux seuils indiqués au paragraphe 5.5.3.2 ou 5.5.3.4.

La phase de qualification en matière d'émissions n'est pas requise dans le cas d'un réservoir de réactif vide ou pour simuler une défaillance du système de surveillance du système antipollution.

Le limiteur de couple doit être désactivé durant la phase de qualification.

- 5.5.8.3.3 Lors de la phase de démonstration, le moteur doit fonctionner sur une durée maximale de quatre cycles d'essai du système d'autodiagnostic OBD.

Il ne doit pas exister d'autres défaillances que celles faisant l'objet de la démonstration.

- 5.5.8.3.4 Avant le démarrage de la séquence d'essai visée au paragraphe 5.5.8.3.3, le système de surveillance du système antipollution doit être à l'état «zéro défaut».

- 5.5.8.3.5 En fonction du niveau de NO_x sélectionné, le système doit activer un témoin d'alerte et, le cas échéant, le limiteur de couple à un moment quelconque avant la fin de la séquence de détection. Celle-ci peut être arrêtée lorsque le système de surveillance du système antipollution de NO_x a répondu correctement.

- 5.5.8.4 Lorsque le système de surveillance du système antipollution repose essentiellement sur la surveillance du niveau d'oxydes d'azote par des capteurs situés dans la ligne d'échappement, le constructeur peut choisir de surveiller directement certaines fonctionnalités du système (par exemple, interruption du dosage du réactif, soupape EGR fermée) permettant de déterminer si les prescriptions sont remplies. Dans ce cas, la démonstration de la fonctionnalité sélectionnée du système doit être faite.

- 5.5.8.5 Le niveau de réduction du couple assuré par le limiteur de couple conformément aux prescriptions du paragraphe 5.5.5.3 doit être approuvé avec les performances générales du moteur dans le cadre de l'homologation conformément au Règlement n° 85. Pour le processus de démonstration, le constructeur doit démontrer à l'autorité d'homologation que le limiteur de couple correct est pris en compte dans le module de gestion moteur (ECU). Des mesures séparées du couple durant la démonstration ne sont pas nécessaires.
- 5.5.8.6 Comme variante aux prescriptions des paragraphes 5.5.8.3.3 à 5.5.8.3.5, la démonstration du fonctionnement du système de surveillance du système antipollution et du limiteur de couple peut être faite sur un véhicule. Le véhicule doit accomplir un parcours sur route ou sur piste d'essai avec sélection des modes de fonctionnement incorrects ou défaillances du système de surveillance du système antipollution pour démontrer que le témoin d'alerte et le limiteur de couple sont activés conformément aux dispositions du paragraphe 5.5 et en particulier des paragraphes 5.5.5.2 et 5.5.5.3.
- 5.5.8.7 S'il est prescrit qu'un code défaut non effaçable doit être enregistré dans la mémoire de l'ordinateur conformément aux dispositions du paragraphe 5.5, il doit être satisfait aux trois conditions suivantes à la fin de la séquence de démonstration:
- a) Possibilité de confirmer au moyen de l'outil de lecture OBD la présence dans la mémoire de l'ordinateur d'autodiagnostic du code défaut non effaçable approprié décrit au paragraphe 5.5.3.3 et de démontrer à la satisfaction de l'autorité d'homologation l'impossibilité de l'effacer au moyen de l'outil de lecture;
 - b) Possibilité de confirmer la durée d'activation du témoin d'alerte au cours de la séquence de détection par la lecture du compteur non effaçable d'heures de fonctionnement mentionné au paragraphe 3.9.2 de l'annexe 9A du présent Règlement et de démontrer, à la satisfaction de l'autorité d'homologation l'impossibilité de l'effacer au moyen de l'outil de lecture;
 - c) Approbation par l'autorité d'homologation des éléments de conception montrant que cette information non effaçable est mémorisée conformément au paragraphe 3.9.2 de l'annexe 9A du présent Règlement pour une durée minimale de quatre cents jours ou neuf mille six cents heures de fonctionnement du moteur.

6. INSTALLATIONS SUR LE VÉHICULE

- 6.1 L'installation sur le véhicule doit être conforme aux caractéristiques en ce qui concerne les conditions lors de l'homologation du moteur.
- 6.1.1 La dépression à l'admission ne doit pas dépasser celle spécifiée pour le moteur homologué dans l'annexe 2A.
- 6.1.2 La contre-pression à l'échappement ne doit pas dépasser celle spécifiée pour le moteur homologué dans l'annexe 2A.

- 6.1.3 La puissance maximale absorbée par les auxiliaires entraînés par le moteur ne doit pas dépasser la puissance maximale spécifiée pour le moteur homologué dans l'annexe 2A.
7. FAMILLE DE MOTEURS
- 7.1 Paramètres définissant la famille de moteurs
- La famille de moteurs, telle qu'elle est définie par le constructeur du moteur, doit satisfaire aux conditions énoncées dans la norme ISO 16185:
- 7.1.1 Cycle:
- a) 2 temps
 - b) 4 temps
- 7.1.2 Agent de refroidissement:
- a) air
 - b) eau
 - c) huile
- 7.1.3 Pour les moteurs à gaz et les moteurs à traitement aval des gaz d'échappement:
- a) nombre de cylindres (d'autres moteurs diesel comportant un nombre de cylindres moindre que le moteur parent peuvent être considérés comme appartenant à la même famille à condition que le système d'alimentation dose le carburant individuellement pour chaque cylindre).
- 7.1.4 Cylindrée unitaire:
- a) la plage totale de variation entre moteurs ne doit pas dépasser 15 %.
- 7.1.5 Mode d'aspiration:
- a) atmosphérique
 - b) suralimenté
 - c) suralimenté avec refroidisseur intermédiaire
- 7.1.6 Type et conception de la chambre de combustion:
- a) chambre de précombustion
 - b) chambre de turbulence
 - c) chambre ouverte
- 7.1.7 Soupapes et conduits – configuration, dimension et nombre:

- a) dans la culasse
- b) dans la paroi du cylindre
- c) dans le carter moteur

7.1.8 Système d'injection de carburant (moteur diesel)

- a) pompe-tuyau-injecteur
- b) pompe en ligne
- c) pompe à distributeur
- d) rampe haute pression
- e) injecteur-pompe

7.1.9 Système d'alimentation en carburant (moteur à gaz):

- a) mélangeur
- b) système d'injection gazeuse (monopoint, multipoint)
- c) système d'injection liquide (monopoint, multipoint)

7.1.10 Système d'allumage (moteur à gaz)

7.1.11 Autres caractéristiques:

- a) recyclage des gaz d'échappement
- b) injection/émulsion d'eau
- c) injection d'air secondaire
- d) refroidissement de l'air de suralimentation

7.1.12 Traitement aval des gaz d'échappement

- a) catalyseur trifonctionnel
- b) catalyseur d'oxydation
- c) catalyseur de réduction
- d) réacteur thermique
- e) filtre à particules

7.2 Choix du moteur parent

7.2.1 Moteurs diesel

Le moteur parent de la famille doit être sélectionné selon le critère primaire du débit de carburant le plus élevé par temps moteur au régime du couple maximal.
Si plusieurs moteurs répondent également à ce critère primaire, le moteur parent doit

être sélectionné au moyen du critère secondaire du débit de carburant le plus élevé par temps moteur au régime nominal. Dans certains cas, l'autorité d'homologation peut conclure que la meilleure manière de déterminer les caractéristiques d'émissions de la famille de moteurs dans le cas le plus défavorable est d'essayer un deuxième moteur. Elle peut alors sélectionner un moteur supplémentaire pour l'essai en tenant compte des caractéristiques qui indiquent que celui-ci pourrait avoir le niveau d'émissions le plus élevé des moteurs de cette famille.

Si les moteurs de cette famille comportent d'autres caractéristiques variables pouvant influencer sur les émissions d'échappement, celles-ci devraient être déterminées et prises en compte dans la sélection du moteur parent.

7.2.2 Moteurs à gaz

Le moteur parent de la famille doit être sélectionné sur la base du critère primaire de la plus grande cylindrée. Lorsque plusieurs moteurs répondent également à ce critère primaire, le choix doit se faire en fonction d'un critère secondaire, à savoir, dans l'ordre suivant:

- a) le débit de carburant le plus élevé par temps moteur au régime de la puissance nominale déclarée;
- b) l'avance à l'allumage la plus grande;
- c) le taux le plus faible de recyclage des gaz d'échappement;
- d) l'absence de pompe à air ou la pompe ayant le débit d'air le plus faible.

Dans certains cas, l'autorité d'homologation peut conclure que la meilleure manière de déterminer les caractéristiques d'émissions de la famille de moteurs dans le cas le plus défavorable est d'essayer un deuxième moteur. Elle peut alors sélectionner un autre moteur pour l'essai en tenant compte des caractéristiques qui indiquent que celui-ci pourrait avoir le niveau d'émissions le plus élevé des moteurs de cette famille.

7.3 Paramètres qui définissent une famille de moteurs du point de vue de l'OBD

La famille de moteurs du point de vue de l'OBD peut être définie par des caractéristiques de base qui doivent être communes aux systèmes moteur de la famille.

La liste suivante de paramètres de base doit être commune pour que les moteurs puissent être considérés comme appartenant à la même famille de moteurs du point de vue de l'OBD:

- a) méthodes de surveillance OBD;
- b) méthodes de détection de défaut de fonctionnement;
à moins que le constructeur ne démontre l'équivalence de ces méthodes par des démonstrations techniques ou par d'autres moyens.

Note: les moteurs n'appartenant pas à la même famille de moteurs peuvent relever de la même famille de moteurs du point de vue de l'OBD à condition que les critères précités soient remplis.

8. CONFORMITÉ DE LA PRODUCTION

Les mesures de contrôle de la conformité de la production doivent être conformes aux dispositions de l'appendice 2 de l'Accord (E/ECE/324- E/ECE/TRANS/505/Rev.2), et satisfaire aux conditions ci-après:

- 8.1 Tout moteur ou véhicule portant une marque d'homologation en application du présent Règlement doit être construit de manière à être conforme au type homologué en ce qui concerne les caractéristiques spécifiées dans la fiche d'homologation et ses annexes.
- 8.2 En règle générale, la conformité de la production en ce qui concerne la limitation des émissions est contrôlée sur la base des caractéristiques indiquées dans la fiche d'homologation et ses annexes.
- 8.3 Lorsqu'il s'agit de mesurer les émissions de polluants dans le cas d'un moteur homologué en vertu d'une ou de plusieurs extensions, les essais doivent être exécutés sur le ou les moteurs décrits dans le dossier d'information relatif à l'extension considérée.
- 8.3.1 Conformité au moteur soumis aux essais en matière d'émissions:
- Après présentation du moteur aux autorités, le constructeur ne doit plus effectuer de réglages sur les moteurs sélectionnés.
- 8.3.1.1 Trois moteurs sont prélevés au hasard dans la série. Les moteurs qui sont soumis seulement aux essais ESC et ELR, ou seulement à l'essai ETC pour l'homologation conformément à la ligne A des tableaux du paragraphe 5.2.1, sont soumis aux essais applicables pour le contrôle de la conformité de la production. Avec l'accord de l'autorité, tous les autres moteurs homologués conformément à la ligne A, B1 ou B2, ou C des tableaux du paragraphe 5.2.1 sont soumis soit aux essais ESC et ELR, soit à l'essai ETC pour le contrôle de la conformité de la production. Les valeurs limites applicables sont indiquées au paragraphe 5.2.1 du Règlement.
- 8.3.1.2 Les essais sont exécutés conformément à l'appendice 1 au présent Règlement lorsque l'autorité compétente est satisfaite de l'écart type de production indiqué par le constructeur.
- Les essais sont exécutés conformément à l'appendice 2 au présent Règlement lorsque l'autorité compétente ne juge pas satisfaisant l'écart type de production déclaré par le constructeur.
- À la demande du constructeur, les essais peuvent être exécutés conformément à l'appendice 3 au présent Règlement.
- 8.3.1.3 À l'issue d'un essai exécuté sur un spécimen de moteur prélevé au hasard, la production d'une série est jugée conforme lorsqu'une décision positive est obtenue pour tous les polluants, et non conforme lorsqu'une décision négative est obtenue pour un polluant, conformément aux critères d'essai figurant dans l'appendice applicable. Lorsqu'une décision positive est obtenue pour un polluant, cette décision

ne peut pas être remise en cause par des essais additionnels effectués afin de parvenir à une décision pour les autres polluants.

S'il n'a pas été obtenu une décision positive pour tous les polluants, ni une décision négative pour un polluant, un essai est effectué sur un autre moteur (voir la figure 2).

S'il n'est pas possible de parvenir à une décision concluante, le constructeur peut à tout moment décider d'interrompre les essais. On enregistre dans ce cas une décision négative.

8.3.2 Les essais doivent être exécutés sur des moteurs neufs. Les moteurs à gaz doivent être rodés selon la procédure décrite au paragraphe 3 de l'appendice 2 à l'annexe 4A.

8.3.2.1 Toutefois, à la demande du constructeur, les essais peuvent être effectués sur des moteurs diesel ou des moteurs à gaz ayant subi un rodage plus long que la période indiquée au paragraphe 8.3.2 avec un maximum de cent heures. Dans ce cas, le rodage est effectué par le constructeur, qui doit s'engager à ne pas procéder à des réglages sur ces moteurs.

8.3.2.2 Lorsque le constructeur demande à effectuer le rodage conformément au paragraphe 8.3.2.1, celui-ci peut porter:

- a) soit sur tous les moteurs essayés,
- b) soit sur le premier moteur essayé, auquel est affecté un coefficient d'évolution déterminé comme suit:
 - i) les émissions de polluants sont mesurées à zéro heure et à «x» heures sur le premier moteur,
 - ii) le coefficient d'évolution des émissions entre l'heure zéro et l'heure «x» est calculé pour chaque polluant:
 - a. émissions à «x» heures/émissions à zéro heure
 - b. ce coefficient peut être inférieur à un.

Les autres moteurs ne seront pas soumis au rodage, mais leurs émissions à zéro heure seront modifiées par ce coefficient. Dans ce cas, les valeurs à retenir seront les suivantes:

- a) les valeurs à «x» heures pour le premier moteur;
- b) les valeurs à zéro heure multipliées par le coefficient d'évolution pour les autres moteurs.

8.3.2.3 Pour les moteurs diesel et les moteurs à GPL, tous ces essais peuvent être exécutés avec des carburants du commerce. Toutefois, à la demande du constructeur, les carburants de référence spécifiés aux annexes 5 ou 7 peuvent être utilisés. Cela

impliquera d'effectuer des essais, comme indiqué au paragraphe 4 du présent Règlement, avec au moins deux des carburants de référence pour chaque moteur dans le cas des moteurs alimentés au gaz.

8.3.2.4 Pour les moteurs à gaz naturel, tous ces essais peuvent être effectués avec un carburant du commerce, comme suit:

- a) dans le cas des moteurs portant le repère H, avec un carburant du commerce de la gamme H ($0,89 \leq S_{\lambda} \leq 1,08$);
- b) dans le cas des moteurs portant le repère L, avec un carburant du commerce de la gamme L ($1,00 \leq S_{\lambda} \leq 1,19$);
- c) dans le cas des moteurs portant le repère HL, avec un carburant du commerce situé dans la plage extrême du facteur de recalage ($0,89 \leq S_{\lambda} \leq 1,19$).

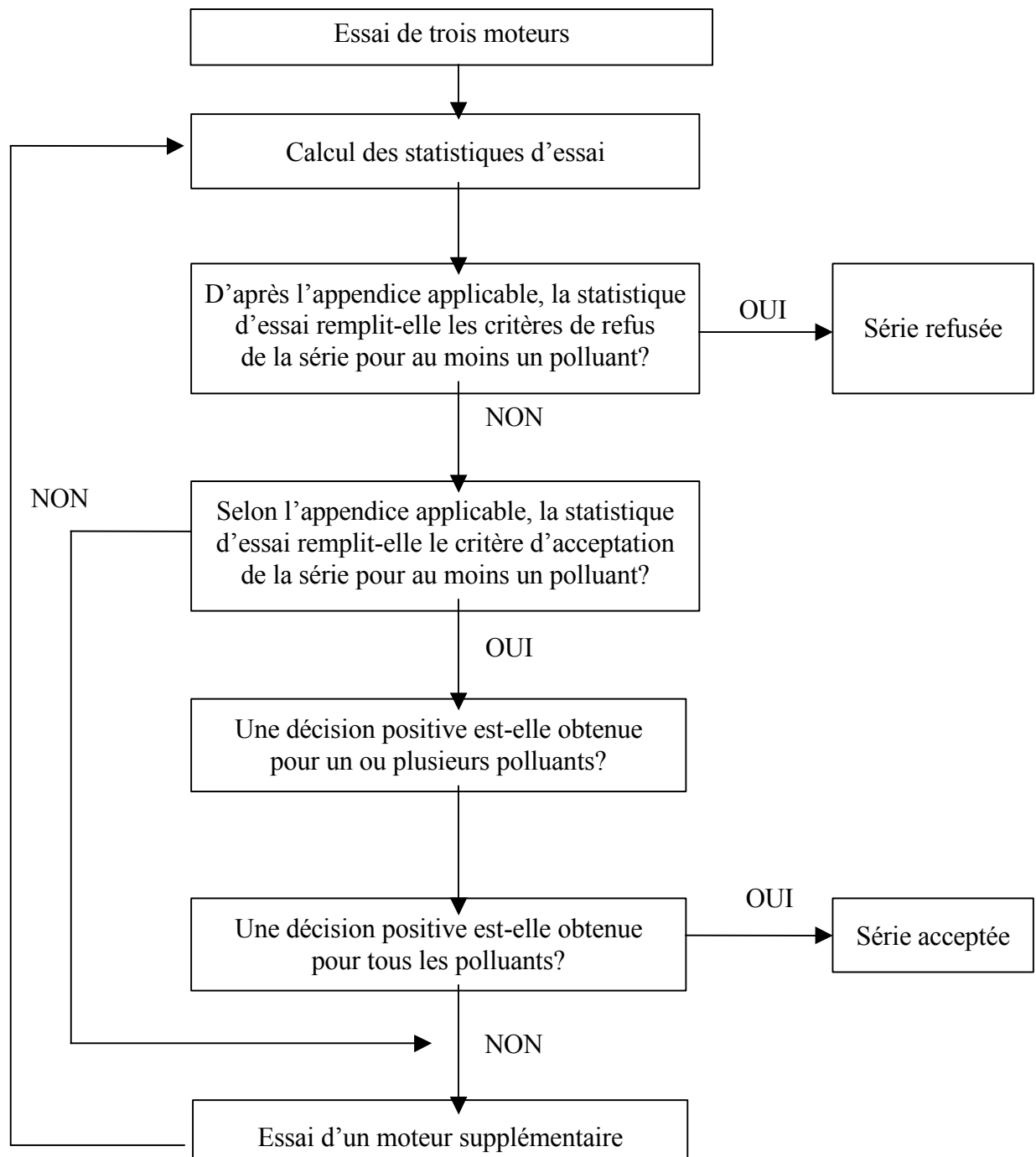
À la demande du constructeur toutefois, les carburants de référence définis à l'annexe 5 peuvent être utilisés. Cela implique d'effectuer des essais, comme il est prescrit au paragraphe 4 du présent Règlement, avec au moins deux des carburants de référence pour chaque moteur alimenté au gaz.

8.3.2.5 En cas de différend soulevé par la non-conformité d'un moteur à gaz lorsqu'il est essayé avec un carburant du commerce, les essais doivent être effectués avec un carburant de référence déjà utilisé pour l'essai du moteur parent, ou éventuellement avec le carburant 3 supplémentaire visé aux paragraphes 4.1.3.1 et 4.2.1.1, sur lequel le moteur parent peut avoir été essayé. Les résultats doivent ensuite être convertis par calcul, en appliquant les facteurs correspondants «r», «r_a» ou «r_b» définis dans les paragraphes 4.1.4, 4.1.5.1 et 4.2.1.2. Si «r», «r_a» ou «r_b» a une valeur inférieure à un, aucune correction n'est nécessaire. Les résultats mesurés et calculés doivent démontrer que le moteur satisfait aux valeurs limites avec tous les carburants considérés (carburants 1, 2, et lorsqu'il y a lieu 3, dans les cas des moteurs à gaz naturel et carburants A et B dans les cas des moteurs à GPL).

8.3.2.6 Les essais de conformité de la production pour un moteur à gaz conçu pour fonctionner sur une composition donnée de carburant doivent être effectués avec le carburant pour lequel le moteur a été réglé.

Figure 2

Diagramme logique des essais de conformité de la production



8.4 Systèmes d'autodiagnostic (OBD)

8.4.1 Si une vérification de la conformité de la production du système OBD doit être effectuée, elle doit être exécutée conformément aux dispositions suivantes.

- 8.4.2 Lorsque l'autorité d'homologation du type conclut que la qualité de la production semble insatisfaisante, un moteur est prélevé au hasard dans la série et est soumis aux essais décrits à l'appendice 1 de l'annexe 9A du présent Règlement. Les essais peuvent être effectués sur un moteur qui a subi un rodage de cent heures au maximum.
- 8.4.3 La production est jugée conforme si ce moteur répond aux exigences des essais décrits à l'appendice 1 de l'annexe 9A du présent Règlement.
- 8.4.4 Si le moteur prélevé dans la série ne satisfait pas aux prescriptions du paragraphe 8.4.2, un échantillon supplémentaire de quatre moteurs est prélevé au hasard dans la série et soumis aux essais décrits à l'appendice 1 de l'annexe 9A du présent Règlement. Les essais peuvent être réalisés sur des moteurs qui ont subi un rodage de cent heures au maximum.
- 8.4.5 La production est jugée conforme si au moins trois moteurs de l'échantillon aléatoire supplémentaire de quatre moteurs répondent aux prescriptions d'essai énoncées à l'appendice 1 de l'annexe 9A du présent Règlement.
9. CONFORMITÉ DES VÉHICULES/MOTEURS EN SERVICE
- 9.1 Aux fins du présent Règlement, la conformité des véhicules/moteurs en service est vérifiée périodiquement au cours de la durée de service d'un moteur installé sur un véhicule.
- 9.2 En ce qui concerne les homologations délivrées pour les émissions, des mesures additionnelles sont appropriées pour confirmer la fonctionnalité des dispositifs antipollution au cours de la durée de service d'un moteur installé sur un véhicule dans des conditions normales d'utilisation.
- 9.3 Les procédures à suivre en ce qui concerne le contrôle de la conformité des véhicules/moteurs en service sont énoncées dans l'annexe 8 du présent Règlement.
10. SANCTIONS POUR NON-CONFORMITÉ DE LA PRODUCTION
- 10.1 L'homologation délivrée pour un type de moteur ou de véhicule conformément au présent Règlement peut être retirée si les conditions énoncées au paragraphe 8.1 ci-dessus ne sont pas respectées ou si le ou les moteur(s) prélevé(s) n'ont pas subi avec succès les vérifications prévues au paragraphe 8.3.
- 10.2 Au cas où une Partie contractante à l'Accord appliquant le présent Règlement retirerait une homologation qu'elle a précédemment accordée, elle en informe aussitôt les autres Parties contractantes appliquant le présent Règlement au moyen d'une fiche de communication conforme au modèle des annexes 2A ou 2B du présent Règlement.

11. MODIFICATION ET EXTENSION DE L'HOMOLOGATION DU TYPE HOMOLOGUÉ

11.1 Toute modification du type homologué est portée à la connaissance du service administratif qui a accordé l'homologation du type. Ce service peut alors:

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

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

11.2 La confirmation ou le refus de l'homologation, avec l'indication des modifications, est notifié aux Parties à l'Accord appliquant le présent Règlement par la procédure décrite au paragraphe 4.5.

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

12. ARRÊT DÉFINITIF DE LA PRODUCTION

Si le détenteur de l'homologation arrête définitivement la fabrication d'un type homologué en application du présent Règlement, il doit en informer l'autorité qui a délivré l'homologation, laquelle à son tour le notifie aux autres Parties à l'Accord de 1958 appliquant le présent Règlement au moyen d'une fiche de communication conforme au modèle des annexes 2A ou 2B du présent Règlement.

13. DISPOSITIONS TRANSITOIRES

13.1 Dispositions générales

13.1.1 À dater de l'entrée en vigueur de la série 05 d'amendements, aucune Partie contractante appliquant le présent Règlement ne peut refuser de délivrer des homologations CEE conformément au présent Règlement tel qu'il est modifié par la série 05 d'amendements.

13.1.2 À dater de l'entrée en vigueur de la série 05 d'amendements, les Parties contractantes appliquant le présent Règlement ne doivent délivrer une homologation CEE pour un moteur que si celui-ci satisfait aux dispositions du présent Règlement tel qu'il est modifié par la série 05 d'amendements.

Le moteur doit être soumis aux essais applicables décrits au paragraphe 5 du présent Règlement et doit satisfaire aux paragraphes 13.2.1, 13.2.2 et 13.2.3 ci-dessous.

13.2 Nouvelles homologations de type

Nonobstant les dispositions des paragraphes 13.4 et 13.5, les Parties contractantes appliquant le présent Règlement ne doivent, à dater de l'entrée en vigueur de la série 05 d'amendements au présent Règlement, délivrer une homologation CEE pour un moteur que si celui-ci satisfait:

- a) aux valeurs limites d'émissions applicables des lignes B1, B2 ou C des tableaux du paragraphe 5.2.1 du présent Règlement;
- b) aux prescriptions concernant la durée de service énoncées au paragraphe 5.3;
- c) aux prescriptions concernant l'autodiagnostic OBD énoncées au paragraphe 5.4;
- d) aux prescriptions additionnelles énoncées au paragraphe 5.5.

Symbole	Date Nouvelles homologations-toutes homologations	Ligne ^a	OBD Phase I ^b	OBD Phase II	Durée de service et facteurs de détérioration	Traitement des NO _x ^c
B	01/10/05 01/10/06	B1(2005)	OUI	-	OUI	-
C	09/11/06 01/10/07	B1(2005)	OUI	-	OUI	OUI
D		B2(2008)	OUI	-	OUI	-
E		B2(2008)	OUI	-	OUI	OUI
F		B2(2008)	-	OUI	OUI	-
G		B2(2008)	-	OUI	OUI	OUI
H		C	OUI	-	OUI	-
I		C	OUI	-	OUI	OUI
J		C	-	OUI	OUI	-
K		C	-	OUI	OUI	OUI

^a Conformément aux tableaux du paragraphe 5.2.1 du présent Règlement.

^b Conformément au paragraphe 5.4 du présent Règlement, les moteurs à gaz sont exclus de l'OBD phase I.

^c Conformément au paragraphe 5.5 du présent Règlement.

13.2.2 Nonobstant les dispositions des paragraphes 13.4 et 13.5, les Parties contractantes appliquant le présent Règlement ne doivent, à compter du 9 novembre 2006, délivrer une homologation CEE pour un moteur que si celui-ci satisfait à toutes les conditions

énoncées au paragraphe 13.2.1 et aux prescriptions additionnelles énoncées au paragraphe 5.5 du présent Règlement.

- 13.2.3 Nonobstant les dispositions des paragraphes 13.4.1 et 13.5, les Parties contractantes appliquant le présent Règlement ne doivent, à compter du 1^{er} octobre 2008, délivrer une homologation CEE pour un moteur que si celui-ci satisfait:
- a) aux valeurs limites d'émissions applicables des lignes B2 ou C des tableaux du paragraphe 5.2.1 du présent Règlement;
 - b) aux prescriptions concernant la durée de service énoncées au paragraphe 5.3;
 - c) aux prescriptions concernant l'autodiagnostic OBD énoncées au paragraphe 5.4 (OBD phase II);
 - d) aux prescriptions additionnelles énoncées au paragraphe 5.5.
- 13.3 Limite de validité des anciennes homologations de type
- 13.3.1 À dater de l'entrée en vigueur de la série 05 d'amendements, les homologations de type délivrées conformément au présent Règlement modifié par la série 04 d'amendements cessent d'être valides.
- 13.3.2 À dater du 1^{er} octobre 2007, les homologations de type délivrées conformément au présent Règlement modifié par la série 05 d'amendements qui ne satisfont pas aux prescriptions du paragraphe 13.2.2 cessent d'être valides.
- 13.3.3 À dater du 1^{er} octobre 2009, les homologations de type délivrées conformément au présent Règlement modifié par la série 05 d'amendements qui ne satisfont pas aux prescriptions du paragraphe 13.2.3 cessent d'être valides.
- 13.4 Moteurs à gaz
- 13.4.1 Les moteurs à gaz n'ont pas à satisfaire aux prescriptions du paragraphe 5.5.
- 13.4.2 Les moteurs à gaz n'ont pas à satisfaire aux prescriptions du paragraphe 5.4.1 (OBD phase I).
- 13.5 Moteurs de rechange pour véhicules en service
- 13.5.1 Les Parties contractantes appliquant le présent Règlement peuvent continuer de délivrer des homologations aux moteurs qui satisfont aux dispositions du présent Règlement tel qu'il est modifié par toute série d'amendements antérieure ou à tout niveau du Règlement tel qu'il est modifié par la série 05 d'amendements, à condition que ces moteurs soient destinés à être utilisés comme élément de rechange pour un véhicule en service et auquel ces dispositions antérieures étaient applicables à la date d'entrée en service du véhicule.

14. NOMS ET ADRESSES DES SERVICES TECHNIQUES CHARGÉS DE LA
CONDUITE DES ESSAIS D'HOMOLOGATION, ET DES SERVICES
ADMINISTRATIFS

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

Appendice 1

PROCÉDURE DE VÉRIFICATION DE LA CONFORMITÉ DE LA PRODUCTION LORSQUE L'ÉCART TYPE EST SATISFAISANT

1. Le présent appendice décrit la procédure à suivre pour vérifier la conformité de la production en ce qui concerne les émissions de polluants lorsque l'écart type de production indiqué par le constructeur est satisfaisant.
2. Avec un échantillon minimal de trois moteurs, la procédure d'échantillonnage est établie de manière que la probabilité qu'un lot comprenant 40 % de défectueux soit accepté, soit de 0,95 (risque producteur = 5 %), et que la probabilité qu'un lot soit accepté avec 65 % de défectueux, soit de 0,10 (risque consommateur = 10 %).
3. Pour chacun des polluants visés au paragraphe 5.2.1 du Règlement, la procédure suivante est appliquée (voir fig. 2):

soit:

- L = le logarithme naturel de la valeur limite pour le polluant;
x_i = le logarithme naturel de la valeur mesurée pour l'énème moteur de l'échantillon;
s = l'estimation de l'écart type de production (après calcul du logarithme naturel des valeurs mesurées);
n = la taille de l'échantillon.

4. Pour chaque échantillon on calcule la somme des écarts types à la limite au moyen de la formule ci-après:

$$\frac{1}{s} \sum_{i=1}^n (L - x_i)$$

5. Plusieurs cas sont alors possibles:
 - a) si la statistique d'essai est supérieure au seuil de décision positive pour la taille de l'échantillon indiquée au tableau 3, une décision positive est prise pour le polluant considéré;
 - b) si la statistique d'essai est inférieure au seuil de décision négative pour la taille de l'échantillon indiquée au tableau 3, une décision négative est prise pour le polluant considéré;
 - c) dans les autres cas, un moteur supplémentaire est essayé conformément au paragraphe 8.3.1 du Règlement et la procédure de calcul est appliquée à l'échantillon augmenté d'une unité.

Tableau 3

Seuils d'acceptation et de refus pour le plan d'échantillonnage de l'appendice 1
Taille minimale de l'échantillon: 3

Nombre cumulatif de moteurs essayés (taille de l'échantillon)	Seuil d'acceptation A_n	Seuil de refus B_n
3	3,327	-4,724
4	3,261	-4,790
5	3,195	-4,856
6	3,129	-4,922
7	3,063	-4,988
8	2,997	-5,054
9	2,931	-5,120
10	2,865	-5,185
11	2,799	-5,251
12	2,733	-5,317
13	2,667	-5,383
14	2,601	-5,449
15	2,535	-5,515
16	2,469	-5,581
17	2,403	-5,647
18	2,337	-5,713
19	2,271	-5,779
20	2,205	-5,845
21	2,139	-5,911
22	2,073	-5,977
23	2,007	-6,043
24	1,941	-6,109
25	1,875	-6,175
26	1,809	-6,241
27	1,743	-6,307
28	1,677	-6,373
29	1,611	-6,439
30	1,545	-6,505
31	1,479	-6,571
32	-2,112	-2,112

Appendice 2

PROCÉDURE DE VÉRIFICATION DE LA CONFORMITÉ DE LA PRODUCTION SI L'ÉCART TYPE N'EST PAS SATISFAISANT OU S'IL N'EST PAS DISPONIBLE

1. Le présent appendice décrit la procédure à suivre pour vérifier la conformité de la production en ce qui concerne les émissions de polluants lorsque l'écart type de production indiqué par le constructeur n'est pas satisfaisant ou n'est pas disponible.
2. Avec un échantillon minimal de trois moteurs, la procédure d'échantillonnage est établie de telle manière que la probabilité qu'un lot comprenant 40 % de défectueux soit accepté, soit de 0,95 (risque producteur = 5 %), et que la probabilité qu'un lot comprenant 65 % de défectueux soit accepté, soit de 0,10 (risque consommateur = 10 %).
3. Les valeurs des polluants indiquées au paragraphe 5.2.1 du Règlement sont considérées comme distribuées selon une loi log normale et elles devraient être transformées par calcul de leurs logarithmes naturels. On désigne par m_0 et m les tailles d'échantillon minimale et maximale respectivement ($m_0 = 3$ et $m = 32$) et par n la taille de l'échantillon considéré.
4. Si les logarithmes naturels des valeurs mesurées dans la série sont x_1, x_2, \dots, x_i et si L est le logarithme naturel de la valeur limite pour le polluant, on a:

$$d_i = x_i - L$$

$$\bar{d}_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i$$

$$v_n^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d}_n)^2$$

5. Le tableau 4 indique les valeurs des seuils d'acceptation (A_n) et de refus (B_n) en fonction de la taille de l'échantillon. La statistique d'essai est le rapport \bar{d}_n/v_n ; elle est utilisée pour déterminer si la série est acceptée ou refusée comme suit:

pour $m_0 \leq n \leq m$:

- a) la série est acceptée si $\bar{d}_n/v_n \leq A_n$,
- b) la série est refusée si $\bar{d}_n/v_n \geq B_n$,
- c) la mesure est répétée si $A_n < \bar{d}_n/v_n < B_n$.

6. Remarque:

Les formules de récurrence suivantes sont utiles pour calculer les valeurs successives de la statistique d'essai:

$$\bar{d}_n = \left(1 - \frac{1}{n}\right) \bar{d}_{n-1} + \frac{1}{n} d_n$$

$$v_n^2 = \left(1 - \frac{1}{n}\right) v_{n-1}^2 + \frac{(\bar{d}_n - d_n)^2}{n-1}$$

$$(n = 2, 3, \dots; \bar{d}_1 = d_1; v_1 = 0)$$

Tableau 4

Seuils d'acceptation et de refus pour le plan d'échantillonnage de l'appendice 2
Taille minimale de l'échantillon: 3

Nombre cumulatif de moteurs essayés (taille de l'échantillon)	Seuil d'acceptation A_n	Seuil de refus B_n
3	-0,80381	16,64743
4	-0,76339	7,68627
5	-0,72982	4,67136
6	-0,69962	3,25573
7	-0,67129	2,45431
8	-0,64406	1,94369
9	-0,61750	1,59105
10	-0,59135	1,33295
11	-0,56542	1,13566
12	-0,53960	0,97970
13	-0,51379	0,85307
14	-0,48791	0,74801
15	-0,46191	0,65928
16	-0,43573	0,58321
17	-0,40933	0,51718
18	-0,38266	0,45922
19	-0,35570	0,40788
20	-0,32840	0,36203
21	-0,30072	0,32078
22	-0,27263	0,28343
23	-0,24410	0,24943
24	-0,21509	0,21831
25	-0,18557	0,18970
26	-0,15550	0,16328
27	-0,12483	0,13880
28	-0,09354	0,11603
29	-0,06159	0,09480
30	-0,02892	0,07493
31	-0,00449	0,05629
32	0,03876	0,03876

Appendice 3

PROCÉDURE DE VÉRIFICATION DE LA CONFORMITÉ DE LA PRODUCTION APPLIQUÉE À LA DEMANDE DU CONSTRUCTEUR

1. Le présent appendice décrit la procédure à suivre, à la demande du constructeur, pour vérifier la conformité de la production en ce qui concerne les émissions de polluants.
2. Avec une taille minimale d'échantillon de trois moteurs, la procédure d'échantillonnage est établie de telle manière que la probabilité qu'un lot comprenant 30 % de défectueux soit accepté, soit de 0,90 (risque producteur = 10 %), et que la probabilité qu'un lot comprenant 65 % de défectueux soit acceptée, soit de 0,10 (risque consommateur = 10 %).
3. La procédure suivante est appliquée pour chacun des polluants visés au paragraphe 5.2.1 du Règlement (voir fig. 2):

soit:

- L = la valeur limite définie pour le polluant;
- x_i = la valeur mesurée pour l'énème moteur de l'échantillon;
- s = l'estimation de l'écart type de production (après calcul du logarithme naturel des valeurs mesurées);
- n = la taille de l'échantillon.

4. On calcule pour l'échantillon la statistique quantifiant le nombre de moteurs non conformes, c'est-à-dire pour lesquels $x_i \geq L$.
5. Ensuite:
 - a) si la statistique est inférieure ou égale au seuil d'acceptation pour la taille de l'échantillon indiquée au tableau 5, une décision positive est prise pour le polluant considéré;
 - b) si la statistique est supérieure ou égale au seuil de décision négative pour la taille de l'échantillon indiquée au tableau 5, une décision négative est prise pour le polluant considéré;
 - c) dans les autres cas, un moteur supplémentaire est soumis à l'essai prescrit au paragraphe 8.3.1 du Règlement et la procédure de calcul est appliquée à l'échantillon augmenté d'une unité. Les seuils d'acceptation et de refus pour le tableau 5 sont calculés selon la norme internationale ISO 8422:1991.

Tableau 5

Seuils d'acceptation et de refus pour le plan d'échantillonnage de l'appendice 3
Taille minimale de l'échantillon: 3

Nombre cumulé de moteurs essayés (taille de l'échantillon)	Seuil d'acceptation	Seuil de refus
3	—	3
4	0	4
5	0	4
6	1	5
7	1	5
8	2	6
9	2	6
10	3	7
11	3	7
12	4	8
13	4	8
14	5	9
15	5	9
16	6	10
17	6	10
18	7	11
19	8	9

Appendice 4

DÉTERMINATION DE L'ÉQUIVALENCE D'UN SYSTÈME

La détermination de l'équivalence d'un système conformément aux prescriptions du paragraphe 5.2 doit se fonder sur une étude de corrélation portant sur 7 paires (ou plus) d'échantillons entre le système à l'examen et l'un des systèmes de référence acceptés de la présente annexe, par le moyen de cycles d'essai appropriés. Pour déterminer l'équivalence, le critère à appliquer doit être le test F et le test t à deux échantillons.

Cette méthode statistique évalue l'hypothèse selon laquelle l'écart type et la valeur moyenne de l'échantillon pour un type d'émissions particulier mesurées avec le système à l'examen ne s'écartent pas de l'écart type et de la valeur moyenne de l'échantillon pour ces émissions, mesurées avec le système de référence. L'hypothèse est évaluée sur la base d'un niveau de signification de 5 % des valeurs F et t. Les valeurs critiques de F et t pour 7 à 10 paires d'échantillons sont indiquées au tableau 8. Si les valeurs F et t calculées conformément à l'équation ci-dessous sont supérieures aux valeurs critiques de F et t, le système à l'examen est jugé non équivalent.

La méthode suivante doit être appliquée. Les indices R et C désignent la référence et le système à l'examen, respectivement:

- a) Effectuer au moins 7 essais dans lesquels le système à l'examen et le système de référence sont utilisés en parallèle. Le nombre d'essais est désigné par n_R et n_C respectivement;
- b) Calculer les valeurs moyennes x_R et x_C et les écarts types S_R et S_C ;
- c) Calculer la valeur F comme suit:

$$F = \frac{S_{\text{major}}^2}{S_{\text{minor}}^2}$$

(la plus grande des deux valeurs d'écart type S_R ou S_C doit figurer en numérateur);

- d) Calculer la valeur t comme suit:

$$t = \frac{|x_C - x_R|}{\sqrt{(n_C - 1) \times S_C^2 + (n_R - 1) \times S_R^2}} \times \sqrt{\frac{n_C \times n_R \times (n_C + n_R - 2)}{n_C + n_R}}$$

- e) Comparer les valeurs F et t avec les valeurs critiques F et t correspondant aux nombres respectifs d'essais indiquées au tableau 8. Si des échantillons de taille plus importante sont utilisés, on doit se reporter à des tables statistiques pour le niveau de signification 5 % (niveau de confiance: 95 %).

f) Déterminer les degrés de liberté (df), comme suit:

pour l'essai F: $df = n_R - 1 / n_C - 1$

pour l'essai t: $df = n_C + n_R - 2$

Valeurs t et F pour diverses tailles de l'échantillon

Taille de l'échantillon	Test F		Test t	
	df	F _{crit}	df	t _{crit}
7	6/6	4,284	12	2,179
8	7/7	3,787	14	2,145
9	8/8	3,438	16	2,120
10	9/9	3,179	18	2,101

g) Déterminer l'équivalence comme suit:

- i) si $F < F_{crit}$ et $t < t_{crit}$, le système à l'examen est équivalent au système de référence de la présente annexe;
- ii) si $F \geq F_{crit}$ ou $t \geq t_{crit}$, le système à l'examen n'est pas équivalent au système de référence de la présente annexe.

Annexe 1

CARACTÉRISTIQUES ESSENTIELLES DU MOTEUR (PARENT)
ET RENSEIGNEMENTS SUR LA CONDUITE DES ESSAIS¹

1. Description du moteur
- 1.1 Constructeur:.....
- 1.2 Code constructeur du moteur:.....
- 1.3 Cycle: quatre temps/deux temps²:
- 1.4 Nombre et disposition des cylindres:.....
- 1.4.1 Alésage:mm
- 1.4.2 Course:mm
- 1.4.3 Ordre d'allumage:
- 1.5 Cylindrée:cm³
- 1.6 Rapport volumétrique de compression³:.....
- 1.7 Schémas de la chambre de combustion et de la calotte du piston:
- 1.8 Section minimale des conduits d'admission et d'échappement:cm²
- 1.9 Régime de ralenti: min⁻¹
- 1.10 Puissance maximale nette:..... kW à min⁻¹
- 1.11 Régime moteur maximal autorisé:..... min⁻¹
- 1.12 Couple maximal net:.....Nm à min⁻¹
- 1.13 Mode d'allumage: allumage par compression/allumage commandé²
- 1.14 Carburant: gazole/GPL/GN-H/GN-L/GN-HL/éthanol²
- 1.15 Refroidissement
- 1.15.1 Par liquide
- 1.15.1.1 Nature du liquide:
- 1.15.1.2 Pompe(s) de circulation: oui/non²
- 1.15.1.3 Caractéristiques ou marque(s) et type(s) (s'il y a lieu):.....

- 1.15.1.4 Rapport(s) d'entraînement (s'il y a lieu):
- 1.15.2 Par air
- 1.15.2.1 Soufflante: oui/non²
- 1.15.2.2 Caractéristiques ou marque(s) et type(s) (s'il y a lieu):
- 1.15.2.3 Rapport(s) d'entraînement (s'il y a lieu):
- 1.16 Températures admissibles constructeur
- 1.16.1 Refroidissement par liquide: température maximale de sortie: K
- 1.16.2 Refroidissement par air: point de référence:
Température maximale au point de référence: K
- 1.16.3 Température maximale de l'air à la sortie du refroidisseur d'admission (s'il y a lieu):
.....
- 1.16.4 Température maximale des gaz d'échappement dans le tuyau d'échappement au droit
de la bride de sortie du collecteur d'échappement ou du turbo-compresseur:
..... K
- 1.16.5 Température du carburant: min..... K, max..... K
pour les moteurs diesel à l'entrée de la pompe d'injection; pour les moteurs à gaz à
l'étage final du régulateur de pression
- 1.16.6 Pression du carburant: min..... kPa, max..... kPa
à l'étage final du régulateur de pression pour les moteurs à gaz naturel seulement
- 1.16.7 Température du lubrifiant: min K, max.: K
- 1.17 Dispositif de suralimentation: oui/non²
- 1.17.1 Marque:
- 1.17.2 Type:
- 1.17.3 Description du système (pression maximale de suralimentation, soupape de décharge,
etc.):
- 1.17.4 Refroidisseur intermédiaire: oui/non²

- 1.18 Système d'admission
Dépression maximale autorisée à l'admission au régime nominal du moteur et au
taux de charge de 100 % selon les conditions de fonctionnement prescrites au
Règlement n° 24, série 02 d'amendements kPa
- 1.19 Système d'échappement
Contre-pression maximale autorisée à l'échappement au régime nominal du moteur
et au taux de charge de 100 % selon les conditions de fonctionnement prescrites au
Règlement n° 24, série 02 d'amendements: kPa
Volume du système d'échappement: dm³
- 1.20 Module électronique de gestion du moteur (tous types de moteurs):
- 1.20.1 Marque:
- 1.20.2 Type:
- 1.20.3 Numéro d'identification du logiciel moteur:
2. Systèmes antipollution
- 2.1 Système de recyclage des gaz de carter (description et schémas):
- 2.2 Dispositifs antipollution additionnels (s'ils existent, et s'ils ne sont pas traités sous un
autre point)
- 2.2.1 Convertisseur catalytique: oui/non²
- 2.2.1.1 Marque(s):
- 2.2.1.2 Type(s):
- 2.2.1.3 Nombre de convertisseurs catalytiques et d'éléments:
- 2.2.1.4 Dimensions, forme et volume des convertisseurs catalytiques:
- 2.2.1.5 Type d'action catalytique:
- 2.2.1.6 Charge totale en métaux précieux:
- 2.2.1.7 Concentration relative:
- 2.2.1.8 Substrat (structure et matériaux):
- 2.2.1.9 Densité des canaux:
- 2.2.1.10 Type d'enveloppe:
- 2.2.1.11 Emplacement du ou des convertisseurs catalytiques (position et distance de référence
le long de la ligne d'échappement):

- 2.2.1.12 Plage des températures normales de fonctionnement (K):
- 2.2.1.13 Réactifs consommables (s'il y a lieu):
 - 2.2.1.13.1 Type et concentration du réactif nécessaire à l'action catalytique:
 - 2.2.1.13.2 Plage des températures normales d'utilisation du réactif:
 - 2.2.1.13.3 Norme internationale (s'il y a lieu):.....
 - 2.2.1.13.4 Fréquence de recharge de réactif: continue/services²
- 2.2.2 Sonde à oxygène: oui/non²
 - 2.2.2.1 Marque(s):.....
 - 2.2.2.2 Type:
 - 2.2.2.3 Emplacement:
- 2.2.3 Injection d'air: oui/non²
 - 2.2.3.1 Type (pulsair, pompe à air, etc.):
- 2.2.4 Système de recyclage des gaz d'échappement: oui/non²
 - 2.2.4.1 Caractéristiques (débit, etc.):
- 2.2.5 Filtre à particules: oui/non²
 - 2.2.5.1 Dimensions, forme et capacité du filtre à particules:.....
 - 2.2.5.2 Type et conception du filtre à particules:.....
 - 2.2.5.3 Emplacement (distance de référence le long de la ligne d'échappement):.....
 - 2.2.5.4 Méthode ou système de régénération, description et/ou schéma:.....
 - 2.2.5.5 Plage des températures (K) et pressions (kPa) normales de fonctionnement:
 - 2.2.5.6 En cas de régénération périodique:
 - a) Nombre de cycles d'essais ETC entre deux régénérations (n1):.....
 - b) Nombre de cycles d'essais ETC au cours de la régénération (n2):
- 2.2.6 Autres systèmes: oui/non²
 - 2.2.6.1 Description et mode de fonctionnement:

- 3. Alimentation en carburant
- 3.1 Moteurs diesel
- 3.1.1 Pompe d'alimentation
Pression³: kPa ou diagramme caractéristique²:
- 3.1.2 Système d'injection
- 3.1.2.1 Pompe
- 3.1.2.1.1 Marque(s):
- 3.1.2.1.2 Type(s):
- 3.1.2.1.3 Quantité injectée: mm³ ³ par temps moteur au régime moteur de: min⁻¹ à pleine injection, ou diagramme caractéristique^{2,3}
Indiquer la méthode utilisée: sur moteur/sur banc pour pompe²
S'il existe une gestion de la pression de suralimentation, indiquer les valeurs caractéristiques de débit de carburant et de pression de suralimentation en fonction du régime moteur.
- 3.1.2.1.4 Avance à l'injection
- 3.1.2.1.4.1 Courbe d'avance à l'injection³:
- 3.1.2.1.4.2 Calage statique de l'injection³:
- 3.1.2.2 Tuyauterie d'injection
- 3.1.2.2.1 Longueur: mm
- 3.1.2.2.2 Diamètre intérieur: mm
- 3.1.2.2.3 Rampe haute pression, marque et type:
- 3.1.2.3 Injecteur(s)
- 3.1.2.3.1 Marque(s):
- 3.1.2.3.2 Type(s):
- 3.1.2.3.3 «Pression d'ouverture»: kPa³
ou diagramme caractéristique^{2,3}
- 3.1.2.4 Régulateur
- 3.1.2.4.1 Marque(s):
- 3.1.2.4.2 Type(s):

- 3.1.2.4.3 Régime de début de coupure à pleine charge: min⁻¹
- 3.1.2.4.4 Régime maximal à vide: min⁻¹
- 3.1.2.4.5 Régime de ralenti: min⁻¹
- 3.1.3 Système de démarrage à froid
- 3.1.3.1 Marque(s):.....
- 3.1.3.2 Type(s):.....
- 3.1.3.3 Description:.....
- 3.1.3.4 Dispositif auxiliaire de démarrage:.....
- 3.1.3.4.1 Marque:.....
- 3.1.3.4.2 Type:
- 3.2 Moteurs à gaz⁴
- 3.2.1 Carburant: gaz naturel/GPL²
- 3.2.2 Régulateur(s) de pression ou vapodétendeur(s)³
- 3.2.2.1 Marque(s):.....
- 3.2.2.2 Type(s):.....
- 3.2.2.3 Nombre d'étages de détente:.....
- 3.2.2.4 Pression à l'étage final: min.kPa, max.....kPa
- 3.2.2.5 Nombre de points de réglage de marche principale:
- 3.2.2.6 Nombre de points de réglage du ralenti:
- 3.2.2.7 Numéro d'homologation:.....
- 3.2.3 Système d'alimentation: par mélangeur/par injection gazeuse/par injection liquide/par injection directe²
- 3.2.3.1 Régulation du mélange:
- 3.2.3.2 Description du système et/ou diagrammes et schémas:
- 3.2.3.3 Numéro d'homologation:.....

- 3.2.4 Mélangeur
 - 3.2.4.1 Nombre:
 - 3.2.4.2 Marque(s):.....
 - 3.2.4.3 Type(s):.....
 - 3.2.4.4 Emplacement:
 - 3.2.4.5 Possibilités de réglage:
 - 3.2.4.6 Numéro d'homologation:.....
- 3.2.5 Injection dans le collecteur d'admission
 - 3.2.5.1 Injection: monopoint/multipoint²
 - 3.2.5.2 Injection: continue/simultanée/séquentielle²
 - 3.2.5.3 Équipement d'injection
 - 3.2.5.3.1 Marque(s):.....
 - 3.2.5.3.2 Type(s):.....
 - 3.2.5.3.3 Possibilités de réglage:
 - 3.2.5.3.4 Numéro d'homologation:.....
 - 3.2.5.4 Pompe d'alimentation (s'il y a lieu):
 - 3.2.5.4.1 Marque(s):.....
 - 3.2.5.4.2 Type(s):.....
 - 3.2.5.4.3 Numéro d'homologation:.....
 - 3.2.5.5 Injecteur(s):
 - 3.2.5.5.1 Marque(s):.....
 - 3.2.5.5.2 Type(s):.....
 - 3.2.5.5.3 Numéro d'homologation:.....
- 3.2.6 Injection directe
 - 3.2.6.1 Pompe d'injection/régulateur de pression²
 - 3.2.6.1.1 Marque(s):.....

- 3.2.6.1.2 Type(s):
- 3.2.6.1.3 Avance à l'injection:
- 3.2.6.1.4 Numéro d'homologation:
- 3.2.6.2 Injecteur(s)
- 3.2.6.2.1 Marque(s):
- 3.2.6.2.2 Type(s):
- 3.2.6.2.3 Pression d'ouverture ou diagramme caractéristique³:
- 3.2.6.2.4 Numéro d'homologation:
- 3.2.7 Module électronique de gestion
- 3.2.7.1 Marque(s):
- 3.2.7.2 Type(s):
- 3.2.7.3 Possibilités de réglage:
- 3.2.8 Équipement spécifique à une gamme de carburant pour le gaz naturel
- 3.2.8.1 Variante 1 (seulement dans le cas de l'homologation d'un moteur pour plusieurs compositions données de carburant)
- 3.2.8.1.1 Composition du carburant:
- | | | | | | | |
|--|------------|-------|-----------|-------|------------|-------|
| méthane (CH ₄): | base:..... | % mol | min:..... | % mol | max.:..... | % mol |
| éthane (C ₂ H ₆): | base:..... | % mol | min:..... | % mol | max.:..... | % mol |
| propane (C ₃ H ₈): | base:..... | % mol | min:..... | % mol | max.:..... | % mol |
| butane (C ₄ H ₁₀) | base:..... | % mol | min:..... | % mol | max.:..... | % mol |
| C ₂ /C ₅ + | base:..... | % mol | min:..... | % mol | max.:..... | % mol |
| oxygène (O ₂): | base:..... | % mol | min:..... | % mol | max.:..... | % mol |
| gaz inerte (N ₂ ,
He, etc.): | base:..... | % mol | min:..... | % mol | max.:..... | % mol |
- 3.2.8.1.2 Injecteur(s)
- 3.2.8.1.2.1 Marque(s):
- 3.2.8.1.2.2 Type(s):
- 3.2.8.1.3 Autres caractéristiques (s'il y a lieu)
- 3.2.8.2 Variante 2
(seulement dans le cas d'une homologation pour plusieurs compositions données de carburant)

4. Diagramme de distribution
 - 4.1 Levée maximale des soupapes et angles d'ouverture et de fermeture par rapport aux points morts hauts ou données équivalentes:.....
 - 4.2 Points de calage et/ou jeux de réglage²:
5. Système d'allumage (moteurs à allumage commandé uniquement)
 - 5.1 Type de système d'allumage: bobine commune et bougies/bobines individuelles et bougies/bobines crayons/autres systèmes (préciser)²
 - 5.2 Module de gestion de l'allumage
 - 5.2.1 Marque(s):.....
 - 5.2.2 Type(s):.....
 - 5.3 Courbe d'avance à l'allumage/cartographie d'avance^{2,3}:.....
 - 5.4 Calage de l'allumage³:..... degrés avant le PMH à un régime de min⁻¹ et une dépression dans l'admission de kPa
 - 5.5 Bougies d'allumage
 - 5.5.1 Marque(s):.....
 - 5.5.2 Type(s):.....
 - 5.5.3 Écartement des électrodes:mm
 - 5.6 Bobine(s) d'allumage
 - 5.6.1 Marque(s):.....
 - 5.6.2 Type(s):.....
6. Auxiliaires entraînés par le moteur

Le moteur doit être soumis aux essais avec les auxiliaires nécessaires à son fonctionnement (ventilateur, pompe à eau, etc.), comme prescrit et selon les conditions de fonctionnement prescrites dans le Règlement n° 24, série 02 d'amendements (annexe 10, par. 5.1.1).

 - 6.1 Auxiliaires qui doivent être montés pour l'essai
S'il est impossible ou contre-indiqué d'installer ces auxiliaires sur le banc d'essai, la puissance qu'ils absorbent doit être déterminée et soustraite de la puissance mesurée du moteur sur toute la plage de fonctionnement du ou des cycle(s) d'essai.
 - 6.2 Auxiliaires à démonter pour l'essai
Les auxiliaires qui sont seulement nécessaires pour le fonctionnement du véhicule lui-même (compresseur d'air, système de conditionnement de l'air, etc.) doivent être démontés pour l'essai. Si cela n'est pas possible, la puissance qu'ils absorbent peut

être déterminée, et ajoutée à la puissance mesurée du moteur sur toute la plage de fonctionnement du ou des cycle(s) d'essai.

7. Autres informations sur les conditions d'essai

7.1 Lubrifiant utilisé

7.1.1 Marque:

7.1.2 Type:
(Indiquer le pourcentage d'huile dans le mélange si le lubrifiant est mélangé au carburant):

7.2 Auxiliaires entraînés par le moteur (s'il y a lieu)

Il est seulement nécessaire de déterminer la puissance absorbée par les auxiliaires

- a) si des auxiliaires nécessaires pour le fonctionnement du moteur ne sont pas montés sur celui-ci, et/ou
- b) si des auxiliaires non nécessaires pour le fonctionnement du moteur sont montés sur celui-ci.

7.2.1 Énumération et caractéristiques d'identification des auxiliaires:

7.2.2 Puissance absorbée à divers régimes moteurs spécifiés:

Auxiliaire	Puissance absorbée (kW) à divers régimes moteurs						
	Ralenti	Régime haut	Régime bas	Régime A ^a	Régime B ^a	Régime C ^a	Régime de référence ^b
P (a) Auxiliaires nécessaires pour le fonctionnement du moteur (puissance absorbée à soustraire de la puissance mesurée du moteur) voir par. 5.1.1 du Règlement n° 24/02, annexe 10							
P (b) Auxiliaires non nécessaires pour le fonctionnement du moteur (puissance absorbée à ajouter à la puissance mesurée du moteur) voir par. 5.1.2 du Règlement n° 24/02, annexe 10							

^a Essai ESC.

^b Essai ETC seulement.

8. Performances du moteur

8.1 Régimes moteur⁵

Régime haut (n_{inf}) min⁻¹

Régime bas (n_{sup}) min⁻¹

Pour les cycles ESC et ELR

Ralenti: min⁻¹

Régime A: min⁻¹

Régime B: min⁻¹

Régime C: min⁻¹

Pour le cycle ETC

Régime de référence^c min⁻¹

8.2 Puissance du moteur (mesurée conformément aux dispositions du Règlement n° 24, série 02 d'amendements) en kW

	Régime moteur				
	Ralenti	Régime A ^a	Régime B ^a	Régime C ^a	Régime de référence ^b
P (m) Puissance mesurée sur le banc					
P (a) Puissance absorbée par les auxiliaires qui devraient être montés pour l'essai (voir par. 5.1.1 du Règlement n° 24/02, annexe 10) a) s'ils sont montés b) s'ils ne sont pas montés	0	0	0	0	0
P (b) Puissance absorbée par les auxiliaires qui devraient être démontés pour l'essai (voir par. 5.1.2 du Règlement n° 24/02, annexe 10) a) s'ils sont montés b) s'ils ne sont pas montés	0	0	0	0	0
P (n) Puissance nette du moteur = P(m) – P(a) + P(b)					

^a Essai ESC.

^b Essai ETC seulement.

8.3 Réglages du dynamomètre (kW)

Les réglages du dynamomètre pour les essais ESC et ELR et pour le cycle de référence de l'essai ETC doivent être basés sur la puissance nette du moteur $P(n)$ selon le paragraphe 8.2. Il est recommandé d'installer le moteur sur le banc d'essai de telle manière qu'il donne sa puissance nette. Dans ce cas, $P(m)$ et $P(n)$ sont identiques. S'il est impossible ou contre-indiqué de faire fonctionner le moteur dans ces conditions, les réglages du dynamomètre doivent être corrigés pour les rapporter à la puissance nette au moyen de la formule ci-dessus.

8.3.1 Essais ESC et ELR

Les réglages du dynamomètre doivent être calculés selon la formule donnée au paragraphe 1.2 de l'appendice 1 de l'annexe III.

Taux de charge	Régime moteur			
	Ralenti	Régime A	Régime B	Régime C
10	---			
25	---			
50	---			
75	---			
100				

8.3.2 Essai ETC

Si le moteur n'est pas soumis à l'essai dans les conditions où il donne sa puissance nette, la formule de correction pour convertir la puissance mesurée ou le travail mesuré sur le cycle, déterminés conformément au paragraphe 2 de l'appendice 2 de l'annexe 4A, en puissance nette ou en travail net sur le cycle, doit être soumise par le constructeur du moteur pour toute la plage de fonctionnement du cycle, et elle doit être approuvée par le service technique.

9. Système d'autodiagnostic (OBD)

9.1 Description écrite et/ou schéma de l'indicateur de défaut de fonctionnement MI²:.....

9.2 Liste et fonction de tous les composants surveillés par le système OBD:.....

9.3 Description écrite (principes de fonctionnement généraux de l'OBD) pour:

9.3.1 Moteurs diesel/gaz

9.3.1.1 Surveillance du catalyseur:

9.3.1.2 Surveillance du système réduction des NO_x:

9.3.1.3 Surveillance du filtre à particules diesel:

- 9.3.1.4 Surveillance du système électronique de gestion de l'alimentation:
- 9.3.1.5 Autres composants surveillés par le système OBD:
- 9.4 Critères d'activation de l'indicateur de défaut de fonctionnement MI (nombre défini de cycles d'essai ou méthode statistique):
- 9.5 Liste de tous les codes de sortie OBD et formats utilisés (accompagnée d'une explication pour chacun):
- 10. Limiteur de couple
- 10.1 Description du mode d'activation du limiteur de couple
- 10.2 Description de la limitation de courbe à pleine charge

¹ Dans le cas des moteurs et systèmes non classiques, des informations équivalentes à celles demandées ici doivent être fournies par le constructeur.

² Biffer la mention inutile.

³ Spécifier les tolérances.

⁴ Dans le cas de systèmes de conception différente, fournir des informations équivalentes (aux fins du paragraphe 3.2).

⁵ Indiquer les tolérances, celles-ci doivent être au maximum de ± 3 % des valeurs déclarées par le constructeur.

Appendice 1

CARACTÉRISTIQUES ESSENTIELLES DE LA FAMILLE DE MOTEURS

1. Paramètres communs
 - 1.1 Cycle de fonctionnement:
 - 1.2 Mode de refroidissement:
 - 1.3 Nombre de cylindres¹:
 - 1.4 Cylindrée unitaire:
 - 1.5 Mode d'aspiration:
 - 1.6 Type/conception de la chambre de combustion:
 - 1.7 Soupapes et conduits – configuration, dimension et nombre:
 - 1.8 Système d'alimentation en carburant:
 - 1.9 Système d'allumage (moteurs à gaz):
 - 1.10 Caractéristiques particulières:
 - a) refroidisseur intermédiaire¹:
 - b) recyclage des gaz d'échappement¹:
 - c) injection/émulsion d'eau¹:
 - d) injection d'air¹:
 - 1.11 Traitement aval des gaz d'échappement¹:
 Preuve d'un rapport identique (ou le plus bas pour le moteur parent) entre la capacité du système et la quantité injectée par temps moteur, conformément au diagramme portant le(s) numéro(s):
2. Liste des membres d'une famille de moteurs
 - 2.1 Nom de la famille de moteurs diesel:
 - 2.1.1 Caractéristiques des moteurs appartenant à cette famille:

					Moteur parent
Type du moteur					
Nombre de cylindres					
Régime nominal (min ⁻¹)					
Quantité injectée par temps moteur (mm ³)					
Puissance nominale nette (kW)					
Régime de couple maximal (min ⁻¹)					
Quantité injectée par temps moteur (mm ³)					
Couple maximal (Nm)					
Régime inférieur de ralenti (min ⁻¹)					
Cylindrée unitaire (en pourcentage de celle du moteur parent)					100

2.2 Nom de la famille de moteurs à gaz:

2.2.1 Caractéristiques des moteurs appartenant à cette famille:

					Moteur parent
Type du moteur					
Nombre de cylindres					
Régime nominal (min ⁻¹)					
Quantité injectée par temps moteur (mm ³)					
Puissance nominale nette (kW)					
Régime de couple maximal (min ⁻¹)					
Quantité injectée par temps moteur (mm ³)					
Couple maximal (Nm)					
Régime inférieur de ralenti (min ⁻¹)					
Cylindrée unitaire (en pourcentage de celle du moteur parent)					100
Avance à l'allumage					
Débit d'EGR					
Pompe à air: oui/non					
Débit réel de la pompe à air					

¹ Marquer «N/A» pour «non applicable».

Appendice 2CARACTÉRISTIQUES ESSENTIELLES DU TYPE DE MOTEUR
AU SEIN DE LA FAMILLE¹

1. Description du moteur
 - 1.1 Constructeur:.....
 - 1.2 Code constructeur du moteur
 - 1.3 Cycle: quatre temps/deux temps²
 - 1.4 Nombre et disposition des cylindres:.....
 - 1.4.1 Alésage: mm
 - 1.4.2 Course: mm
 - 1.4.3 Ordre d'allumage:
 - 1.5 Cylindrée:..... cm³
 - 1.6 Taux de compression volumétrique³:.....
 - 1.7 Schémas de la chambre de combustion et de la calotte du piston:
 - 1.8 Section minimale des conduits d'admission et d'échappement:..... cm²
 - 1.9 Régime de ralenti: min⁻¹
 - 1.10 Puissance maximale nette:..... kW à min⁻¹
 - 1.11 Régime moteur maximal autorisé: min⁻¹
 - 1.12 Couple maximal net:..... Nm à min⁻¹
 - 1.13 Mode d'allumage: allumage par compression/allumage commandé²
 - 1.14 Carburant: gazole/GPL/GN-H/GN-L/GN-HL/éthanol²
 - 1.15 Refroidissement
 - 1.15.1 Par liquide
 - 1.15.1.1 Nature du liquide:
 - 1.15.1.2 Pompe(s) de circulation: oui/non²
 - 1.15.1.3 Caractéristiques ou marque(s) et type(s) (s'il y a lieu):

- 1.15.1.4 Rapport(s) d'entraînement (s'il y a lieu):
- 1.15.2 Par air
- 1.15.2.1 Soufflante: oui/non²
- 1.15.2.2 Caractéristiques ou marque(s) et type(s) (s'il y a lieu):.....
- 1.15.2.3 Rapport(s) d'entraînement (s'il y a lieu):
- 1.16 Températures admissibles constructeur
- 1.16.1 Refroidissement par liquide: température maximale de sortie: K
- 1.16.2 Refroidissement par air: point de référence:.....
- Température maximale au point de référence: K
- 1.16.3 Température maximale de l'air à la sortie du refroidisseur d'admission (s'il y a lieu):
..... K
- 1.16.4 Température maximale des gaz d'échappement dans le tuyau d'échappement au droit
de la bride de sortie du collecteur d'échappement ou du turbo-compresseur:
..... K
- 1.16.5 Température du carburant: min.....K, max.....K
pour les moteurs diesel à l'entrée de la pompe d'injection; pour les moteurs à gaz
à l'étage final du régulateur de pression
- 1.16.6 Pression du carburant: min.....kPa, max.kPa
à l'étage final du régulateur de pression pour les moteurs à gaz naturel seulement
- 1.16.7 Température du lubrifiant: minK, max..... K
- 1.17 Dispositif de suralimentation: oui/non²
- 1.17.1 Marque:.....
- 1.17.2 Type:.....
- 1.17.3 Description du système (pression maximale de suralimentation, soupape de décharge,
etc.):
- 1.17.4 Refroidisseur intermédiaire: oui/non²

- 1.18 Système d'admission
Dépression maximale autorisée à l'admission au régime nominal du moteur et au
taux de charge de 100 % selon les conditions de fonctionnement prescrites au
Règlement n° 24, série 02 d'amendementskPa
- 1.19 Système d'échappement
Contre-pression maximale autorisée à l'échappement au régime nominal du moteur
et au taux de charge de 100 % selon les conditions de fonctionnement prescrites au
Règlement n° 24, série 02 d'amendements:kPa
Volume du système d'échappement: cm³
- 1.20 Module électronique de gestion du moteur (tous types de moteurs):
- 1.20.1 Marque:
- 1.20.2 Type:
- 1.20.3 Numéro d'identification du logiciel moteur:
2. Systèmes antipollution
- 2.1 Système de recyclage des gaz de carter (description et schémas):
- 2.2 Dispositifs antipollution additionnels (s'ils existent, et s'ils ne sont pas traités sous un
autre point)
- 2.2.1 Convertisseur catalytique: oui/non²
- 2.2.1.1 Marque(s):
- 2.2.1.2 Type(s):
- 2.2.1.3 Nombre de convertisseurs catalytiques et d'éléments:
- 2.2.1.4 Dimensions, forme et volume des convertisseurs catalytiques:
- 2.2.1.5 Type d'action catalytique:
- 2.2.1.6 Charge totale en métaux précieux:
- 2.2.1.7 Concentration relative:
- 2.2.1.8 Substrat (structure et matériaux):
- 2.2.1.9 Densité des canaux:
- 2.2.1.10 Type d'enveloppe:
- 2.2.1.11 Emplacement du ou des convertisseurs catalytiques (position et distance de référence
le long de la ligne d'échappement):

- 2.2.1.12 Plage des températures normales de fonctionnement (K):
- 2.2.1.13 Réactifs consommables (s'il y a lieu):
- 2.2.1.13.1 Type et concentration du réactif nécessaire à l'action catalytique:
- 2.2.1.13.2 Plage des températures normales d'utilisation du réactif:
- 2.2.1.13.3 Norme internationale (s'il y a lieu):
- 2.2.1.13.4 Fréquence de recharge de réactif: continue/services²
- 2.2.2 Sonde à oxygène: oui/non²
- 2.2.2.1 Marque(s):
- 2.2.2.2 Type:
- 2.2.2.3 Emplacement:
- 2.2.3 Injection d'air: oui/non²
- 2.2.3.1 Type (pulsair, pompe à air, etc.):
- 2.2.4 Système de recyclage des gaz d'échappement: oui/non²
- 2.2.4.1 Caractéristiques (débit, etc.):
- 2.2.5 Filtre à particules: oui/non²
- 2.2.5.1 Dimensions, forme et capacité du filtre à particules:
- 2.2.5.2 Type et conception du filtre à particules:
- 2.2.5.3 Emplacement (distance de référence le long de la ligne d'échappement):
- 2.2.5.4 Méthode ou système de régénération, description et/ou schéma:
- 2.2.5.5 Plage des températures (K) et pressions (kPa)normales de fonctionnement:
- 2.2.5.6 En cas de régénération périodique:
 - a) Nombre de cycles d'essais ETC entre deux régénérations (n1):
 - b) Nombre de cycles d'essais ETC au cours de la régénération (n2):
- 2.2.6 Autres systèmes: oui/non²
- 2.2.6.1 Description et mode de fonctionnement:

3. Alimentation en carburant

3.1 Moteurs diesel

3.1.1 Pompe d'alimentation

Pression³: kPa ou diagramme caractéristique²:

3.1.2 Système d'injection

3.1.2.1 Pompe

3.1.2.1.1 Marque(s):

3.1.2.1.2 Type(s):

3.1.2.1.3 Quantité injectée: mm³ ³ par temps moteur au régime moteur de: min⁻¹
à pleine injection, ou diagramme caractéristique^{2,3}:Indiquer la méthode utilisée: sur moteur/sur banc pour pompe²S'il existe une gestion de la pression de suralimentation, indiquer les valeurs
caractéristiques de débit de carburant et de pression de suralimentation en fonction
du régime moteur.

3.1.2.1.4 Avance à l'injection

3.1.2.1.4.1 Courbe d'avance à l'injection³:3.1.2.1.4.2 Calage statique de l'injection³

3.1.2.2 Tuyauterie d'injection

3.1.2.2.1 Longueur: mm

3.1.2.2.2 Diamètre intérieur: mm

3.1.2.2.3 Rampe haute pression, marque et type:

3.1.2.3 Injecteur(s)

3.1.2.3.1 Marque(s):

3.1.2.3.2 Type(s):

3.1.2.3.3 «Pression d'ouverture»: kPa³
ou diagramme caractéristique^{2,3}:

3.1.2.4 Régulateur

3.1.2.4.1 Marque(s):

3.1.2.4.2 Type(s):

- 3.1.2.4.3 Régime de début de coupure à pleine charge: min⁻¹
- 3.1.2.4.4 Régime maximal à vide: min⁻¹
- 3.1.2.4.5 Régime de ralenti: min⁻¹
- 3.1.3 Système de démarrage à froid
 - 3.1.3.1 Marque(s):.....
 - 3.1.3.2 Type(s):.....
 - 3.1.3.3 Description:.....
 - 3.1.3.4 Dispositif auxiliaire de démarrage:.....
 - 3.1.3.4.1 Marque:.....
 - 3.1.3.4.2 Type:.....
- 3.2 Moteurs à gaz⁴
 - 3.2.1 Carburant: gaz naturel/GPL²
 - 3.2.2 Régulateur(s) de pression ou vapodétendeur(s)³
 - 3.2.2.1 Marque(s):.....
 - 3.2.2.2 Type(s):.....
 - 3.2.2.3 Nombre d'étages de détente:
 - 3.2.2.4 Pression à l'étage final: min.....kPa, max.....kPa
 - 3.2.2.5 Nombre de points de réglage de marche principale:
 - 3.2.2.6 Nombre de points de réglage du ralenti:.....
 - 3.2.2.7 Numéro d'homologation:.....
 - 3.2.3 Système d'alimentation: par mélangeur/par injection gazeuse/par injection liquide/par injection directe²
 - 3.2.3.1 Régulation du mélange:
 - 3.2.3.2 Description du système et/ou diagrammes et schémas:.....
 - 3.2.3.3 Numéro d'homologation:.....
 - 3.2.4 Mélangeur

- 3.2.4.1 Nombre:
- 3.2.4.2 Marque(s):
- 3.2.4.3 Type(s):
- 3.2.4.4 Emplacement:
- 3.2.4.5 Possibilités de réglage:
- 3.2.4.6 Numéro d'homologation:
- 3.2.5 Injection dans le collecteur d'admission
 - 3.2.5.1 Injection: monopoint/multipoint²
 - 3.2.5.2 Injection: continue/simultanée/séquentielle²
 - 3.2.5.3 Équipement d'injection
 - 3.2.5.3.1 Marque(s):
 - 3.2.5.3.2 Type(s):
 - 3.2.5.3.3 Possibilités de réglage:
 - 3.2.5.3.4 Numéro d'homologation:
 - 3.2.5.4 Pompe d'alimentation (s'il y a lieu):
 - 3.2.5.4.1 Marque(s):
 - 3.2.5.4.2 Type(s):
 - 3.2.5.4.3 Numéro d'homologation:
 - 3.2.5.5 Injecteur(s)
 - 3.2.5.5.1 Marque(s):
 - 3.2.5.5.2 Type(s):
 - 3.2.5.5.3 Numéro d'homologation:
- 3.2.6 Injection directe
 - 3.2.6.1 Pompe d'injection/régulateur de pression²
 - 3.2.6.1.1 Marque(s):

- 3.2.6.1.2 Type(s):.....
- 3.2.6.1.3 Avance à l'injection:.....
- 3.2.6.1.4 Numéro d'homologation:.....
- 3.2.6.2 Injecteur(s)
- 3.2.6.2.1 Marque(s):.....
- 3.2.6.2.2 Type(s):.....
- 3.2.6.2.3 Pression d'ouverture ou diagramme caractéristique³:
- 3.2.6.2.4 Numéro d'homologation:.....
- 3.2.7 Module électronique de gestion
- 3.2.7.1 Marque(s):.....
- 3.2.7.2 Type(s):.....
- 3.2.7.3 Possibilités de réglage:
- 3.2.8 Équipement spécifique à une gamme de carburant pour le gaz naturel
- 3.2.8.1 Variante 1 (seulement dans le cas de l'homologation d'un moteur pour plusieurs compositions données de carburant)
- 3.2.8.1.1 Composition du carburant:
- | | | | | | | |
|---|------------|-------|------------|-------|------------|-------|
| méthane (CH ₄): | base:..... | % mol | min.:..... | % mol | max.:..... | % mol |
| éthane (C ₂ H ₆): | base:..... | % mol | min.:..... | % mol | max.:..... | % mol |
| propane (C ₃ H ₈): | base:..... | % mol | min.:..... | % mol | max.:..... | % mol |
| butane (C ₄ H ₁₀): | base:..... | % mol | min.:..... | % mol | max.:..... | % mol |
| C ₂ /C ₅ ⁺ : | base:..... | % mol | min.:..... | % mol | max.:..... | % mol |
| oxygène (O ₂): | base:..... | % mol | min.:..... | % mol | max.:..... | % mol |
| gaz inerte (N ₂ ,
He, etc.): | base:..... | % mol | min.:..... | % mol | max.:..... | % mol |
- 3.2.8.1.2 Injecteur(s)
- 3.2.8.1.2.1 Marque(s):.....
- 3.2.8.1.2.2 Type(s):.....
- 3.2.8.1.3 Autres caractéristiques (s'il y a lieu)

- 3.2.8.2 Variante 2
(seulement dans le cas d'une homologation pour plusieurs compositions données de carburant)
4. Diagramme de distribution
- 4.1 Levée maximale des soupapes et angles d'ouverture et de fermeture par rapport aux points morts hauts ou données équivalentes:
- 4.2 Points de calage et/ou jeux de réglage²:
5. Système d'allumage (moteurs à allumage commandé uniquement)
- 5.1 Type de système d'allumage: bobine commune et bougies/bobines individuelles et bougies/bobines crayons/autres systèmes (préciser)²
- 5.2 Module de gestion de l'allumage
- 5.2.1 Marque(s):
- 5.2.2 Type(s):
- 5.3 Courbe d'avance à l'allumage/cartographie d'avance^{2, 3}:
- 5.4 Calage de l'allumage³: degrés avant le PMH à un régime de min⁻¹ et une dépression dans l'admission de kPa
- 5.5 Bougies d'allumage
- 5.5.1 Marque(s):
- 5.5.2 Type(s):
- 5.5.3 Écartement des électrodes: mm
- 5.6 Bobine(s) d'allumage
- 5.6.1 Marque(s):
- 5.6.2 Type(s):
6. Système d'autodiagnostic (OBD)
- 6.1 Description écrite et/ou schéma de l'indicateur de défaut de fonctionnement MI²:
- 6.2 Liste et fonction de tous les composants surveillés par le système OBD:
- 6.3 Description écrite (principes de fonctionnement généraux de l'OBD) pour:
- 6.3.1 Moteurs diesel/gaz

- 6.3.1.1 Surveillance du catalyseur:
- 6.3.1.2 Surveillance du système réduction des NO_x:
- 6.3.1.3 Surveillance du filtre à particules diesel:
- 6.3.1.4 Surveillance du système électronique de gestion de l'alimentation:
- 6.3.1.5 Autres composants surveillés par le système OBD:
- 6.4 Critères d'activation de l'indicateur de défaut de fonctionnement MI (nombre défini de cycles d'essai ou méthode statistique):
- 6.5 Liste de tous les codes de sortie OBD et formats utilisés (accompagnée d'une explication pour chacun):
- 7. Limiteur de couple
- 7.1 Description du mode d'activation du limiteur de couple
- 7.2 Description de la limitation de la courbe de pleine charge

¹ À présenter pour chaque moteur de la famille.

² Biffer la mention inutile.

³ Indiquer les tolérances.

⁴ Dans le cas de systèmes de conception différente, fournir des informations équivalentes (aux fins du paragraphe 3.2).

Appendice 3

CARACTÉRISTIQUES DES ÉLÉMENTS DU VÉHICULE
AYANT RAPPORT AVEC LE MOTEUR

1. Dépression à l'admission au régime nominal du moteur et au taux de charge de 100 %:kPa
2. Contre-pression à l'échappement au régime nominal du moteur et au taux de charge de 100 %:kPa
3. Volume du système d'échappement: cm³
4. Puissance absorbée par les auxiliaires nécessaires pour le fonctionnement du moteur selon les conditions de fonctionnement prescrites au Règlement n° 24, série 02 d'amendements, annexe 10, paragraphe 5.1.1.

Auxiliaires	Puissance absorbée (kW) à différents régimes moteur						
	Ralenti	Régime bas	Régime supérieur	Régime A ^a	Régime B ^a	Régime C ^a	Régime de référence ^b
P (a) Auxiliaires nécessaires pour le fonctionnement du moteur (puissance absorbée à soustraire de la puissance mesurée du moteur) Voir par. 5.1.1 du Règlement n° 24/02, annexe 10							

^a Essai ESC.

^b Essai ETC seulement.

Appendice 4

INFORMATION CONCERNANT LES SYSTÈMES D'AUTODIAGNOSTIC OBD

1. Conformément aux dispositions du paragraphe 5 de l'annexe 9A du présent Règlement, l'information complémentaire suivante doit être fournie par le constructeur du véhicule aux fins de permettre la fabrication de pièces de rechange ou de service compatibles avec les systèmes OBD et d'outils de diagnostic et appareils de contrôle, à moins que cette information ne soit couverte par des droits de propriété intellectuelle ou constitue un savoir-faire spécifique du constructeur ou du ou des équipementiers. L'information fournie sous ce point doit être répétée dans l'annexe 2A du présent Règlement:
 - 1.1 Une description du type et le nombre de cycles de préconditionnement utilisés pour l'homologation de type d'origine du véhicule.
 - 1.2 Une description du type de cycle de démonstration du système OBD utilisé pour l'homologation d'origine du véhicule pour le composant surveillé par le système OBD.
 - 1.3 Un document exhaustif décrivant tous les composants surveillés et la stratégie de détection des défauts et d'activation de l'indicateur de défaut de fonctionnement (nombre fixe de cycles d'essai ou méthode statistique), y compris une liste des paramètres secondaires collectés pour chaque composant surveillé par le système OBD. Une liste de tous les codes de sortie fournis par le système OBD et du format utilisé (avec une explication de chaque élément) associés aux différents composants du groupe motopropulseur influant sur les émissions et les différents composants non liés à des émissions, dans les cas où la surveillance du composant est utilisée pour déterminer l'activation de l'indicateur de défaut de fonctionnement.
 - 1.3.1 L'information prescrite au titre du présent paragraphe peut, par exemple, être définie en remplissant un tableau selon le modèle suivant, qui doit être ensuite joint à la présente annexe:

Composant	Code défaut	Stratégie de surveillance	Critères de détection des défauts	Critères d'activation de l'indicateur de défaut de fonctionnement	Paramètres secondaires	Préconditionnement	Essai de démonstration
Catalyseur SCR	Pxxxx	Différence entre signaux des capteurs de NO _x 1 et 2	Différence entre les signaux des capteurs 1 et 2	3 ^e cycle	Régime moteur, charge moteur, température catalyseur, activité réactif	Trois cycles d'essai du système OBD (trois cycles ESC courts)	Cycle d'essai du système OBD (cycle ESC court)

- 1.3.2 L'information prescrite par le présent appendice peut se limiter à la liste complète des codes défaut enregistrés par le système OBD dans le cas où le paragraphe 5.1.2.1 de l'annexe 9A du présent Règlement ne s'applique pas, à savoir lorsqu'il s'agit des composants de rechange ou de service. Cette information peut, par exemple, être donnée en remplissant les deux premières colonnes du tableau du paragraphe 1.3.1 ci-dessus.

La documentation complète devrait être communiquée à l'autorité d'homologation en tant qu'information supplémentaire mentionnée au paragraphe 5.1.7.1 du présent Règlement, «Prescriptions en matière de documentation».

- 1.3.3 L'information prescrite au titre du présent paragraphe doit être répétée dans l'annexe 2A du présent Règlement.

Dans le cas où le paragraphe 5.1.2.1. de l'annexe 9A du présent Règlement ne s'applique pas, à savoir lorsqu'il s'agit des composants de rechange ou de service, l'information fournie dans l'annexe 2A peut se limiter à l'information visée au point 1.3.2.

Annexe 2A

COMMUNICATION

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



établie par:

Nom de l'administration:

.....
.....
.....

Objet²: DÉLIVRANCE D'UNE HOMOLOGATION
EXTENSION D'HOMOLOGATION
REFUS D'HOMOLOGATION
RETRAIT D'HOMOLOGATION
ARRÊT DÉFINITIF DE LA PRODUCTION

d'un type de moteur à allumage par compression (diesel ou à éthanol), ou d'un type de moteur à allumage commandé (GN ou GPL)², en tant qu'entité technique séparée en ce qui concerne l'émission de polluants en application du Règlement n° 49, série 05 d'amendements

Homologation n°

Extension n°

1. Marque de fabrique ou de commerce du moteur:
2. Type du moteur:
- 2.1 Code du constructeur apposé sur le moteur:
3. Mode de combustion: allumage par compression/allumage commandé²
- 3.1 Type de carburant:
4. Nom et adresse du constructeur:
5. Le cas échéant, nom et adresse du représentant du constructeur:
6. Dépression maximale admissible à l'admission: kPa
7. Contre-pression maximale admissible à l'échappement: kPa

8. Valeur maximale admissible de la puissance absorbée par l'équipement entraîné par le moteur:

Ralenti:..... kW; Régime bas:..... kW; Régime haut:..... kW

Régime A:..... kW; Régime B:..... kW; Régime C:..... kW

Régime de référence:.....kW

9. Restrictions à l'utilisation (s'il y a lieu):

10. Niveaux d'émissions du moteur/moteur parent

- 10.1 Stade de réduction des émissions (selon le tableau du paragraphe 4.6.3)

- 10.2 Essai ESC:

Facteur de détérioration (DF): calculé/fixé²

Spécifier les valeurs DF et les émissions lors de l'essai ESC dans le tableau ci-dessous:

Essai ESC				
DF	CO	THC	NO _x	PT
Émissions	CO (g/kWh)	THC (g/kWh)	NO _x (g/kWh)	PT (g/kWh)
Mesurées				
Calculées avec DF				

- 10.3 Essai ELR (s'il y a lieu):
valeur de fumées: m⁻¹

- 10.4 Essai ETC:
Facteur de détérioration (DF): calculé/fixé²

Essai ETC					
DF	CO	HCNM	CH ₄	NO _x	PT
Émissions	CO (g/kWh)	HCNM (g/kWh) ²	CH ₄ (g/kWh) ²	NO _x (g/kWh)	PT (g/kWh) ²
Mesurées avec régénération					
Mesurées sans régénération					
Mesurées/pondérées					
Calculées avec DF					

11. Moteur présenté aux essais d'homologation le:
12. Service technique chargé des essais d'homologation:
13. Date du procès-verbal délivré par ce service:
14. Numéro du procès-verbal délivré par ce service:
15. Emplacement de la marque d'homologation sur le moteur:
16. Lieu:
17. Date:
18. Signature:
19. Sont annexées à la présente communication les pièces suivantes, qui portent le numéro d'homologation indiqué ci-dessus:

Une formule conforme à l'annexe 1 du présent Règlement dûment remplie et accompagnée des dessins et schémas prescrits.

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

² Biffer la mention inutile.

Appendice 1

INFORMATIONS RELATIVES AU SYSTÈME D'AUTODIAGNOSTIC OBD

Comme mentionné dans l'appendice 4 de l'annexe 1 du présent Règlement, les informations contenues dans le présent appendice sont communiquées par les constructeurs afin de permettre la fabrication de pièces de rechange ou d'entretien compatibles avec le système OBD, ainsi que d'outils de diagnostic et d'appareils d'essai. Les constructeurs ne sont cependant pas tenus de fournir ces informations si celles-ci font l'objet de droits de propriété intellectuelle ou constituent un savoir-faire spécifique des constructeurs ou des fournisseurs des fabricants de l'équipement d'origine.

Le présent appendice sera mis à la disposition de tout fabricant de pièces, d'outils de diagnostic ou d'appareils d'essai qui en fait la demande, et ce sur une base non discriminatoire.

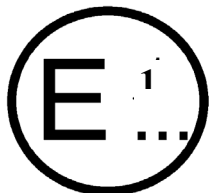
Conformément aux dispositions du point 1.3.3 de l'appendice 4 de l'annexe 1, les informations prescrites par le présent paragraphe doivent être identiques à celles fournies dans l'appendice précité.

1. Indication du type et du nombre de cycles de préconditionnement employés pour l'homologation de type initiale du véhicule.
2. Description du type de cycle de démonstration du système OBD employé pour l'homologation de type initiale du véhicule en ce qui concerne le composant surveillé par le système OBD.
3. Liste exhaustive de tous les composants surveillés dans le cadre du dispositif de détection des erreurs et d'activation du MI (nombre fixe de cycles d'essai ou méthode statistique), y compris la liste des paramètres secondaires mesurés pour chacun des composants surveillés par le système OBD. Liste de tous les codes de sortie OBD et formats (accompagnée d'une explication pour chacun) utilisés pour les différents composants du groupe motopropulseur influant sur les émissions ainsi que pour les différents composants non liés aux émissions, dans les cas où la surveillance du composant est utilisée pour déterminer l'activation de l'indicateur de défaut de fonctionnement.

Annexe 2B

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

COMMUNICATION



établie par:

Nom de l'administration:

.....
.....
.....

Objet²: DÉLIVRANCE D'UNE HOMOLOGATION
EXTENSION D'HOMOLOGATION
REFUS D'HOMOLOGATION
RETRAIT D'HOMOLOGATION
ARRÊT DÉFINITIF DE LA PRODUCTION

d'un type de véhicule en ce qui concerne les émissions de polluants du moteur en
application du Règlement n° 49

Homologation n°

Extension n°

1. Marque de fabrique ou de commerce du véhicule:.....
- 1.1 Code du constructeur apposé sur le moteur:.....
2. Type du véhicule:
3. Nom et adresse du constructeur:.....
4. Le cas échéant, nom et adresse du représentant du constructeur:.....
5. Dépression maximale autorisée à l'admission:.....kPa
6. Contre-pression maximale autorisée à l'échappement:kPa
7. Valeur maximale admissible de la puissance absorbée par l'équipement entraîné par le moteur:
Ralenti:..... kW; Régime bas:..... kW; Régime haut:..... kW
Régime A:..... kW; Régime B:..... kW; Régime C:..... kW
Régime de référence:.....kW
8. Marque et type du moteur:.....

9. Niveaux d'émissions du moteur/moteur parent

9.1 Stade de réduction des émissions (selon le tableau du paragraphe 4.6.3)

9.2 Essai ESC (s'il y a lieu):

Facteur de détérioration (DF): calculé/fixé²

Spécifier les valeurs DF et les émissions lors de l'essai ESC dans le tableau ci-dessous:

Essai ESC				
DF	CO	THC	NO _x	PT
Émissions	CO (g/kWh)	THC (g/kWh)	NO _x (g/kWh)	PT (g/kWh)
Mesurées				
Calculées avec DF				

9.3 Essai ELR (s'il y a lieu):
valeur de fumées: m⁻¹9.4. Essai ETC:
Facteur de détérioration (DF): calculé/fixé²

Essai ETC					
DF	CO	HCNM	CH ₄	NO _x	PT
Émissions	CO (g/kWh)	HCNM (g/kWh) ²	CH ₄ (g/kWh) ²	NO _x (g/kWh)	PT (g/kWh) ²
Mesurées avec régénération					
Mesurées sans régénération					
Mesurées/pondérées					
Calculées avec DF					

10. Moteur présenté aux essais d'homologation le:

11. Service technique chargé des essais d'homologation:

12. Date du procès-verbal délivré par ce service:

13. Numéro du procès-verbal délivré par ce service:

14. Emplacement de la marque d'homologation sur le véhicule/moteur²:.....
15. Lieu:
16. Date:.....
17. Signature:.....

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

² Biffer les mentions inutiles.

Annexe 3

EXEMPLES DE MARQUES D'HOMOLOGATION
(Voir tableau du paragraphe 4.6.3 du présent Règlement)

I. HOMOLOGATION «B» (Ligne B1, OBD phase 1, sans réduction des NO_x)

Exemple 1

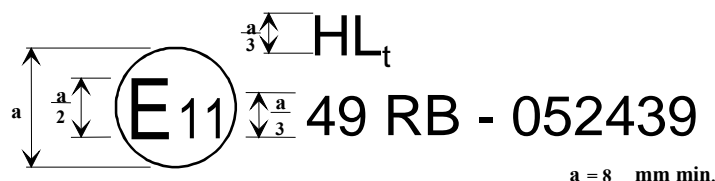
Moteurs diesel:



Exemple 2

Moteurs à gaz naturel (GN):

Le suffixe figurant après la marque du pays indique la qualification en ce qui concerne le carburant conformément aux prescriptions du paragraphe 4.6.3.1 du présent Règlement.



La marque d'homologation ci-dessus, apposée sur un moteur ou un véhicule, indique que ce type de moteur ou de véhicule a été homologué au Royaume-Uni (E11) en application du Règlement n° 49, sous le numéro d'homologation 052439. Elle indique également que l'homologation a été délivrée conformément aux prescriptions du Règlement n° 49 modifié par la série 05 d'amendements et aux stades de réduction des émissions spécifiés au paragraphe 4.6.3 du présent Règlement.

II. HOMOLOGATION «C» (Ligne B1, OBD phase 1, sans réduction des NO_x)

Exemple 3

Moteurs diesel:



La marque d'homologation ci-dessus, apposée sur un moteur ou un véhicule, indique que ce type de moteur ou de véhicule a été homologué au Royaume-Uni (E11) en application du Règlement n° 49, sous le numéro d'homologation 052439. Elle indique également que l'homologation a été délivrée conformément aux prescriptions du Règlement n° 49 modifié par la série 05 d'amendements et aux stades de réduction des émissions spécifiés au paragraphe 4.6.3 du présent Règlement.

III. HOMOLOGATION «F» (Ligne B2, OBD phase 2, sans réduction des NO_x)

Exemple 4

Moteurs à GPL:



La marque d'homologation ci-dessus, apposée sur un moteur ou un véhicule, indique que ce type de moteur ou de véhicule a été homologué au Royaume-Uni (E11) en application du Règlement n° 49, sous le numéro d'homologation 052439. Elle indique également que l'homologation a été délivrée conformément aux prescriptions du Règlement n° 49 modifié par la série 05 d'amendements et aux stades de réduction des émissions spécifiés au paragraphe 4.6.3 du présent Règlement.

IV. HOMOLOGATION «G» (Ligne B2, OBD phase 2, avec réduction des NO_x)

Exemple 5

Moteurs diesel:



La marque d'homologation ci-dessus, apposée sur un moteur ou un véhicule, indique que ce type de moteur ou de véhicule a été homologué au Royaume-Uni (E11) en application du Règlement n° 49, sous le numéro d'homologation 052439. Elle indique également que l'homologation a été délivrée conformément aux prescriptions du Règlement n° 49 modifié par la série 05 d'amendements et aux stades de réduction des émissions spécifiés au paragraphe 4.6.3 du présent Règlement.

V. HOMOLOGATION «J» (Ligne C, OBD phase 2, sans réduction des NO_x)Exemple 6

Moteurs à GPL:



La marque d'homologation ci-dessus, apposée sur un moteur ou un véhicule, indique que ce type de moteur ou de véhicule a été homologué au Royaume-Uni (E11) en application du Règlement n° 49, sous le numéro d'homologation 052439. Elle indique également que l'homologation a été délivrée conformément aux prescriptions du Règlement n° 49 modifié par la série 05 d'amendements et aux valeurs limites spécifiées au paragraphe 4.6.3 du présent Règlement.

VI. MOTEUR/VÉHICULE HOMOLOGUÉ EN VERTU DE PLUSIEURS RÈGLEMENTS
(Voir le paragraphe 4.7 du présent Règlement)Exemple 7

La marque d'homologation ci-dessus, apposée sur un moteur ou un véhicule, indique que ce type de moteur ou de véhicule a été homologué au Royaume-Uni (E11) en application des Règlements n° 49 (stade de réduction des émissions G) et n° 24¹. Les deux premiers chiffres des numéros d'homologation signifient qu'aux dates où les homologations respectives ont été accordées, le Règlement n° 49 comprenait la série 05 d'amendements et le Règlement n° 24 comprenait la série 03 d'amendements.

¹ Le deuxième numéro de Règlement est seulement donné à titre d'exemple.

Annexe 4A

PROCÉDURE D'ESSAI

1. INTRODUCTION

1.1 La présente annexe décrit les méthodes à appliquer pour la détermination des émissions de composants gazeux, de particules et de fumées du moteur essayé. On y mentionne trois cycles d'essai qui doivent être appliqués conformément aux dispositions du paragraphe 5.2 du Règlement:

- a) L'essai ESC (cycle européen en conditions stabilisées) qui est un cycle à 13 modes en conditions stabilisées;
- b) L'essai ELR (cycle européen de mises en charge transitoires) qui est constitué de mises en charge transitoires à différents régimes, qui font partie intégrante d'une même procédure d'essai, et sont exécutés consécutivement;
- c) L'essai ETC (cycle européen en conditions transitoires) qui se compose d'une séquence seconde par seconde de modes transitoires.

1.2 L'essai doit être effectué sur le moteur installé sur un banc d'essai et accouplé à un dynamomètre.

1.3 Principe de mesure

Les émissions à mesurer dans les gaz d'échappement du moteur incluent les constituants gazeux (monoxyde de carbone, hydrocarbures totaux pour les moteurs diesel au cours du cycle ESC exclusivement, hydrocarbures non méthaniques pour les moteurs diesel et moteurs à gaz au cours de l'essai ETC exclusivement, méthane pour les moteurs à gaz au cours du cycle ETC exclusivement, et oxydes d'azote), les particules (moteurs diesel exclusivement) et les fumées (moteurs diesel au cours du cycle ELR exclusivement). En outre, le dioxyde de carbone est souvent utilisé comme gaz témoin pour déterminer le taux de dilution des systèmes de dilution en dérivation et en circuit principal. En vertu des règles de l'art, la mesure systématique du dioxyde de carbone, qui représente un outil excellent pour la détection de problèmes de mesure au cours de l'essai, est recommandée.

1.3.1 Essai ESC

Au cours d'une séquence prescrite de modes de fonctionnement sur un moteur réchauffé au préalable, on prélève un échantillon de gaz d'échappement bruts ou dilués pour déterminer en continu les émissions de polluants d'échappement comme indiqué ci-dessus. Le cycle d'essai se compose d'un certain nombre de modes définis par le régime et la puissance, qui couvrent toute la plage de fonctionnement typique des moteurs diesel. Au cours de chaque mode, la concentration de chaque polluant gazeux, le débit de gaz d'échappement et la puissance produite doivent être déterminés et les valeurs d'émissions mesurées doivent être soumises à une pondération. L'échantillon pour la mesure des particules doit être dilué au moyen

d'un système de dilution en dérivation ou en circuit principal avec de l'air ambiant conditionné. Les particules doivent être collectées sur un filtre unique approprié proportionnellement aux facteurs de pondération pour chaque mode. Les émissions en grammes de chaque polluant émis par kilowatt/heure (kWh) doivent être calculées comme décrit à l'appendice 1 à la présente annexe. En outre, les NO_x doivent être mesurés en trois points d'essai situés dans la zone de contrôle, choisis par le service technique et les valeurs mesurées doivent être comparées aux valeurs calculées pour les modes du cycle d'essai adjacents aux points d'essai choisis. La vérification des émissions de NO_x permet de garantir l'efficacité de la gestion antipollution du moteur dans la plage de fonctionnement typique de celui-ci.

1.3.2 Essai ELR

Au cours d'un essai prescrit de réponse en charge, on détermine les émissions fumée dans les gaz d'échappement d'un moteur, réchauffés au préalable, au moyen d'un opacimètre. L'essai consiste à soumettre le moteur, à régime constant, à des mises en charge allant de 10 % à 100 % pour trois régimes moteur différents. En outre, il doit être effectué une quatrième phase de mise en charge, dans des conditions choisies par le service technique¹, et la valeur obtenue doit être comparée aux valeurs des mises en charge précédentes. Le pic des émissions de fumées doit être déterminé au moyen d'un algorithme de calcul de la moyenne, décrit à l'appendice 1 de la présente annexe.

1.3.3 Essai ETC

Au cours d'un cycle prescrit de modes de fonctionnement en conditions transitoires sur un moteur réchauffé au préalable, reproduisant le plus fidèlement possible les conditions de fonctionnement en circulation routière des moteurs de poids lourds installés sur les camions et autobus, on détermine les concentrations des polluants mentionnés plus haut, soit après dilution des gaz d'échappement totaux avec de l'air ambiant conditionné (système CVS avec double dilution pour la mesure des particules), soit par détermination des concentrations de constituants gazeux dans les gaz d'échappement bruts et les particules avec un système de dilution en flux partiel. En utilisant les valeurs effectives de couple et de régime moteur provenant du banc dynamométrique, on intègre la puissance produite par la durée du cycle, ce qui permet d'obtenir le travail produit par le moteur au cours du cycle. Pour un système CVS, les concentrations de NO_x et de HC sont déterminées au cours de la durée du cycle par intégration du signal de l'analyseur; les concentrations de CO, de CO₂ et d'hydrocarbures non méthaniques peuvent être déterminées par intégration du signal de l'analyseur ou par prélèvement dans un sac. S'ils sont mesurés dans les gaz d'échappement bruts, tous les constituants gazeux sont déterminés au cours de la durée du cycle par intégration du signal de l'analyseur. Pour les particules, un échantillon proportionnel doit être collecté sur un filtre approprié. Le débit de gaz d'échappement bruts ou dilués doit être déterminé sur la durée du cycle pour

¹ Les points d'essai doivent être choisis par des méthodes statistiques approuvées de randomisation.

permettre de calculer les valeurs d'émissions massiques de polluants. Ces valeurs doivent être rapportées au travail produit par le moteur pour obtenir les émissions en grammes de chaque polluant par kilowatt/heure (kWh), selon la méthode décrite à l'appendice 2 à la présente annexe.

2. CONDITIONS D'ESSAI

2.1 Conditions moteur

2.1.1 La température absolue (T_a) de l'air d'admission du moteur exprimée en Kelvins, et la pression atmosphérique en conditions sèches (p_s) exprimée en kPa doivent être mesurées et le paramètre f_a doit être déterminé comme suit, conformément aux dispositions suivantes. Dans les moteurs possédant plusieurs collecteurs d'admission, par exemple moteurs en V, la température moyenne de chaque groupe doit être mesurée.

a) Pour les moteurs à allumage par compression:

moteurs à aspiration naturelle et à suralimentation mécanique:

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

moteurs à turbocompresseur avec ou sans refroidisseur intermédiaire:

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

b) Pour les moteurs à allumage commandé:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s} \right)^{1,2} \cdot \left(\frac{T_a}{298} \right)^{0,6}$$

2.1.2 Validité de l'essai

Pour qu'un essai soit reconnu valable, le paramètre f_a doit être tel que l'on ait:

$$0,96 \leq f_a \leq 1,06$$

2.2 Moteurs à refroidisseur intermédiaire

La température de l'air d'admission à l'entrée du moteur doit être enregistrée; au régime de la puissance maximale déclarée et à pleine charge, elle doit se situer à ± 5 K de la température maximale de l'air d'admission telle qu'elle est indiquée au point 1.16.3 de l'appendice 3 de l'annexe 1. La température de l'agent de refroidissement doit être d'au moins 293 K (20 °C).

Si l'on utilise le circuit de refroidissement de la chambre d'essai ou un ventilateur extérieur, la température de l'air d'admission à l'entrée du moteur doit se situer à ± 5 K de la température maximale de l'air à la sortie du refroidisseur indiquée au point 1.16.3 de l'appendice 3 de l'annexe 1 au régime de la puissance maximale déclarée et à pleine charge. Le réglage du refroidisseur intermédiaire adopté pour satisfaire à ces conditions doit être maintenu pendant le cycle d'essai complet.

2.3 Système d'admission du moteur

Il doit être utilisé un système d'admission d'air du moteur causant une perte de pression se situant à ± 100 Pa de la valeur limite supérieure pour le moteur fonctionnant au régime de la puissance maximale déclarée et à pleine charge.

2.4 Système d'échappement du moteur

Il doit être utilisé un système d'échappement offrant une contre-pression d'échappement se situant à $\pm 1\ 000$ Pa de la valeur limite supérieure pour le moteur fonctionnant au régime de la puissance maximale déclarée et à pleine charge, et ayant un volume se situant à ± 40 % de celui indiqué par le constructeur. Il peut être utilisé un système d'échappement appartenant à la chambre d'essai, à condition qu'il soit représentatif des conditions de fonctionnement réelles du moteur. Le système d'échappement doit satisfaire aux prescriptions relatives au prélèvement de gaz d'échappement, telles qu'elles sont énoncées au paragraphe 3.4 de l'appendice 4 de la présente annexe, et aux paragraphes 2.2.1 et 2.3.1 (sections EP) de l'appendice 7.

Si le moteur est équipé d'un système de traitement aval des gaz d'échappement, le tuyau d'échappement doit avoir le même diamètre que celui utilisé en conditions réelles sur une longueur d'au moins 4 diamètres en amont de l'entrée de la section d'expansion contenant le dispositif de traitement aval. La distance entre la bride de sortie du collecteur d'échappement ou du turbocompresseur et le dispositif de traitement aval doit être la même que sur le véhicule lui-même, ou en tout cas être conforme aux spécifications de distance du constructeur. La contre-pression ou perte de charge d'échappement doit également satisfaire aux critères ci-dessus; elle peut, si nécessaire, être réglée au moyen d'une soupape. L'enceinte contenant le dispositif de traitement aval peut être démontée lors des essais de préparation et de contrôle de la cartographie du moteur, et remplacée par une enceinte équivalente contenant un élément catalyseur passif.

2.5 Système de refroidissement

Il doit être utilisé un système de refroidissement du moteur offrant une capacité suffisante pour maintenir le moteur aux températures normales de fonctionnement telles qu'elles sont spécifiées par le constructeur.

2.6 Lubrifiant

Les spécifications de l'huile moteur utilisée pour l'essai doivent être enregistrées et communiquées avec les résultats de l'essai, comme spécifié au point 7.1 de l'annexe 1.

2.7 Carburant

Le carburant doit être le carburant de référence spécifié à l'annexe 5.

La température du carburant et le point de mesure doivent être tels que spécifiés par le constructeur et conformes aux limites indiquées au point 1.16.5 de l'annexe 1. La température du carburant ne doit pas être inférieure à 306 K (33 °C). Si elle n'est pas spécifiée par le constructeur, elle doit être fixée à 311 ± 5 K (38 °C \pm 5 °C) à l'entrée du système d'alimentation.

Pour les moteurs alimentés au gaz naturel et au GPL, la température du carburant et le point de mesure doivent être conformes aux limites indiquées au point 1.16.5 de l'annexe 1, ou au point 1.16.5 de l'appendice 3 de l'annexe 1, dans les cas où le moteur n'est pas un moteur parent.

2.8 Essai des systèmes de traitement aval des gaz d'échappement

Si le moteur est équipé d'un système de traitement aval des gaz d'échappement, les émissions mesurées durant le cycle d'essai doivent être représentatives des émissions en utilisation réelle. Dans le cas d'un moteur équipé d'un système de traitement aval qui exige l'usage d'un réactif, le réactif utilisé pour tous les essais doit être conforme à l'annexe 1, paragraphe 2.2.1.13.

2.8.1 Pour un système de post-traitement des gaz d'échappement fondé sur un processus de régénération continu, les émissions sont mesurées sur un système de traitement aval stabilisé.

Le processus de régénération intervient au moins une fois au cours de l'essai ETC et le constructeur déclare les conditions normales dans lesquelles la régénération se produit (encrassage, température, contre-pression à l'échappement, etc.).

Pour vérifier le processus de régénération, il est procédé à au moins cinq essais ETC. Au cours des essais, la température et la pression des gaz d'échappement doivent être enregistrées (température en amont et en aval du système de post-traitement, contre-pression à l'échappement, etc.).

Le système de post-traitement est considéré comme satisfaisant si les conditions déclarées par le constructeur se produisent au cours de l'essai pendant un temps suffisant.

Le résultat final de l'essai est la moyenne arithmétique des différents résultats d'essais ETC.

Si le système de traitement aval des gaz d'échappement comporte un mode sécurité qui permute sur un mode de régénération périodique, il conviendrait de le vérifier conformément au paragraphe 2.8.2. Pour ce cas spécifique, les limites d'émission fixées au tableau 2 du paragraphe 5.2 pourraient être dépassées et ne seraient pas soumises à une pondération.

2.8.2 Pour un système de traitement aval des gaz d'échappement fondé sur un processus de régénération périodique, les émissions doivent être mesurées sur au moins deux essais ETC, l'un au cours et l'autre en dehors d'une opération de régénération, sur un système de traitement aval stabilisé, les résultats étant soumis à une pondération.

Le processus de régénération doit se produire au moins une fois au cours de l'essai ETC. Le moteur peut être équipé d'un commutateur permettant d'empêcher ou d'autoriser le processus de régénération à condition que cette opération n'ait aucun effet sur les réglages d'origine du moteur.

Le constructeur doit déclarer les conditions normales dans lesquelles le processus de régénération se produit (encrassage, température, contre-pression d'échappement, etc.) et sa durée (n2). Le constructeur doit aussi fournir toutes les données pour déterminer l'intervalle entre deux régénérations (n1). La procédure exacte pour déterminer cet intervalle doit être convenue avec le service technique en se fondant sur les règles de bonne pratique technique.

Le constructeur doit fournir un système de traitement aval qui a subi une opération d'encrassage préalable pour déclencher la phase de régénération au cours d'un essai ETC. La régénération ne doit pas se produire au cours de la phase de conditionnement.

Les émissions moyennes entre les phases de régénération sont calculées à partir de la moyenne arithmétique de plusieurs essais ETC approximativement équidistants. Il est recommandé de procéder à au moins un essai ETC le plus tôt possible avant un essai de régénération et à un essai ETC immédiatement après un essai de régénération. À titre de variante, le constructeur peut fournir des données démontrant que les émissions restent constantes ($\pm 15\%$) entre les phases de régénération. Dans ce cas, les émissions d'un seul essai ETC peuvent être utilisées.

Au cours de l'essai de régénération, toutes les données nécessaires pour détecter la régénération doivent être enregistrées (émissions de CO ou de NO_x, température en amont et en aval du système de traitement aval, contre-pression à l'échappement, etc.).

Au cours du processus de régénération, les limites d'émission du tableau 2 du paragraphe 5.2 peuvent être dépassées.

Les émissions mesurées doivent être pondérées conformément aux points 5.5 et 6.3 de l'appendice 2 de la présente annexe et le résultat final ne doit pas dépasser les limites visées au tableau 2 du paragraphe 5.2.

Appendice 1

CYCLES D'ESSAI ESC ET ELR

1. RÉGLAGES DU MOTEUR ET DU DYNAMOMÈTRE

1.1 Détermination des régimes A, B et C du moteur

Les régimes A, B et C du moteur doivent être déclarés par le constructeur, qui doit les déterminer conformément aux dispositions ci-après:

Le régime haut n_{sup} est le régime où sont atteints 70 % de la puissance maximale nette déclarée $P(n)$, comme déterminé selon le paragraphe 8.2 de l'annexe 1. Le régime moteur le plus élevé où cette puissance est obtenue sur la courbe de puissance est défini comme n_{sup} .

Le régime bas n_{inf} est le régime où sont atteints 50 % de la puissance maximale nette déclarée $P(n)$, déterminé selon le paragraphe 8.2 de l'annexe 1. Le régime moteur le plus bas où cette puissance est obtenue sur la courbe de puissance est défini comme n_{inf} .

Les régimes A, B et C sont calculés comme suit:

Régime A = $n_{inf} + 25 \% (n_{sup} - n_{inf})$

Régime B = $n_{inf} + 50 \% (n_{sup} - n_{inf})$

Régime C = $n_{inf} + 75 \% (n_{sup} - n_{inf})$

Les régimes A, B et C déclarés peuvent être vérifiés par l'une ou l'autre des méthodes ci-après:

- a) Des mesures sont effectuées en des points supplémentaires lors de l'homologation de la puissance du moteur conformément au Règlement n° 85, pour permettre une détermination précise de n_{sup} et n_{inf} . La puissance maximale et les régimes n_{sup} et n_{inf} doivent être déterminés d'après la courbe de puissance et les régimes A, B et C calculés comme indiqué plus haut;
- b) On établit une cartographie du moteur le long de la courbe de pleine charge, du régime maximal à vide au régime de ralenti, avec au moins 5 points de mesure par intervalle de $1\ 000\ \text{min}^{-1}$ et des points de mesure à $\pm 50\ \text{min}^{-1}$ du régime de la puissance maximale déclarée. La puissance maximale et les régimes n_{sup} et n_{inf} sont déterminés à partir de cette courbe cartographique et les régimes A, B et C calculés comme indiqué plus haut.

Si les régimes A, B et C mesurés se situent à +3 % des régimes déclarés par le constructeur, les valeurs déclarées sont appliquées pour les essais de mesure des émissions. Si la tolérance est dépassée pour l'un de ces régimes, les régimes mesurés doivent être appliqués pour ces essais.

1.2 Détermination du réglage du banc dynamométrique

La courbe de couple à pleine charge doit être déterminée par expérimentation pour le calcul des valeurs de couple pour les modes d'essai prescrits dans les conditions nettes, comme indiqué au point 8.2 de l'annexe 1. La puissance absorbée par les auxiliaires entraînés par le moteur doit être prise en compte, s'il y a lieu. Le réglage du dynamomètre pour chaque mode d'essai doit être calculé au moyen de la formule suivante:

$s = P(n) * (L/100)$ si l'essai s'effectue en conditions nettes

$s = P(n) * (L/100) + (P(a) - P(b))$ si l'essai ne s'effectue pas en conditions nettes;

où:

s = réglage du dynamomètre en kW

$P(n)$ = puissance nette du moteur comme indiquée au point 8.2 de l'annexe 1 en kW

L = taux de charge comme indiqué au paragraphe 2.7.1 ci-dessous, en %

$P(a)$ = puissance absorbée par les auxiliaires devant être montés pour l'essai, comme prescrit au point 6.1 de l'annexe 1

$P(b)$ = puissance absorbée par les auxiliaires devant être démontés pour l'essai, comme prescrit au point 6.2 de l'annexe 1.

2. EXÉCUTION DE L'ESSAI ESC

À la demande du constructeur, un essai à blanc peut être exécuté pour conditionner le moteur et le système d'échappement avant le cycle de mesure.

2.1 Préparation des filtres de collecte

Une heure au moins avant l'essai, chaque filtre doit être déposé dans une boîte de Petri fermée mais non scellée et protégée contre une contamination par les poussières, qui est placée dans une chambre de pesée pendant une période de stabilisation. À la fin de cette période, chaque filtre doit être pesé et la tare notée. Le filtre doit ensuite être stocké dans une boîte de Petri fermée ou dans un porte-filtre scellé jusqu'à son utilisation. Le filtre doit être utilisé dans les huit heures qui suivent son retrait de la chambre de pesée. La tare doit être enregistrée.

2.2 Installation de l'équipement de mesure

L'appareillage et les sondes de prélèvement doivent être installés conformément aux prescriptions. Si l'on utilise un système à dilution en circuit principal pour la dilution des gaz d'échappement, le tuyau d'échappement doit être raccordé au système.

2.3 Mise en marche du système de dilution et du moteur

On met en marche le système de dilution et le moteur et on les fait chauffer jusqu'à ce que toutes les températures et pressions soient stabilisées, le moteur tournant au régime de puissance maximale, conformément aux recommandations du constructeur et aux règles de bonne pratique.

2.4 Mise en marche du système de collecte des particules

On met en marche le système de collecte des particules que l'on fait fonctionner en dérivation. On peut déterminer la concentration ambiante de particules dans l'air de dilution en le faisant passer par les filtres à particules. Si l'on utilise de l'air de dilution filtré au préalable, on peut effectuer une mesure avant ou après l'essai. Si l'air de dilution n'est pas filtré, on peut effectuer des mesures au début et à la fin du cycle et déterminer la valeur moyenne.

2.5 Réglage du taux de dilution

Le débit d'air de dilution doit être réglé de telle manière que la température des gaz d'échappement dilués, mesurée immédiatement en amont du filtre primaire, ne dépasse pas 325 K (52 °C) quel que soit le mode. Le taux de dilution (q) ne doit pas être inférieur à 4.

Pour les systèmes qui utilisent la mesure de la concentration de CO₂ ou de NO_x pour le réglage du taux de dilution, la teneur en CO₂ ou en NO_x de l'air de dilution doit être mesurée au début et à la fin de chaque essai. Les mesures des concentrations de base de CO₂ ou de NO_x dans l'air de dilution avant et après l'essai ne doivent pas différer entre elles de plus de 100 ppm ou de 5 ppm, respectivement.

2.6 Contrôle des analyseurs

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

2.7 Cycle d'essai

2.7.1 Le cycle à 13 modes suivant doit être exécuté avec le moteur d'essai sur le dynamomètre:

Mode	Régime moteur	Taux de charge	Facteur de pondération	Durée (min)
1	ralenti	—	0,15	4 minutes
2	A	100	0,08	2 minutes
3	B	50	0,10	2 minutes
4	B	75	0,10	2 minutes
5	A	50	0,05	2 minutes
6	A	75	0,05	2 minutes
7	A	25	0,05	2 minutes
8	B	100	0,09	2 minutes
9	B	25	0,10	2 minutes
10	C	100	0,08	2 minutes
11	C	25	0,05	2 minutes
12	C	75	0,05	2 minutes
13	C	50	0,05	2 minutes

2.7.2 On exécute la séquence d'essai dans l'ordre des numéros de mode indiqués au paragraphe 2.7.1.

Le moteur doit fonctionner sur chaque mode pendant la durée spécifiée, les changements de régime et de charge devant être effectués pendant les vingt premières secondes du mode. Le régime spécifié doit être maintenu à $\pm 50 \text{ min}^{-1}$ et le couple spécifié à $\pm 2 \%$ du couple maximal au régime d'essai.

À la demande du constructeur, la séquence d'essai peut être répétée un nombre de fois suffisant afin de recueillir une masse de particules plus importante sur le filtre. Le constructeur doit fournir une description détaillée des méthodes d'évaluation et de calcul des données. Les émissions gazeuses doivent seulement être mesurées lors du premier cycle.

2.7.3 Réponse des analyseurs

Le résultat fourni par les analyseurs doit être enregistré sur un enregistreur graphique ou mesuré avec un système équivalent d'enregistrement de données; les gaz d'échappement doivent passer à travers les analyseurs pendant toute la durée du cycle d'essai.

2.7.4 Collecte des particules

Un filtre unique doit être utilisé pendant toute la durée de l'essai. Les facteurs de pondération par mode prescrits dans la procédure d'essai doivent être pris en compte par prélèvement d'un échantillon proportionnel au débit massique de gaz d'échappement pendant chaque mode. À cette fin, on peut agir sur le débit de l'échantillon, la durée de prélèvement et/ou le taux de dilution de telle manière que le critère d'application des facteurs de pondération effectifs mentionné au paragraphe 6.6 ci-dessous soit respecté.

La durée de prélèvement par mode doit être d'au moins quatre secondes par 0,01 point de facteur de pondération. Le prélèvement doit être effectué le plus tard possible au cours de chaque mode. Les particules doivent être prélevées au plus tôt cinq secondes avant la fin de chaque mode.

2.7.5 Conditions moteur

Le régime et la charge du moteur, la température de l'air et la dépression de l'air à l'admission, la température et la contre-pression à l'échappement, le débit de carburant et d'air ou le débit de gaz d'échappement, la température de l'air d'admission, la température du carburant et l'humidité doivent être enregistrés durant chaque mode, les conditions de régime et de charge (voir le paragraphe 2.7.2 ci-dessus) devant être respectées pendant la durée du prélèvement de particules, mais en tout cas durant la dernière minute de chaque mode.

Toutes les données additionnelles nécessaires pour les calculs doivent être enregistrées (voir les paragraphes 4 et 5).

2.7.6 Vérification des émissions de NO_x dans la zone de contrôle

La vérification des émissions de NO_x dans la zone de contrôle doit être exécutée immédiatement après l'achèvement du mode 13.

Le moteur doit être conditionné sur le mode 13 pendant une durée de trois minutes avant le début des mesures. Trois mesures doivent être exécutées en différents points de la zone de contrôle, choisis par le Service technique¹. La durée de chaque mesure doit être de deux minutes. La méthode de mesure est identique à la méthode de mesure des NO_x au cours du cycle à 13 modes et cette opération doit être effectuée conformément aux dispositions des paragraphes 2.7.3, 2.7.5 et 4.1 du présent appendice et du paragraphe 3 de l'appendice 4.

Les calculs doivent être exécutés conformément au paragraphe 4.

2.7.7 Nouvelle vérification des analyseurs

Après l'essai de mesure des émissions, on utilise un gaz de mise à zéro et le même gaz d'étalonnage pour une nouvelle vérification. L'essai est considéré comme acceptable si l'écart entre les résultats avant essai et après essai est de moins de 2 % de la valeur pour le gaz d'étalonnage.

3. EXÉCUTION DE L'ESSAI ELR

3.1 Installation de l'équipement de mesure

L'opacimètre et les sondes de prélèvement, s'il y a lieu, doivent être installés après le silencieux ou un éventuel dispositif de traitement aval des gaz d'échappement, conformément aux règles générales d'installation formulées par le fabricant de l'appareil. En outre, il doit être tenu compte des dispositions du paragraphe 10 de la norme ISO 11614.

Avant toute vérification du zéro et de la pleine échelle, l'opacimètre doit être chauffé et amené à des conditions stabilisées conformément aux recommandations du fabricant de l'appareil. S'il est équipé d'un système de purge par air destiné à éviter le dépôt de suie sur l'optique de l'appareil, ce système doit aussi être actionné et réglé conformément aux recommandations du fabricant.

3.2 Vérification de l'opacimètre

Les vérifications du zéro et de la pleine échelle doivent être exécutées en mode lecture d'opacité; en effet, l'échelle d'opacité offre deux points d'étalonnage parfaitement définis, à savoir l'opacité zéro et l'opacité 100 %. On détermine alors le coefficient d'absorption lumineuse à partir de la valeur de l'opacité mesurée et de la base LA, communiquée par le fabricant, lorsque l'appareil est de nouveau réglé sur le mode de lecture k pour l'essai.

Lorsque le faisceau lumineux de l'opacimètre n'est pas obstrué, l'indicateur doit être réglé pour indiquer une opacité de 0,0 % ± 1,0 %. Lorsque aucune lumière ne

¹ Les points d'essai doivent être choisis conformément à des méthodes statistiques approuvées de randomisation.

parvient au récepteur, l'indicateur doit être réglé pour indiquer une opacité de $100,0 \% \pm 1,0 \%$.

3.3 Cycle d'essai

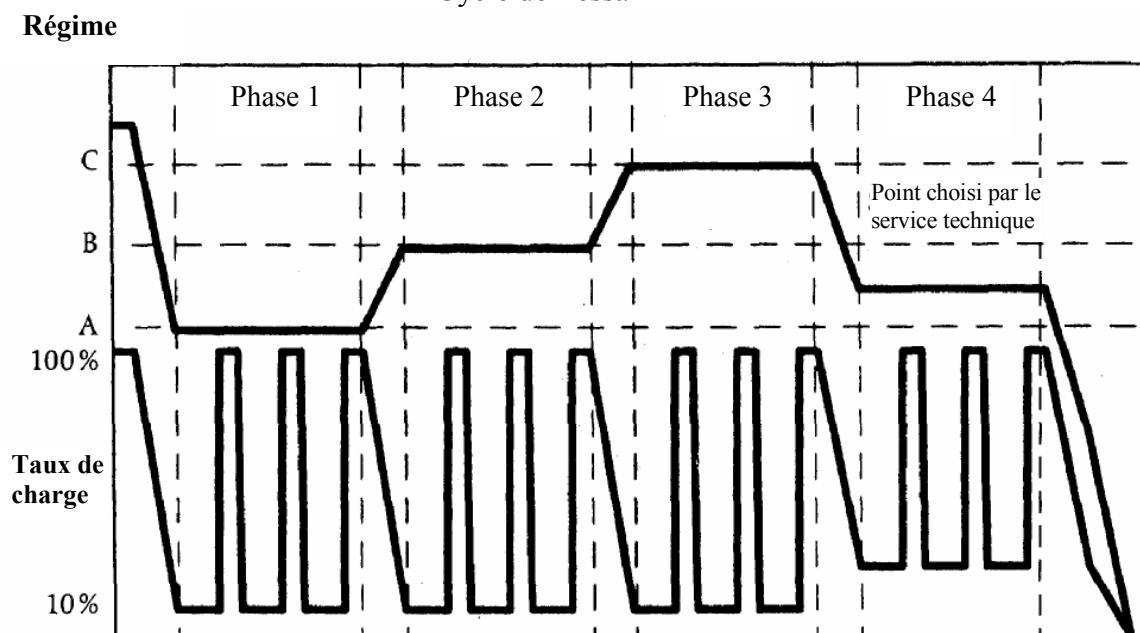
3.3.1 Conditionnement du moteur

La phase de réchauffage du moteur et du système doit se faire à la puissance maximale de manière à stabiliser les paramètres du moteur conformément à la recommandation du constructeur. La phase de préconditionnement doit également protéger la mesure des émissions contre l'influence de dépôts dans le système d'échappement résultant d'un essai antérieur. Lorsque les conditions moteur sont stabilisées, le cycle doit commencer dans les 20 ± 2 s qui suivent la phase de préconditionnement. À la demande du constructeur, un essai à blanc peut être exécuté pour réaliser un conditionnement supplémentaire avant le cycle de mesure.

3.3.2 Séquence d'essai

L'essai se compose d'une séquence de trois mises en charge à chacun des trois régimes d'essai A (phase 1), B (phase 2) et C (phase 3) déterminés conformément au paragraphe 1.1 de l'annexe III, puis d'une phase 4 exécutée à un régime situé dans la zone de contrôle et avec un taux de charge variant de 10 à 100 %, au choix du service technique¹. La séquence d'essai, exécutée avec le moteur d'essai sur un banc à dynamomètre, doit être conforme au diagramme de la figure 3.

Figure 3
Cycle de l'essai ELR



¹ Les points d'essai doivent être choisis conformément à des méthodes statistiques approuvées de randomisation.

- a) Le moteur doit fonctionner au régime A et à un taux de charge de 10 % pendant 20 ± 2 s. Le régime spécifié doit être maintenu à $\pm 20 \text{ min}^{-1}$ et le couple spécifié à ± 2 % du couple maximal au régime d'essai.
- b) À la fin d'un segment, la manette de commande du régime doit être amenée rapidement sur la position plein gaz et maintenue sur celle-ci pendant 10 ± 1 s. Le freinage du dynamomètre doit être appliqué pour maintenir le régime moteur à $\pm 150 \text{ min}^{-1}$ pendant les trois premières secondes, puis à $\pm 20 \text{ min}^{-1}$ pendant le reste du segment.
- c) La séquence décrite en a) et b) doit être répétée deux fois.
- d) Après exécution de la troisième mise en charge, le moteur doit être réglé au régime B et au taux de charge de 10 % dans un délai de 20 ± 2 s.
- e) La séquence a) à c) doit être exécutée avec le moteur tournant au régime B.
- f) Après l'exécution de la troisième mise en charge, le moteur doit être réglé au régime C et au taux de charge de 10 % dans un délai de 20 ± 2 s.
- g) La séquence a) à c) doit être exécutée avec le moteur tournant au régime C.
- h) Après l'exécution de la troisième mise en charge, le moteur doit être réglé au régime choisi et à tout taux de charge supérieur à 10 % dans un délai de 20 ± 2 s.
- i) La séquence a) à c) doit être exécutée avec le moteur tournant au régime choisi.

3.4 Validation du cycle

Les écarts types relatifs des valeurs moyennes d'opacité des fumées à chaque régime d'essai (SV_A , SV_B et SV_C) calculées conformément au paragraphe 6.3.3 du présent appendice à partir des trois mises en charge successives à chaque régime d'essai doivent être inférieurs à 15 % de la valeur moyenne ou à 10 % de la valeur limite indiquée au tableau 1 du Règlement, la plus grande de ces deux valeurs étant retenue. Si la différence est supérieure, la séquence doit être répétée jusqu'à ce que trois mises en charge successives remplissent les critères de validation.

3.5 Nouvelle vérification de l'opacimètre

La dérive du zéro de l'opacimètre, mesurée après l'essai, ne doit pas dépasser $\pm 5,0$ % de la valeur limite indiquée au tableau 1 du paragraphe 5.2.

4. CALCUL DU DÉBIT DE GAZ D'ÉCHAPPEMENT

4.1 Détermination du débit massique de gaz d'échappement bruts

Pour le calcul des émissions dans les gaz d'échappement bruts, il est nécessaire de connaître le débit de gaz. Le débit massique de gaz d'échappement doit être déterminé conformément au paragraphe 4.1.1 ou 4.1.2. La justesse du calcul du débit des gaz d'échappement doit être de l'ordre de $\pm 2,5$ % de la valeur indiquée ou $\pm 1,5$ % de la valeur maximale du moteur, la valeur la plus élevée étant à retenir.

Des méthodes équivalentes (par exemple celles décrites au paragraphe 4.2 de l'appendice 2 de la présente annexe) peuvent être utilisées.

4.1.1 Méthode de la mesure directe

La mesure directe du débit de gaz d'échappement peut être réalisée par des systèmes tels que:

- a) dispositifs à pression différentielle, tels que débitmètre à venturi,
- b) débitmètre à ultrasons,
- c) débitmètre vortex.

Des précautions doivent être prises pour éviter des erreurs de mesure qui aboutiraient à des erreurs sur les valeurs d'émissions. Ces précautions consistent notamment à installer soigneusement le dispositif sur le système d'échappement du moteur conformément aux recommandations des constructeurs des instruments et à une bonne appréciation technique. En particulier, les performances et les émissions du moteur ne doivent pas être affectées par l'installation du dispositif.

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

Pour cette mesure, des débitmètres d'air et des débitmètres de carburant satisfaisant aux prescriptions de justesse totale du paragraphe 4.1 doivent être utilisés. Le calcul du débit de gaz d'échappement se fait comme suit:

$$q_{mew} = q_{mew} + q_{mf}$$

4.2 Détermination du débit massique des gaz d'échappement dilués

Pour le calcul des émissions d'après les concentrations dans les gaz d'échappement dilués au moyen d'un système de dilution en circuit principal, il est nécessaire de connaître le débit de gaz d'échappement dilués. Le débit de gaz d'échappement dilués (q_{medw}) doit être mesuré au cours de chaque mode avec un système PDP-CVS, CFV-CVS ou SSV-CVS conformément aux formules indiquées au paragraphe 4.1 de l'appendice 2 de la présente annexe. La justesse doit être de $\pm 2\%$ de la valeur indiquée ou mieux et doit être déterminée conformément aux dispositions du paragraphe 2.4 de l'appendice 5 de la présente annexe.

5. CALCUL DES ÉMISSIONS GAZEUSES

5.1 Évaluation des résultats

Pour évaluer les résultats en ce qui concerne les émissions gazeuses, on doit calculer la moyenne des valeurs enregistrées sur les trente dernières secondes de chaque mode et déterminer les concentrations moyennes (conc) de HC, de CO et de NO_x au cours de chaque mode, à partir des moyennes des valeurs enregistrées et des données d'étalonnage correspondantes. Un autre système d'enregistrement peut être utilisé s'il garantit une qualité égale d'acquisition des données.

Pour la vérification des émissions de NO_x dans la zone de contrôle, les dispositions ci-dessus s'appliquent aux émissions de NO_x seulement.

Le débit de gaz d'échappement q_{mew} ou le débit de gaz d'échappement dilués q_{mdew} , s'il est utilisé en option, doit être déterminé conformément au paragraphe 2.3 de l'appendice 4 de la présente annexe.

5.2 Corrections pour conditions sèches ou conditions humides

La concentration mesurée doit être convertie en concentration en conditions humides au moyen des formules ci-après si elle n'est pas d'emblée mesurée en conditions humides. La conversion doit être effectuée pour chaque mode individuel.

$$c_{wet} = k_W \cdot c_{dry}$$

Pour les gaz d'échappement bruts:

$$K_{w,r} = \left(1 - \frac{1,2442 \cdot H_a + 111,19 \cdot w_{ALF} \cdot \frac{q_{mf}}{q_{mad}}}{773,4 + 1,2442 \cdot H_a + \frac{q_{mf}}{q_{mad}} \cdot k_f \cdot 1\,000} \right) \cdot 1,008$$

ou

$$K_{w,r} = \left(1 - \frac{1,2442 \cdot H_a + 111,19 \cdot w_{ALF} \cdot \frac{q_{mf}}{q_{mad}}}{773,4 + 1,2442 \cdot H_a + \frac{q_{mf}}{q_{mad}} \cdot k_f \cdot 1\,000} \right) \bigg/ \left(1 - \frac{p_r}{p_b} \right)$$

ou

$$K_{w,a} = \left(\frac{1}{1 + \alpha \cdot 0,005 \cdot (c_{CO_2} + c_{CO})} - k_{w1} \right) \cdot 1,008$$

avec

$$k_f = 0,055594 \cdot w_{ALF} + 0,0080021 \cdot w_{DEL} + 0,0070046 \cdot w_{EPS}$$

et

$$K_{w1} = \frac{1,608 \cdot H_a}{1\,000 + (1,608 \cdot H_a)}$$

où:

- H_a = humidité de l'air d'admission, en g d'eau par kg d'air sec
- w_{ALF} = teneur en hydrogène du carburant, en % masse
- $q_{mf,i}$ = débit-masse instantané de carburant, en kg/s
- $q_{mad,i}$ = débit-masse instantané d'air d'admission sec, en kg/s

p_r	=	pression de vapeur après le bain de refroidissement, en kPa
p_b	=	pression atmosphérique totale, en kPa
w_{DEL}	=	teneur en azote du carburant, en % masse
w_{EPS}	=	teneur en oxygène du carburant, en % masse
α	=	rapport molaire pour l'hydrogène du carburant
c_{CO_2}	=	concentration de CO_2 en conditions sèches, en %
c_{CO}	=	concentration de CO en conditions sèches, en %.

Pour les gaz d'échappement dilués:

$$K_{we1} = \left(1 - \frac{\alpha \cdot \% c_{wCO_2}}{200} \right) - K_{w1}$$

ou

$$K_{we2} = \left(\frac{(1 - K_{w1})}{1 + \frac{\alpha \cdot \% c_{dCO_2}}{200}} \right)$$

Pour l'air de dilution:

$$K_{wd} = 1 - K_{w1}$$

$$K_{w1} = \frac{1,608 \cdot \left[H_d \cdot \left(1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \cdot \left(\frac{1}{D} \right) \right]}{1\,000 + \left\{ 1,608 \cdot \left[H_d \cdot \left(1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \cdot \left(\frac{1}{D} \right) \right] \right\}}$$

Pour l'air d'admission:

$$K_{wa} = 1 - K_{w2}$$

$$K_{w2} = \frac{1,608 \cdot H_a}{1\,000 + (1,608 \cdot H_a)}$$

où:

H_a = humidité de l'air d'admission, en g d'eau par kg d'air sec

H_d = humidité de l'air de dilution, en g d'eau par kg d'air sec,

elles peuvent être calculées à partir de la mesure de l'humidité relative, de la mesure du point de rosée, de la mesure de la pression de vapeur ou de la mesure par psychromètre au moyen des formules couramment appliquées.

5.3 Correction d'humidité et de température pour les NO_x

Étant donné que les émissions de NO_x dépendent des conditions atmosphériques ambiantes, la concentration de NO_x doit être corrigée en fonction de l'humidité et de la température de l'air ambiant en appliquant les facteurs des formules qui suivent. Ces facteurs sont valides dans la gamme comprise entre 0 et 25 g/kg d'air sec.

a) Pour les moteurs à allumage par compression:

$$k_{h,D} = \frac{1}{1 - 0,0182 \cdot (H_a - 10,71) + 0,0045 \cdot (T_a - 298)}$$

avec:

T_a = température de l'air d'admission, en K

H_a = humidité de l'air d'admission, en g d'eau par kg d'air sec,

où:

H_a peut être calculée à partir de la mesure de l'humidité relative, de la mesure du point de rosée, de la mesure de la pression de vapeur ou de la mesure par psychromètre au moyen des formules couramment appliquées.

b) Pour les moteurs à allumage commandé:

$$k_{h,G} = 0,6272 + 44,030 \cdot 10^{-3} \cdot H_a - 0,862 \cdot 10^{-3} \cdot H_a^2$$

où:

H_a peut être calculée à partir de la mesure de l'humidité relative, de la mesure du point de rosée, de la mesure de la pression de vapeur ou de la mesure par psychromètre au moyen des formules couramment appliquées.

5.4 Calcul des débits massiques d'émissions

Les débits massiques d'émissions (en g/h) pour chaque mode doivent être calculés comme suit. Pour le calcul des émissions de NO_x, le facteur de correction d'humidité k_{h,D}, ou k_{h,G}, selon le cas, déterminé conformément au paragraphe 5.3, doit être utilisé.

Les concentrations mesurées sont converties en valeurs rapportées à une base humide conformément au point 5.2 si elles n'ont pas été d'emblée mesurées sur base humide. Les valeurs pour u_{gas} sont indiquées au tableau 6 pour les constituants choisis sur la base des propriétés de gaz parfaits et des carburants à prendre en compte pour le présent Règlement.

a) Pour les gaz d'échappement bruts:

$$m_{gas} = u_{gas} \cdot c_{gas} \cdot q_{mew}$$

où:

u_{gas} = rapport entre la densité du constituant des gaz d'échappement et la densité des gaz d'échappement

c_{gas} = concentration du constituant respectif dans les gaz d'échappement bruts, en ppm

q_{mew} = débit massique de gaz d'échappement, en kg/h

b) Pour les gaz dilués:

$$m_{\text{gas}} = u_{\text{gas}} \cdot c_{\text{gas,c}} \cdot q_{\text{mdew}}$$

où:

u_{gas} = rapport entre la densité du constituant des gaz d'échappement et la densité de l'air

$c_{\text{gas,c}}$ = concentration ambiante corrigée du constituant respectif dans les gaz d'échappement dilués, en ppm

q_{mdew} = débit massique de gaz d'échappement dilués, en kg/h

où:

$$c_{\text{gas,c}} = c - c_d \cdot \left[1 - \frac{1}{D} \right]$$

Le facteur de dilution D doit être calculé conformément au paragraphe 5.4.1 de l'appendice 2 de la présente annexe.

5.5 Calcul des émissions spécifiques

Les émissions (g/kWh) sont calculées comme suit pour tous les constituants individuels:

$$GAS_x = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (m_{\text{GAS}_i} \cdot W_{fi})}{\sum_{i=1}^{i=n} (P(n)_i \cdot W_{fi})}$$

où:

m_{gas} = masse de chaque gaz

$P(n)$ = puissance nette déterminée conformément au paragraphe 8.2 de l'annexe 1.

Les facteurs de pondération utilisés dans le calcul ci-dessus doivent être conformes au paragraphe 2.7.1.

Tableau 6
Valeurs de u_{gas} dans les gaz d'échappement bruts et dilués
pour divers constituants des gaz d'échappement

Carburant		NO _x	CO	HCT/HCNM	CO ₂	CH ₄	Densité
Gazole	Gaz d'échappement bruts	0,001587	0,000966	0,000479	0,001518	0,000553	1,2943
	Gaz d'échappement dilués	0,001588	0,000967	0,000480	0,001519	0,000553	1,293
Éthanol	Gaz d'échappement bruts	0,001609	0,000980	0,000805	0,001539	0,000561	1,2757
	Gaz d'échappement dilués	0,001588	0,000967	0,000795	0,001519	0,000553	1,293
Gaz naturel comprimé	Gaz d'échappement bruts	0,001622	0,000987	0,000523	0,001552	0,000565	1,2661
	Gaz d'échappement dilués	0,001588	0,000967	0,000584	0,001519	0,000553	1,293
Propane	Gaz d'échappement bruts	0,001603	0,000976	0,000511	0,001533	0,000559	1,2805
	Gaz d'échappement dilués	0,001588	0,000967	0,000507	0,001519	0,000553	1,293
Butane	Gaz d'échappement bruts	0,001600	0,000974	0,000505	0,001530	0,000558	1,2832
	Gaz d'échappement dilués	0,001588	0,000967	0,000501	0,001519	0,000553	1,293

Notes:

- valeurs u des gaz d'échappement bruts sur la base des propriétés de gaz parfaits à $\lambda = 2$, air sec, 273 K, 101,3 kPa;
- valeurs u des gaz d'échappement dilués sur la base des propriétés de gaz parfaits et de la densité de l'air;
- valeurs u du gaz naturel comprimé avec une justesse de 0,2 % pour la composition massique de C = 66 à 76 %, H = 22 à 25 %, N = 0 à 12 %;
- valeur u du gaz naturel comprimé pour HC correspondant à CH_{2,93} (pour les hydrocarbures totaux, utiliser la valeur u de CH₄).

5.6 Calcul des valeurs de la zone de contrôle

Pour les trois points de contrôle sélectionnés conformément au paragraphe 2.7.6, les émissions de NO_x sont mesurées et calculées conformément au paragraphe 5.6.1, et aussi déterminées par interpolation à partir des modes du cycle d'essai les plus proches des différents points de contrôle indiqués au paragraphe 5.6.2. Les valeurs mesurées sont ensuite comparées aux valeurs interpolées conformément au paragraphe 5.6.3.

5.6.1 Calcul des émissions spécifiques

Pour chacun des points de contrôle (Z), les émissions de NO_x doivent être mesurées comme suit:

$$m_{\text{NO}_x, Z} = 0,001587 \cdot c_{\text{NO}_x, Z} \cdot K_{h, D} \cdot q_{\text{mew}}$$

$$\text{NO}_{x, z} = \frac{m_{\text{NO}_x, Z}}{P(n)_z}$$

5.6.2 Détermination de la valeur des émissions du cycle d'essai

Les émissions de NO_x mesurées pour chacun des points de contrôle doivent être interpolées à partir des quatre modes du cycle d'essai les plus proches qui entourent le point de contrôle Z sélectionné (voir la figure 4). Les définitions suivantes s'appliquent à ces modes (R, S, T, U):

Régime (R) = Régime (T) = n_{RT}

Régime (S) = Régime (U) = n_{SU}

Taux de charge (R) = Taux de charge (S)

Taux de charge (T) = Taux de charge (U).

Les émissions de NO_x au point de contrôle sélectionné Z doivent être calculées comme suit:

$$E_Z = \frac{E_{RS} + (E_{TU} - E_{RS}) \cdot (M_Z - M_{RS})}{M_{TU} - M_{RS}}$$

et:

$$E_{TU} = \frac{E_T + (E_{TU} - E_T) \cdot (n_Z - n_{RT})}{n_{SU} - n_{RT}}$$

$$E_{RS} = \frac{E_R + (E_S - E_R) \cdot (n_Z - n_{RT})}{n_{SU} - n_{RT}}$$

$$M_{TU} = \frac{M_T + (M_U - M_T) \cdot (n_Z - n_{RT})}{n_{SU} - n_{RT}}$$

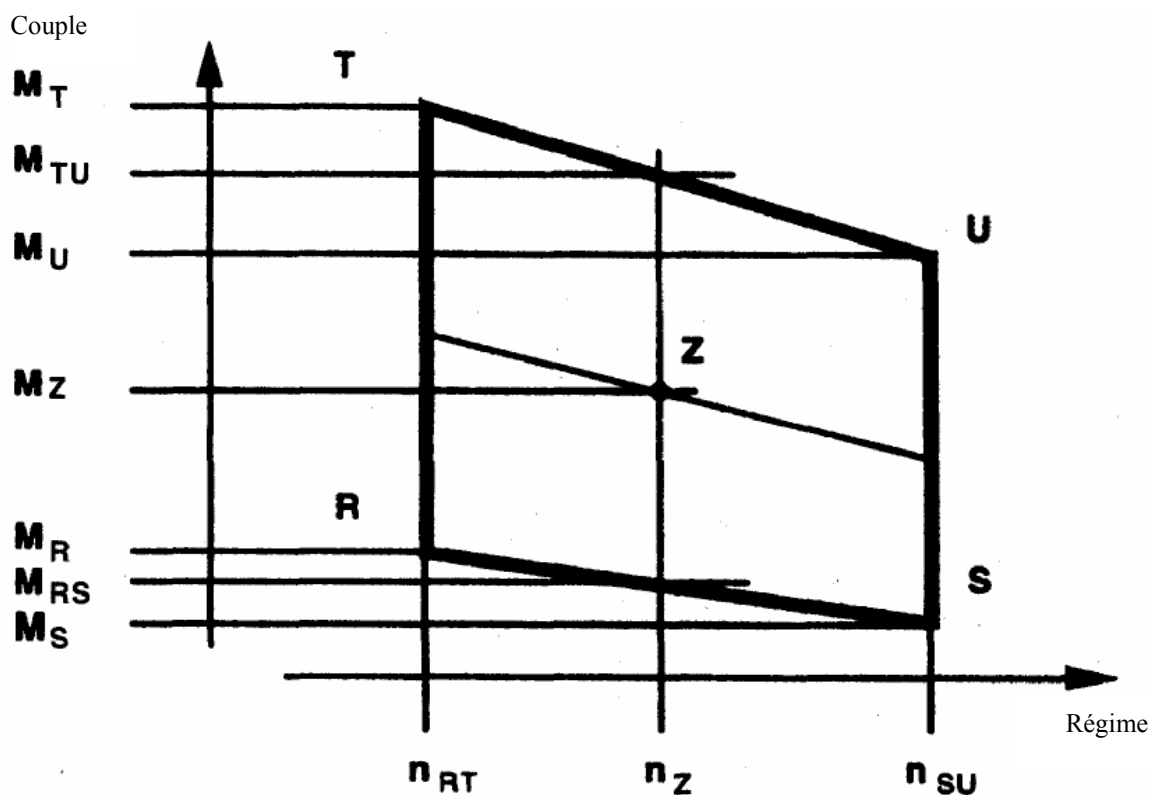
$$M_{RS} = \frac{M_R + (M_S - M_T) \cdot (n_Z - n_{RT})}{n_{SU} - n_{RT}}$$

où:

E_R, E_S, E_T, E_U = émissions spécifiques de NO_x sur les modes entourant le point Z déterminés conformément au paragraphe 5.6.1

M_R, M_S, M_T, M_U = couple moteur sur les modes entourant le point Z.

Figure 4
Interpolation du point de contrôle des émissions de NO_x



5.6.3 Comparaison des valeurs des émissions de NO_x

Les émissions spécifiques de NO_x mesurées au point de contrôle Z (NO_{x,Z}) sont comparées à la valeur interpolée (E_Z) comme suit:

$$\text{NOx}_{\text{diff}} = 100 \cdot \frac{\text{NOx}_Z - E_Z}{E_Z}$$

6. CALCUL DES ÉMISSIONS DE PARTICULES

6.1 Évaluation des résultats

Pour l'évaluation des résultats en ce qui concerne les particules, la masse totale de l'échantillon (m_{sep}) traversant le filtre doit être enregistrée pour chaque mode.

Les filtres doivent être ramenés dans la chambre de pesée et conditionnés pendant au moins une heure, et au plus quatre-vingt heures, puis pesés. Le poids brut des filtres doit être enregistré et leur tare (voir le point 2.1) soustraite, la différence constituant la masse de l'échantillon de particules m_f.

Si une correction pour concentrations ambiantes doit être apportée pour l'air de dilution, la masse d'air de dilution ($m_{f,d}$) traversant le filtre et la masse de particules doivent être enregistrées. Si plus d'une mesure a été effectuée, le quotient $m_{f,d}/m_d$ doit être calculé pour chaque mesure individuelle et la moyenne des valeurs doit être calculée.

6.2 Système à dilution en flux partiel

Les résultats d'essai définitifs communiqués pour les émissions de particules doivent être calculés comme suit. Étant donné que divers types de réglage du taux de dilution peuvent être employés, différentes méthodes de calcul s'appliquent à q_{medf} . Tous les calculs doivent se fonder sur les valeurs moyennes des modes individuels au cours de la période de prélèvement.

6.2.1 Systèmes isocinétiques

$$q_{medf} = q_{mew} \cdot r_d$$

$$r_d = \frac{q_{mdw} + (q_{mew} \cdot r_a)}{q_{mew} \cdot r_a}$$

où r_a correspond au rapport de la section de la sonde isocinétique à celle du tuyau d'échappement:

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

6.2.2 Systèmes avec mesure de la concentration de CO₂ ou de NO_x

$$q_{medf} = q_{mew} \cdot r_d$$

$$r_d = \frac{c_{wE} - c_{wA}}{c_{wD} - c_{wA}}$$

où:

c_{wE} = concentration humide du gaz témoin dans les gaz d'échappement bruts

c_{wD} = concentration humide du gaz témoin dans les gaz d'échappement dilués

c_{wA} = concentration humide du gaz témoin dans l'air de dilution

Les concentrations mesurées en conditions sèches doivent être converties en valeurs rapportées à des conditions humides conformément au paragraphe 5.2 du présent appendice.

6.2.3 Systèmes avec mesure du CO₂ et méthode du bilan carbone²

$$q_{medf} = \frac{206,5 \cdot q_{mf}}{c_{(CO_2)D} - c_{(CO_2)A}}$$

où:

$c_{(CO_2)D}$ = concentration de CO₂ dans les gaz d'échappement dilués

$c_{(CO_2)A}$ = concentration de CO₂ dans l'air de dilution

(concentrations en % vol. en conditions humides)

Cette équation repose sur l'hypothèse du bilan carbone (les atomes de carbone fournis au moteur sont émis sous forme de CO₂) et est déterminée comme suit:

$$q_{medf} = q_{mew} \cdot r_d$$

et

$$r_d = \frac{206,5 \cdot q_{mf}}{q_{mew} \times [c_{(CO_2)D} - c_{(CO_2)A}]}$$

6.2.4 Systèmes avec mesure du débit

$$q_{medf} = q_{mew} \cdot r_d$$

$$r_d = \frac{q_{mdew}}{q_{mdew} - q_{mdw}}$$

6.3 Système à dilution en circuit principal

Tous les calculs doivent se fonder sur les valeurs moyennes des modes individuels au cours de la période de prélèvement. Le débit de gaz d'échappement dilués q_{mdew} est calculé conformément au paragraphe 4.1 de l'appendice 2 de la présente annexe. La masse totale de l'échantillon m_{sep} est calculée conformément au paragraphe 6.2.1 de l'appendice 2 de la présente annexe.

6.4 Calcul du débit massique de particules

Le débit massique de particules est calculé comme suit. Si un système à dilution en circuit principal est utilisé, q_{medf} déterminé conformément au paragraphe 6.2 est remplacé par q_{mdew} déterminé conformément au paragraphe 6.3.

$$PT_{mass} = \frac{m_f}{m_{sep}} \cdot \frac{q_{medf}}{1000}$$

² La valeur n'est valable que pour le carburant de référence indiqué à l'annexe IV.

$$\overline{q_{medf}} = \sum_{i=1}^{i=n} q_{medfi} \cdot W_{fi}$$

$$m_{sep} = \sum_{i=1}^{i=n} m_{sepi}$$

$$i = 1, \dots, n$$

Le débit massique de particules peut faire l'objet d'une correction pour concentrations ambiantes dans l'air de dilution comme suit:

$$PT_{mass} = \left\{ \frac{m_f}{m_{sep}} - \left[\frac{m_{f,d}}{m_d} \cdot \sum_{i=1}^{i=n} \left(1 - \frac{1}{Di} \right) \cdot W_{fi} \right] \right\} \cdot \frac{\overline{q_{medf}}}{1000}$$

où D est calculé conformément au paragraphe 5.4.1 de l'appendice 2 de la présente annexe.

6.5 Calcul des émissions spécifiques

Les émissions de particules sont calculées comme suit:

$$PT = \frac{PT_{mass}}{\sum_{i=1}^{i=n} P_i \cdot W_{fi}}$$

6.6 Facteur de pondération effectif

Le facteur de pondération effectif W_{fei} pour chaque mode est calculé comme suit:

$$W_{fei} = \frac{m_{sepi} \cdot \overline{q_{medf}}}{m_{sep} \cdot q_{medfi}}$$

La valeur des facteurs de pondération effectifs doit se situer à $\pm 0,003$ ($\pm 0,005$ pour le mode «Ralent») des facteurs de pondération énumérés au paragraphe 2.7.1.

7. CALCUL DES VALEURS D'OPACITÉ DES FUMÉES

7.1 Algorithme de Bessel

L'algorithme de Bessel doit être utilisé pour calculer les valeurs moyennes sur une seconde à partir des mesures instantanées d'opacité des fumées, converties conformément au paragraphe 6.3.1. Il émule un filtre passe-bas de deuxième ordre et il permet de déterminer les coefficients par calcul itératif. Ceux-ci sont fonction du temps de réponse de l'opacimètre et de la fréquence d'échantillonnage. Les opérations prescrites au paragraphe 6.1.1 doivent donc être répétées à chaque variation du temps de réponse du système et/ou de la fréquence d'échantillonnage.

7.1.1 Calcul du temps de réponse du filtre et des constantes de Bessel

Le temps de réponse de Bessel requis (t_F) est fonction des temps de réponse physique et électrique de l'opacimètre, comme spécifié à l'appendice 4 de la présente annexe, et est calculé au moyen de l'équation ci-dessous:

$$t_F = \sqrt{1 - (t_p^2 + t_e^2)}$$

où:

t_p = temps de réponse physique, en secondes

t_e = temps de réponse électrique, en secondes

Les calculs d'estimation de la fréquence de coupure du filtre (f_c) sont basés sur un signal d'entrée en échelon de 0 à 1 en $\leq 0,01$ s (voir l'annexe 6). Le temps de réponse est défini comme le temps entre le moment où le signal de sortie du filtre de Bessel atteint 10 % (t_{10}) et le moment où il atteint 90 % (t_{90}) de cette fonction en échelon. Il est obtenu par itération sur f_c jusqu'à ce que $t_{90} - t_{10} \approx t_F$. La première itération de f_c est basée sur la formule suivante:

$$f_c = \frac{\pi}{10 \cdot t_F}$$

Les constantes de Bessel E et K sont calculées au moyen des équations suivantes:

$$E = \frac{1}{\left(1 + \Omega \cdot \sqrt{(3 \cdot D) + D \cdot \Omega^2}\right)}$$

$$K = 2 \cdot E \cdot (D \cdot \Omega^2 - 1) - 1$$

où:

$$D = 0,618034$$

$$\Delta t = \frac{1}{\text{fréquence d'échantillonnage}}$$

$$\Omega = \frac{1}{\left[\tan(\pi \cdot \Delta t \cdot f_c)\right]}$$

7.1.2 Calcul de l'algorithme de Bessel

Les valeurs de E et de K sont utilisées pour calculer comme suit la réponse moyenne du filtre de Bessel sur une seconde à un signal d'entrée en échelon S_i :

$$Y_i = Y_{i-1} + E \cdot (S_i + 2 \cdot S_{i-1} + S_{i-2} - 4 \cdot Y_{i-2}) + K \cdot (Y_{i-1} - Y_{i-2})$$

où:

$$S_{i-2} = S_{i-1} = 0$$

$$S_i = 1$$

$$Y_{i-2} = Y_{i-1} = 0$$

Les temps t_{10} et t_{90} sont interpolés. La différence de temps entre t_{90} et t_{10} détermine le temps de réponse t_F pour cette valeur de f_c . Si ce temps de réponse n'est pas suffisamment proche du temps de réponse requis, l'itération doit être poursuivie comme suit jusqu'à ce que le temps de réponse effectif se situe à moins de 1 % de la réponse requise:

$$((t_{90} - t_{10}) - t_F) \leq 0,01 \cdot t_F$$

7.2 Évaluation des résultats

Les valeurs d'opacité des fumées mesurées doivent être échantillonnées à une fréquence minimale de 20 Hz.

7.3 Détermination des valeurs d'opacité des fumées

7.3.1 Conversion des données

Étant donné que l'unité de mesure de base de tous les opacimètres est la transmittance, les valeurs de fumées mesurées en transmittance (τ) doivent être converties en un coefficient d'absorption lumineuse (k) comme suit:

$$k = -\frac{1}{L_A} \cdot \ln\left(1 - \frac{N}{100}\right)$$

$$\text{et: } N = 100 - \tau$$

où:

k = coefficient d'absorption lumineuse, en m^{-1}

L_A = base de mesure effective présentée par le fabricant de l'instrument, en m

N = opacité, en %

τ = transmittance, en %.

La conversion doit précéder tout traitement ultérieur des données.

7.3.2 Calcul de la moyenne de Bessel des valeurs d'opacité des fumées

Par fréquence de coupure correcte f_c , il faut entendre la fréquence qui donne le temps de réponse t_F requis pour le filtre. Une fois cette fréquence déterminée par le processus itératif du paragraphe 6.1.1, les constantes E et K correctes de l'algorithme de Bessel sont calculées. L'algorithme de Bessel est ensuite appliqué à la trace instantanée de valeur de fumées (valeur k) comme décrit au paragraphe 6.1.2:

$$Y_i = Y_{i-1} + E \cdot (S_i + 2 \cdot S_{i-1} + S_{i-2} - 4 \cdot Y_{i-2}) + K \cdot (Y_{i-1} - Y_{i-2})$$

Par nature, l'algorithme de Bessel est récursif. Il requiert donc plusieurs valeurs d'entrée initiales pour S_{i-1} et S_{i-2} et plusieurs valeurs de sortie initiales pour Y_{i-1} et Y_{i-2} pour pouvoir lancer l'algorithme. Ces valeurs peuvent être supposées égales à 0.

Pour chaque palier de charge des trois régimes A, B et C, la valeur sur une seconde maximale Y_{\max} est sélectionnée parmi les différentes valeurs Y_i de chaque trace de valeur de fumées.

7.3.3 Résultats finals

Les valeurs de fumées moyennes (SV) de chaque cycle (régime d'essai) sont calculées comme suit:

pour le régime d'essai A	$SV_A = (Y_{\max 1,A} + Y_{\max 2,A} + Y_{\max 3,A}) / 3$
pour le régime d'essai B	$SV_B = (Y_{\max 1,B} + Y_{\max 2,B} + Y_{\max 3,B}) / 3$
pour le régime d'essai C	$SV_C = (Y_{\max 1,C} + Y_{\max 2,C} + Y_{\max 3,C}) / 3$

où:

$$Y_{\max 1} + Y_{\max 2} + Y_{\max 3} = \text{moyenne sur une seconde la plus élevée de la valeur de Bessel des fumées à chacun des trois paliers de charge.}$$

La valeur finale est calculée comme suit:

$$SV = (0,43 \cdot SV_A) + (0,56 \cdot SV_B) + (0,01 \cdot SV_C)$$

Appendice 2

CYCLE D'ESSAI ETC

1. PROCÉDURE DE RÉALISATION DE LA CARTOGRAPHIE DU MOTEUR

1.1 Détermination de la gamme de régimes de la cartographie

Pour pouvoir exécuter l'essai ETC dans la chambre d'essai, une cartographie du moteur doit être réalisée avant le cycle d'essai afin de déterminer le diagramme régime-couple. Les régimes de cartographie minimal et maximal sont définis comme suit:

Régime de cartographie minimal = de ralenti

Régime de cartographie maximal = $n_{sup.} \cdot 1,02$ ou régime auquel le couple à pleine charge tombe à zéro, la valeur la plus faible étant retenue

1.2 Réalisation de la cartographie de puissance 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 comme suit:

- a) Le moteur n'est pas chargé et tourne au régime de ralenti;
- b) Le moteur tourne au point de pleine charge de la pompe d'injection au régime de cartographie minimal;
- c) Le régime du moteur est augmenté à un taux moyen de $8 \pm 1 \text{ tr/min}^{-1}$ 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'échantillonnage d'au moins un point par seconde.

1.3 Élaboration de la courbe de cartographie

Tous les points de données enregistrés au paragraphe 1.2 du présent appendice sont reliés par interpolation linéaire. La courbe de couple résultante constitue la courbe de cartographie et sert à convertir les valeurs de couple normalisées du cycle du moteur en valeurs de couple effectives pour le cycle d'essai (voir la description du paragraphe 2 du présent appendice).

1.4 Autres techniques de cartographie

Si un constructeur estime que les techniques de cartographie exposées ci-dessus sont dangereuses pour le moteur ou ne sont pas représentatives d'un moteur donné, d'autres techniques de cartographie peuvent être appliquées. Comme les 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 sécurité du moteur ou de représentativité,

s'écarter des techniques spécifiées doivent être soumises pour approbation au service technique avec une justification de leur emploi. En aucun cas cependant, la cartographie ne pourra être obtenue à partir d'un balayage suivant les vitesses décroissantes pour des moteurs à régulateur ou à turbocompresseur.

1.5 Répétition des essais

Une cartographie de moteur ne doit pas nécessairement être réalisée avant chaque cycle d'essai. Elle doit l'être par contre:

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

ou,

b) si le moteur a subi des modifications physiques ou des modifications de réglage susceptibles d'influer sur ses performances.

2. ÉLABORATION DU CYCLE D'ESSAI DE RÉFÉRENCE

Le cycle d'essai en conditions transitoires est décrit à l'appendice 3 de la présente annexe. Les valeurs de couple et de régime normalisées sont converties en valeurs effectives comme suit et donnent le cycle de référence.

2.1 Régime effectif

Le régime est dénormalisé au moyen de l'équation suivante:

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

Le régime de référence ($n_{\text{réf}}$) correspond aux valeurs de régime 100 % spécifiées dans la fiche de programmation du banc dans l'appendice 3. Il est défini comme suit (voir la figure 1 du paragraphe 2):

$$n_{\text{ref}} = n_{\text{inf}} + 95 \% \cdot (n_{\text{sup}} - n_{\text{inf}})$$

où n_{sup} et n_{inf} sont spécifiés conformément au paragraphe 2, ou calculés conformément au paragraphe 1.1 de l'appendice 1 de la présente annexe.

2.2 Couple effectif

Le couple est normalisé jusqu'au couple maximal au régime correspondant. Les valeurs de couple du cycle de référence sont dénormalisées comme suit à l'aide de la courbe de cartographie déterminée conformément au paragraphe 1.3 du présent appendice:

Couple effectif = (% du couple · couple max./100) pour le régime effectif correspondant tel qu'il est déterminé au paragraphe 2.1 du présent appendice.

Pour l'élaboration du cycle de référence, les valeurs de couple négatives des points «moteur entraîné par le banc» («m») sont des valeurs dénormalisées calculées selon une des méthodes ci-dessous:

- a) 40 % négatifs du couple positif disponible au point de régime associé,
- b) cartographie du couple négatif requis pour l'entraînement du moteur entre le régime de cartographie minimal et le régime de cartographie maximal,
- c) calcul du couple négatif requis pour l'entraînement du moteur aux régimes de ralenti et de référence et interpolation linéaire entre ces deux points.

2.3 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⁻¹

régime de ralenti = 600 tr/min⁻¹

on obtient:

régime effectif = $(43 \cdot (2\,200 - 600)/100) + 600 = 1\,288 \text{ min}^{-1}$

couple effectif = $(82 \cdot 700/100) = 574 \text{ Nm}$

où le couple maximal observé sur la courbe de cartographie à 1 288 min⁻¹ est égal à 700 Nm.

3. EXÉCUTION DE L'ESSAI DE MESURE DES ÉMISSIONS

À la demande du constructeur, un essai à blanc peut être exécuté afin de conditionner le moteur et le système d'échappement avant le cycle de mesure.

Les moteurs fonctionnant au gaz naturel et au GPL doivent être rodés par l'exécution de l'essai ETC. Le moteur doit fonctionner sur un minimum de deux cycles ETC et jusqu'à ce que les émissions de CO mesurées sur un cycle ETC ne dépassent pas de plus de 10 % les émissions de CO mesurées lors du cycle ETC précédent.

3.1 Préparation des filtres de collecte (si applicable)

Au moins une heure avant l'essai, chaque filtre est mis dans une boîte de Pétri fermée mais non scellée et placé dans une chambre de pesée aux fins de stabilisation. À la fin de la période de stabilisation, chaque filtre est pesé et la tare doit être notée. Le filtre est ensuite déposé dans une boîte de Pétri fermée ou dans un porte-filtre

scellé jusqu'à l'essai. Le filtre doit être utilisé dans les huit heures qui suivent sa sortie de la chambre de pesée. La tare doit être enregistrée.

3.2 Installation de l'équipement de mesure

L'appareillage et les sondes de prélèvement doivent être installés conformément aux prescriptions. L'extrémité du tuyau d'échappement doit être raccordée au système de dilution du flux total, s'il est utilisé.

3.3 Démarrage du système de dilution et du moteur

Le système de dilution et le moteur doivent être démarrés et mis en température jusqu'à ce que toutes les températures et pressions soient stabilisées, par fonctionnement à la puissance maximale conformément à la recommandation du constructeur et aux règles de l'art.

3.4 Démarrage du système de collecte des particules (moteurs diesel uniquement)

Le système de collecte des particules doit être démarré et fonctionner en dérivation. Le niveau ambiant de particules dans l'air de dilution peut être mesuré en faisant passer l'air de dilution à travers les filtres à particules. Si l'air de dilution a été filtré, une mesure peut être effectuée avant ou après l'essai. Sinon, les valeurs peuvent être mesurées au début et à la fin du cycle, puis la valeur moyenne calculée.

Le système de dilution et le moteur doivent être démarrés et mis en température jusqu'à ce que toutes les températures et pressions soient stabilisées, par fonctionnement à la puissance maximale conformément à la recommandation du constructeur et aux règles de l'art. Dans le cas d'un système de traitement aval à régénération périodique, la régénération ne doit pas se produire au cours de la mise en température du moteur.

3.5 Réglage du système de dilution

Les débits du système de dilution (en flux total ou en flux partiel) doivent être réglés de manière à éliminer la condensation d'eau dans le système et à obtenir une température maximale égale ou inférieure à 325 K (52 °C) à la surface du filtre (voir le paragraphe 2.3.1 de l'appendice 7, DT).

3.6 Contrôle des analyseurs

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

3.7 Procédure de démarrage du moteur

Le moteur, à l'état stabilisé, est démarré au moyen du démarreur de série ou du banc conformément à la procédure de démarrage recommandée par le constructeur dans le manuel d'utilisation. En option, l'essai peut débuter dès la phase de

préconditionnement, sans arrêt du moteur, lorsque ce dernier a atteint le régime de ralenti.

3.8 Cycle d'essai

3.8.1 Séquence d'essai

La séquence d'essai doit débuter lorsque le moteur a atteint le régime de ralenti. L'essai doit être exécuté conformément au cycle de référence défini au paragraphe 2 du présent appendice. Les points de réglage commandant le régime et le couple du moteur sont émis à 5 Hz minimum (10 Hz recommandés). Le régime et le couple effectifs du moteur doivent être enregistrés au moins une fois par seconde durant le cycle d'essai et les signaux peuvent être filtrés par voie électronique.

3.8.2 Mesure des émissions gazeuses

3.8.2.1 Système à dilution du flux total

Au démarrage du moteur ou de la séquence d'essai, si le cycle débute directement à la fin du preconditionnement, l'équipement de mesure doit être démarré, simultanément:

- a) début de la collecte ou de l'analyse de l'air de dilution,
- b) début de la collecte ou de l'analyse des gaz d'échappement dilués,
- c) début de la mesure de la quantité de gaz d'échappement dilués (échantillon à volume constant – CVS) ainsi que des températures et pressions requises,
- d) début de l'enregistrement des données effectives de régime et de couple du dynamomètre.

Les hydrocarbures (HC) et les NO_x sont mesurés en continu dans le tunnel de dilution à une fréquence de 2 Hz. Les concentrations moyennes sont calculées en intégrant les signaux de l'analyseur sur tout le cycle d'essai. Le temps de réponse du système ne doit pas être supérieur à vingt secondes et, si nécessaire, il doit être coordonné avec les fluctuations du débit de l'échantillon à volume constant et avec les décalages durée du prélèvement/cycle d'essai. Les quantités de CO, de CO₂, NMHC et de CH₄ sont calculées par intégration ou par collecte dans le sac de prélèvement des concentrations ambiantes. Toutes les autres valeurs doivent être enregistrées à raison d'une mesure par seconde (1 Hz) au minimum.

3.8.2.2 Mesure des gaz d'échappement bruts

Au démarrage du moteur ou de la séquence d'essai, si le cycle débute directement à la fin du preconditionnement, l'équipement de mesure doit être démarré simultanément:

- a) début de l'analyse des concentrations dans les gaz d'échappement bruts,

- b) début de la mesure du débit des gaz d'échappement ou de l'air d'admission et du carburant,
- c) début de l'enregistrement des données effectives de régime et de couple du dynamomètre.

Pour l'évaluation des émissions gazeuses, les concentrations de polluants (HC, CO et NO_x) et le débit massique de gaz d'échappement sont enregistrés et mémorisés à une fréquence d'au moins 2 Hz sur un système informatique. Le temps de réponse du système ne doit pas être supérieur à dix secondes. Tous les autres résultats peuvent être enregistrés avec une fréquence d'échantillonnage d'au moins 1 Hz. Pour les analyseurs analogiques, la réponse doit être enregistrée et les résultats d'étalonnage peuvent être appliqués en ligne ou hors ligne au cours de l'évaluation des résultats.

Pour le calcul des émissions massiques des constituants gazeux, les traces des concentrations enregistrées et la trace du débit massique de gaz d'échappement sont alignées dans le temps par application du temps de transformation défini au paragraphe 2 du présent Règlement. En conséquence, le temps de réponse de chaque analyseur d'émissions gazeuses et du système de mesure du débit massique de gaz d'échappement doit être déterminé conformément aux prescriptions du paragraphe 4.2.1 et du paragraphe 1.5 de l'appendice 5 de la présente annexe et enregistré.

3.8.3 Collecte des particules (si applicable)

3.8.3.1 Système à dilution du flux total

Au démarrage du moteur ou de la séquence d'essai, si le cycle débute directement à la fin du préconditionnement, le système de collecte des particules doit être commuté du mode dérivation en mode collecte des particules dès le démarrage du moteur ou de la séquence d'essai.

En l'absence de compensation de débit, 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 soit maintenu à une valeur située à ± 5 % du débit fixé. Lorsqu'il y a compensation de débit (à savoir réglage proportionnel du débit de l'échantillon), il doit être démontré que le rapport du débit du tunnel principal à celui de l'échantillon de particules ne varie pas de plus de ± 5 % par rapport à sa valeur fixée (sauf pendant les dix premières secondes du prélèvement).

Au cas où il y a double dilution, le débit de l'échantillon est égal à 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 fixé ne peut pas être maintenu

constant (à ± 5 % près) pendant toute la durée du cycle, l'essai est annulé. Il doit être recommencé avec un débit inférieur et/ou un diamètre de filtre plus grand.

3.8.3.2 Système à dilution du flux partiel

Au démarrage du moteur ou de la séquence d'essai, si le cycle débute directement à la fin du préconditionnement, le système de prélèvement de particules doit être commuté du mode dérivation en mode collecte des particules.

Pour le réglage d'un système à dilution du flux partiel, une réponse rapide du système est nécessaire. Le temps de transformation pour le système doit être déterminé par la procédure décrite au paragraphe 3.3 de l'appendice 5 de la présente annexe. Si le temps de transformation combiné de la mesure du débit de gaz d'échappement (voir le paragraphe 4.2.1 du présent appendice) et du système de dilution du flux partiel est $\leq 0,3$ s, un réglage en ligne peut être utilisé. Si le temps de transformation est supérieur à 0,3 s, un réglage prédictif sur la base d'un essai préenregistré doit être appliqué. Dans ce cas, le temps de montée doit être ≤ 1 s et le temps de retard de la combinaison ≤ 10 s.

La réponse totale du système doit être conçue de manière à garantir le prélèvement d'un échantillon représentatif de particules $q_{mp,i}$ proportionnel au débit massique de gaz d'échappement. Pour vérifier la proportionnalité, une analyse de régression entre $q_{mp,i}$ et $q_{mew,i}$ doit être réalisée avec une fréquence d'acquisition de données de 1 Hz au minimum, et il doit être satisfait aux critères suivants:

- le coefficient de corrélation r^2 de la régression linéaire entre $q_{mp,i}$ et $q_{mew,i}$ ne doit pas être inférieur à 0,95,
- l'erreur type d'estimation de $q_{mp,i}$ sur $q_{mew,i}$ ne doit pas être supérieure à 5 % de q_{mp} ,
- l'ordonnée à l'origine q_{mp} de la ligne de régression ne doit pas être supérieure à ± 2 % de q_{mp} .

À titre d'option, il peut être procédé à un essai préalable, et le signal du débit massique des gaz d'échappement de cet essai peut être utilisé pour le contrôle du débit de l'échantillon dans le système de prélèvement des particules (réglage prédictif). Une telle procédure est nécessaire si le temps de transformation de ce dernier $t_{50,P}$, ou le temps de transformation du signal du débit massique des gaz d'échappement $t_{50,F}$, ou les deux, sont supérieurs à 0,3 s. Un réglage correct du système de dilution du flux partiel est obtenu si la trace de temps de $q_{mew,pre}$ de l'essai préalable, qui règle q_{mp} , est décalée vers l'avant de $t_{50,P} + t_{50,F}$.

Pour établir la corrélation entre $q_{mp,i}$ et $q_{mew,i}$ les résultats obtenus au cours de l'essai réel sont utilisés, $q_{mew,i}$ étant aligné dans le temps de $t_{50,F}$ par rapport à $q_{mp,i}$ (il n'y a pas de contribution de $t_{50,P}$ à l'alignement dans le temps). En d'autres termes, le décalage de temps entre q_{mew} et q_{mp} est la différence dans leurs temps de

transformation qui ont été déterminés selon le paragraphe 3.3 de l'appendice 5 de la présente annexe.

3.8.4 Calage du moteur

Si le moteur cale à un moment quelconque du cycle d'essai, il doit être redémarré après un nouveau préconditionnement, et l'essai doit être recommencé. L'essai est annulé lors de tout défaut de fonctionnement d'un des appareils de contrôle requis durant le cycle.

3.8.5 Opérations à exécuter après l'essai

Lorsque l'essai est terminé, les opérations de mesure du volume de gaz d'échappement dilués ou du débit de gaz d'échappement bruts, du débit de gaz dans les sacs de collecte et la pompe de prélèvement de particules doivent être arrêtées. Dans le cas d'un analyseur intégrateur, le prélèvement est poursuivi jusqu'à ce que les temps de réponse du système se soient écoulés.

Si des sacs de collecte sont utilisés, les concentrations qu'ils contiennent doivent être analysées dès que possible et, en tout cas, vingt 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 à nouveau 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.

3.9 Vérification de la bonne exécution de l'essai

3.9.1 Décalage temporel des données

Afin de minimiser l'effet de biais dû au décalage de temps entre les valeurs effectives et celles du cycle de référence, toute la séquence de signaux des valeurs effectives 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 des valeurs effectives sont décalés, le régime et le couple doivent être décalés de la même valeur et dans le même sens.

3.9.2 Calcul du travail du cycle

Le travail du cycle effectif W_{act} (kWh) est calculé avec chaque paire enregistrée de valeurs effectives de régime et de couple du moteur, et ce, après tout décalage de données effectives si cette option est retenue. Le travail du cycle effectif W_{act} sert à effectuer une comparaison avec le travail du cycle de référence W_{ref} et à déterminer les émissions spécifiques au banc (voir les points 5.5 et 6.3). La même méthode est appliquée pour intégrer la puissance de référence et la puissance effective du moteur. Si les valeurs doivent être calculées entre 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 ramenées à zéro et incluses. Lorsqu'une intégration se fait à une fréquence inférieure à 5 Hz et que, durant un segment de temps donné, la valeur du couple devient négative ou positive, la portion négative est déterminée et ramenée à zéro. La portion positive est incluse dans la valeur intégrée.

W_{act} doit se situer entre -15 % et +5 % de W_{ref} .

3.9.3 Statistiques de validation du cycle d'essai

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

$$y = mx + b$$

où:

y = valeur effective du régime (min^{-1}), du couple (Nm), ou de la puissance (kW)

m = pente de la droite de régression

x = valeur de référence du régime (min^{-1}), du couple (Nm), ou de la puissance (kW)

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

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

Il est recommandé d'effectuer cette analyse à 1 Hz. Toutes les valeurs négatives du couple de référence et toutes les valeurs effectives associées sont éliminées du calcul des statistiques de validation du couple et de la puissance du cycle. Pour qu'un essai soit jugé valide, il doit satisfaire aux critères du tableau 7.

Tableau 7
Tolérances de la droite de régression

	Régime	Couple	Puissance
Erreur type d'estimation (SE) de Y sur X	maximum 100 min ⁻¹	maximum 13 % (15 %) du couple maximal du moteur selon la cartographie de puissance	maximum 8 % (15 %) de la puissance maximale du moteur selon la cartographie de puissance
Pente de la droite de régression, m	0,95 à 1,03	0,83 à 1,03	0,89 à 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 min ⁻¹	±20 Nm ou ±2 % du couple maximal, la valeur supérieure étant retenue	±4 kW ou ±2 % de la puissance maximale, la valeur supérieure étant retenue

Des suppressions de points sont admises dans les analyses de régression dans les cas prévus au tableau 8.

Tableau 8
Suppressions de points admises dans l'analyse de régression

Conditions	Points supprimés
Demande de pleine charge et couple effectif < 95 % couple de référence	Couple et/ou puissance
Demande de pleine charge et régime effectif < 95 % régime de référence	Régime et/ou puissance
Charge nulle, hors ralenti, et couple effectif > couple de référence	Couple et/ou puissance
Charge nulle, régime effectif ≤ ralenti + 50 min ⁻¹ et couple effectif = couple au ralenti spécifié par le constructeur/mesuré ±2 % du couple max.	Régime et/ou puissance
Charge nulle, régime effectif > ralenti + 50 min ⁻¹ et couple effectif > 105 % couple de référence	Couple et/ou puissance
Charge nulle et régime effectif > 105 % régime de référence	Régime et/ou puissance

4. CALCUL DU DÉBIT DE GAZ D'ÉCHAPPEMENT

4.1 Détermination du débit de gaz d'échappement dilués

Le débit total des gaz d'échappement dilués durant le cycle (kg/essai) est calculé à partir des valeurs mesurées durant le cycle et des données d'étalonnage correspondantes du débitmètre (V_0 pour le PDP, K_v pour le CFV, C_d pour le SSV), déterminées conformément aux indications du paragraphe 2 de l'appendice 5 de la présente annexe. La formule ci-dessous est appliquée si, durant tout le cycle, la température des gaz d'échappement dilués est maintenue à un niveau constant à l'aide d'un échangeur thermique (± 6 K pour un système PDP-CVS, ± 11 K pour un système CFV-CVS ou ± 11 K pour un système SSV-CVS, voir par. 2.3 de l'appendice 5).

Système PDP-CVS

$$M_{ed} = 1,293 \cdot V_0 \cdot N_p \cdot (p_b - p_1) \cdot 273 / (101,3 \cdot T)$$

où:

- V_0 = volume de gaz déplacé par tour de pompe dans les conditions d'essai, en m^3/tr
- N_p = nombre total de tours de la pompe par essai
- P_b = pression atmosphérique dans la chambre d'essais, en kPa
- P_1 = dépression par rapport à la pression atmosphérique à l'entrée de la pompe, en kPa
- T = température moyenne des gaz d'échappement dilués à l'entrée de la pompe au cours du cycle, en K.

Système CFV-CVS

$$m_{ed} = 1,293 \cdot t \cdot K_v \cdot p_p / T^{0,5}$$

où:

- t = durée du cycle, en secondes
- K_v = coefficient d'étalonnage du venturi-tuyère en régime critique aux conditions normales
- p_p = pression absolue à l'entrée du venturi, en kPa
- T = température absolue à l'entrée du venturi, en K.

Système SSV-CVS

$$m_{ed} = 1,293 \cdot Q_{SSV}$$

où:

$$Q_{SSV} = A_0 d^2 C_d p_p \sqrt{\left[\frac{1}{T} (r_p 14286 - r_p 17143) \cdot \left(\frac{1}{1 - r_d^4 r_p 14286} \right) \right]}$$

et:

A_0 = constantes et facteurs de conversion d'unités

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

d = diamètre du col du SSV, en m

C_d = coefficient de décharge du SSV

p_p = pression absolue à l'entrée du venturi, en kPa

T = température à l'entrée du venturi, en K

r_p = rapport entre les pressions statiques absolues au col et à l'entrée du SSV =
 $1 - \frac{\Delta p}{p_a}$

r_D = rapport entre le diamètre du col du SSV, d , et le diamètre intérieur du tuyau d'admission.

Si un système à compensation de débit est utilisé (c'est-à-dire un système sans échangeur thermique), 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 doit être calculée comme suit:

Pour le système PDP-CVS:

$$m_{ed,i} = 1,293 \cdot V_0 \cdot N_{p,i} \cdot (p_b - p_l) \cdot 273 / (101,3 \cdot T)$$

où:

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

Pour le système CFV-CVS:

$$m_{ed,i} = 1,293 \cdot \Delta t_i \cdot K_V \cdot p_p / T^{0,5}$$

où:

Δt_i = intervalle de temps, en secondes.

Pour le système SSV-CVS:

$$m_{ed,i} = 1,293 \cdot Q_{SSV} \cdot \Delta t_i$$

où:

Δt_i = intervalle de temps, en secondes.

Le calcul en temps effectif doit être initialement effectué, soit avec une valeur plausible de C_d telle que 0,98, soit avec une valeur plausible de Q_{SSV} . Si le calcul est basé sur Q_{SSV} , la valeur initiale de Q_{SSV} doit être utilisée pour évaluer Re .

Au cours de tous les essais de mesure des émissions, le nombre de Reynolds au col du SSV doit être situé dans la plage des nombres de Reynolds utilisés pour établir

la courbe d'étalonnage déterminée conformément au paragraphe 2.4 de l'appendice 5 de la présente annexe.

4.2 Détermination du débit massique de gaz d'échappement bruts

Pour calculer les émissions dans les gaz d'échappement bruts et pour régler un système de dilution du flux partiel, il faut connaître le débit massique des gaz d'échappement. Ce débit peut être déterminé par l'une des méthodes décrites aux paragraphes 4.2.2 à 4.2.5 du présent appendice.

4.2.1 Temps de réponse

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 au paragraphe 1.5 de l'appendice 5 de la présente annexe.

Pour le réglage d'un système de dilution du flux partiel un temps de réponse court est nécessaire. Dans le cas d'un système de dilution du flux partiel avec réglage en ligne, le temps de réponse doit être $\leq 0,3$ s. Dans le cas d'un système de dilution du flux partiel avec réglage prédictif sur la base d'un essai préenregistré, le temps de réponse du système de mesure du débit des gaz d'échappement doit être ≤ 5 s, avec un temps de montée ≤ 1 s. Le temps de réponse du système doit être spécifié par le fabricant de l'appareil. Les exigences en matière de temps de réponse combiné pour le débit des gaz d'échappement et le système de dilution du flux partiel sont indiquées au paragraphe 3.8.3.2.

4.2.2 Méthode de mesure directe

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

- a) un appareil déprimogène, comme une tuyère;
- b) un débitmètre à ultrasons;
- c) un débitmètre à vortex.

Des précautions doivent être prises pour éviter des erreurs de mesure qui entraîneraient des erreurs sur les valeurs d'émissions. On doit veiller notamment à installer soigneusement l'appareil dans le système d'échappement du moteur, conformément aux recommandations du fabricant de l'appareil et aux règles de l'art. En particulier, les performances et les émissions du moteur ne doivent pas être modifiées par l'installation de l'appareil.

La justesse de la détermination du débit des gaz d'échappement doit être d'au moins $\pm 2,5$ % du relevé ou $\pm 1,5$ % de la valeur maximale du moteur, la valeur la plus élevée étant retenue.

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

Pour mesurer le débit d'air et le débit de carburant, on utilise des débitmètres qui satisfont aux exigences de justesse du paragraphe 4.2.2 pour le débit total des gaz d'échappement. Le débit des gaz d'échappement se calcule comme suit:

$$q_{mew} = q_{maw} + q_{mf}$$

4.2.4 Méthode de mesure avec un gaz témoin

Il s'agit de mesurer la concentration d'un gaz témoin dans les gaz d'échappement. Une quantité connue d'un gaz inerte (hélium pur, par exemple) est injectée en tant que gaz témoin dans le débit de gaz d'échappement. Le gaz témoin 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 le prélèvement de gaz d'échappement.

Pour assurer un mélange parfait du gaz témoin, la sonde de prélèvement de gaz d'échappement doit se trouver à au moins 1 m ou 30 fois le diamètre du tuyau d'échappement, la valeur la plus élevée étant retenue, en aval du point d'injection du gaz témoin. Cette distance peut être réduite à condition de vérifier que le mélange est parfait en comparant la concentration de gaz témoin à la concentration de référence lorsque le gaz est injecté en amont du moteur.

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

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

$$q_{mew,i} = \frac{q_{vt} \cdot \rho_e}{60 \cdot (c_{mix,i} - c_b)}$$

où:

- $q_{mew,i}$ = débit massique instantané de gaz d'échappement, en kg/s
- q_{vt} = débit du gaz témoin, en cm³/min
- $c_{mix,i}$ = concentration instantanée de gaz témoin après mélange, en ppm

- ρ_e = masse volumique de gaz d'échappement, en kg/m³ (voir tableau 6)
 c_b = concentration ambiante du gaz témoin dans l'air d'admission, en ppm.

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

L'ensemble du système doit être conforme aux spécifications de justesse pour le débit de gaz d'échappement et doit être étalonné conformément au paragraphe 1.7 de l'appendice 5 de la présente annexe.

4.2.5 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:

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} \cdot \left(1 + \frac{1}{A/F_{st} \cdot \lambda_i} \right)$$

et:

$$A/F_{st} = \frac{138,0 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma \right)}{12,011 + 1,00794 \cdot \alpha + 15,9994 \cdot \varepsilon + 14,0067 \cdot \delta + 32,065 \cdot \gamma}$$

$$\lambda_i = \frac{\left(100 - \frac{c_{COd} \cdot 10^{-4}}{2} - c_{HCw} \cdot 10^{-4} \right) + \left(\frac{\alpha}{4} \times \frac{1 - \frac{2 \cdot c_{COd} \cdot 10^{-4}}{3,5 \cdot c_{CO2d}} - \frac{\varepsilon}{2} - \frac{\delta}{2}}{1 + \frac{c_{CO} \cdot 10^{-4}}{3,5 \cdot c_{CO2d}}} \right) \cdot (c_{CO2d} + c_{COd} \times 10^{-4})}{4,764 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma \right) \cdot (c_{CO2d} + c_{COd} \cdot 10^{-4} + c_{HCw} \cdot 10^{-4})}$$

où:

- A/F_{st} = rapport air/carburant stœchiométrique, en kg/kg
 λ = rapport d'excès d'air
 c_{CO2} = concentration de CO₂ (conditions sèches), en %
 c_{CO} = concentration de CO (conditions sèches), en ppm
 c_{HC} = concentration de HC, en ppm.

Le débitmètre d'air doit être conforme aux prescriptions de justesse du paragraphe 2.2 de l'appendice 4 de la présente annexe, l'analyseur de CO₂ utilisé doit être conforme aux prescriptions du paragraphe 3.3.2 de l'appendice 4 et l'ensemble du système doit être conforme aux prescriptions de justesse pour le débit de gaz d'échappement.

À titre optionnel, 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 dioxyde de zirconium, conformément aux prescriptions du paragraphe 3.3.6 de l'appendice 4 de la présente annexe.

5. CALCUL DES ÉMISSIONS GAZEUSES

5.1 Évaluation des résultats

Pour l'évaluation des émissions gazeuses dans les gaz d'échappement dilués, les concentrations des polluants (HC, CO et NO_x) et le débit massique des gaz d'échappement dilués sont relevés conformément au paragraphe 3.8.2.1 et mémorisés sur système informatique. 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.

Pour l'évaluation des émissions gazeuses dans les gaz d'échappement bruts, les concentrations des polluants (HC, CO et NO_x) et le débit massique des gaz d'échappement sont relevés conformément au paragraphe 3.8.2.2 et mémorisés sur système informatique. 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.

5.2 Correction conditions sèches/conditions humides

Si la concentration est mesurée en conditions sèches, elle est convertie en valeurs rapportées à des conditions humides à l'aide de la formule suivante. Pour la mesure en continu, la conversion est appliquée à chaque mesure instantanée avant tout autre calcul.

$$c_w = k_w \cdot c_d$$

Les équations de conversion du paragraphe 5.2 de l'appendice 1 de la présente annexe sont appliquées.

5.3 Correction des émissions de NO_x en fonction de l'humidité et de la température

Étant donné que les émissions de NO_x dépendent des conditions atmosphériques ambiantes, la concentration de NO_x doit être corrigée en fonction de la température et de l'humidité de l'air ambiant en appliquant les facteurs indiqués au paragraphe 5.3 de l'appendice 1 de la présente annexe. Les facteurs sont valides dans la plage comprise entre 0 et 25 g/kg d'air sec.

5.4 Calcul des débits massiques de polluants

La masse de polluants sur la durée du cycle (g/essai) est calculée comme suit, en fonction de la méthode de mesure appliquée. Si elles ne sont pas d'emblée mesurées en conditions humides, les concentrations mesurées doivent être converties en valeurs rapportées à des conditions humides conformément au paragraphe 5.2 de l'appendice 1 de la présente annexe. Le tableau 6 de l'appendice 1 de la présente

annexe donne les valeurs u à appliquer pour des constituants sélectionnés sur la base des propriétés de gaz idéaux et des carburants pertinents pour le présent Règlement.

a) Pour les gaz d'échappement bruts:

$$m_{\text{gas}} = u_{\text{gas}} \cdot \sum_{i=1}^{i=n} c_{\text{gas},i} \cdot q_{\text{mew},i} \cdot \frac{1}{f}$$

où:

- u_{gas} = rapport entre la densité du constituant des gaz d'échappement et la densité des gaz d'échappement, tiré du tableau 6
- $c_{\text{gas},i}$ = concentration instantanée du constituant dans les gaz d'échappement bruts, en ppm
- $q_{\text{mew},i}$ = débit massique instantané des gaz d'échappement, en kg/s
- f = fréquence d'échantillonnage, en Hz
- n = nombre de mesures.

b) Pour les gaz d'échappement dilués sans compensation de débit:

$$m_{\text{gas}} = u_{\text{gas}} \cdot c_{\text{gas}} \cdot m_{\text{ed}}$$

où:

- u_{gas} = rapport entre la densité du constituant des gaz d'échappement et la densité de l'air, tiré du tableau 6
- c_{gas} = concentration ambiante corrigée moyenne du constituant, en ppm
- m_{ed} = masse totale de gaz d'échappement dilués sur la durée du cycle, en kg.

c) Pour les gaz d'échappement dilués avec compensation de débit:

$$m_{\text{gas}} = \left[u_{\text{gas}} \cdot \sum_{i=1}^{i=n} \left(c_{e,i} \cdot q_{\text{mew},i} \cdot \frac{1}{f} \right) \right] - \left[(m_{\text{ed}} \cdot c_d \cdot (1 \times 1/D)) \cdot u_{\text{gas}} \right]$$

où:

- $c_{e,i}$ = concentration instantanée du constituant mesurée dans les gaz d'échappement dilués, en ppm
- c_d = concentration du constituant mesurée dans l'air de dilution, en ppm
- $q_{\text{mew},i}$ = débit massique instantané de gaz d'échappement dilués, en kg/s
- m_{ed} = masse totale de gaz d'échappement dilués sur la durée du cycle, en kg
- u_{gas} = rapport entre la densité du constituant des gaz d'échappement et la densité de l'air, tiré du tableau 6
- D = facteur de dilution (voir par. 5.4.1).

S'il y a lieu, la concentration de HCNM (hydrocarbures non méthaniques) et de CH_4 est calculée par l'une des méthodes indiquées au paragraphe 3.3.4 de l'appendice 4 de la présente annexe, comme suit:

a) Méthode GC (système de dilution du flux total uniquement):

$$c_{NMHC} = c_{HC} - c_{CH4}$$

b) Méthode NMC (convertisseur de HCNM):

$$c_{NMHC} = \frac{c_{HC(w/oCutter)} \cdot (1 - E_M) - c_{HC(w/Cutter)}}{E_E - E_M}$$

$$c_{CH4} = \frac{c_{HC(w/Cutter)} - c_{HC(w/oCutter)} \cdot (1 - E_E)}{E_E - E_M}$$

où:

$c_{HC(w/Cutter)}$ = concentration de HC lorsque le gaz prélevé traverse le convertisseur

$c_{HC(w/oCutter)}$ = concentration de HC lorsque le gaz prélevé ne traverse pas le convertisseur.

5.4.1 Détermination des concentrations ambiantes corrigées (système de dilution du flux total uniquement)

La concentration initiale 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 des concentrations initiales peuvent être déterminées par la méthode des sacs de collecte ou par mesure continue avec intégration. La formule suivante est utilisée:

$$c = c_e - c_d \cdot (1 - (1/D))$$

où:

c_e = concentration du polluant mesurée dans les gaz d'échappement dilués, en ppm

c_d = concentration du polluant mesurée dans l'air de dilution, en ppm

D = facteur de dilution.

Le facteur de dilution doit être calculé comme suit:

a) pour les moteurs diesel et moteurs à gaz fonctionnant au GPL:

$$D = \frac{F_s}{c_{CO2} + (c_{HC} + c_{CO}) \cdot 10^{-4}}$$

b) pour les moteurs à gaz fonctionnant au gaz naturel:

$$D = \frac{F_s}{c_{CO2,e} + (c_{NMHC,e} + c_{CO,e}) \cdot 10^{-4}}$$

où:

c_{CO_2} = concentration de CO_2 dans les gaz d'échappement dilués, en % vol.
 c_{HC} = concentration de HC dans les gaz d'échappement dilués, en ppm Cl
 c_{NMHC} = concentration de NMHC dans les gaz d'échappement dilués, en ppm Cl
 c_{CO} = concentration de CO dans les gaz d'échappement dilués, en ppm
 F_s = facteur stœchiométrique.

Les concentrations mesurées en conditions sèches doivent être converties en valeurs rapportées à des conditions humides conformément au point 5.2 de l'appendice 1 de la présente annexe.

Le facteur stœchiométrique est calculé comme suit:

$$F_s = 100 \cdot \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{2} + 3,76 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\epsilon}{2}\right)}$$

où:

α, ϵ = rapports molaires se rapportant à un carburant $C H_\alpha O_\epsilon$.

À titre de variante, les facteurs stœchiométriques suivants peuvent être appliqués si la composition du carburant n'est pas connue:

F_s (diesel) = 13,4

F_s (GPL) = 11,6

F_s (gaz naturel) = 9,5.

5.5 Calcul des émissions spécifiques

Les émissions (g/kWh) doivent être calculées comme suit:

a) Tous les constituants, sauf NO_x :

$$M_{\text{gas}} = \frac{m_{\text{gas}}}{W_{\text{act}}}$$

b) NO_x :

$$M_{\text{gas}} = \frac{m_{\text{gas}} \cdot k_h}{W_{\text{act}}}$$

où:

W_{act} = travail du cycle effectif déterminé conformément au paragraphe 3.9.2.

- 5.5.1 Dans le cas d'un système de traitement aval à régénération périodique des gaz d'échappement, les émissions sont pondérées comme suit:

$$\overline{M_{Gas}} = (n1 \cdot \overline{M_{Gas, n1}} + n2 \cdot \overline{M_{Gas, n2}}) / (n1 + n2)$$

où:

n1 = nombre d'essais ETC entre deux régénérations
n2 = nombre d'essais ETC au cours d'une régénération (minimum un essai ETC)
M_{gas,n2} = émissions au cours d'une régénération
M_{gas,n1} = émissions après une régénération.

6. CALCUL DES ÉMISSIONS DE PARTICULES (LE CAS ÉCHÉANT)

6.1 Évaluation des résultats

Le filtre à particules est ramené dans la chambre de pesée une heure au plus tard après la fin de l'essai. Il est conditionné dans une boîte de Pétri partiellement couverte protégée contre la poussière pendant au moins une heure, et au plus quatre-vingt heures, puis il est pesé. Le poids brut des filtres est enregistré et la tare soustraite, ce qui donne la masse m_f des particules collectées. Pour l'évaluation de la concentration de particules, la masse totale du prélèvement (m_{sep}) traversant les filtres sur l'ensemble du cycle d'essai est enregistrée.

Si une correction pour concentration ambiante doit être appliquée pour l'air de dilution, la masse de l'air de dilution (m_d) traversant le filtre et la masse de particules (m_{f,d}) doivent être enregistrées.

6.2 Calcul du débit massique

6.2.1 Système de dilution du flux total

La masse de particules (g/essai) est calculée comme suit:

$$m_{PT} = \frac{m_f}{m_{sep}} \cdot \frac{m_{ed}}{1\,000}$$

où:

m_f = masse de particules prélevée sur la durée du cycle, en mg
m_{sep} = masse de gaz d'échappement dilués traversant les filtres à particules, en kg
m_{ed} = masse de gaz d'échappement dilués sur la durée du cycle, en kg.

Si un système à double dilution est utilisé, la masse de l'air de dilution secondaire doit être soustraite de la masse totale de gaz d'échappement doublement dilués qui a été prélevée à travers les filtres à particules.

$$m_{sep} = m_{set} - m_{ssd}$$

où:

m_{set} = masse de gaz d'échappement doublement dilués traversant le filtre à particules, en kg

m_{ssd} = masse de l'air de dilution secondaire, en kg.

Si le niveau ambiant de particules dans l'air de dilution est déterminé conformément au paragraphe 3.4, la masse de particules peut faire l'objet d'une correction pour concentration ambiante. Dans ce cas, la masse de particules (g/essai) est calculée comme suit:

$$m_{\text{PT}} = \left[\frac{m_f}{m_{\text{sep}}} - \left(\frac{m_d}{m_{f,d}} \cdot \left(1 - \frac{1}{D} \right) \right) \right] \cdot \frac{m_{\text{ed}}}{1\,000}$$

où:

m_{PT} , m_{sep} , m_{ed} = voir ci-dessus

m_d = masse de l'air de dilution primaire prélevée par le système de prélèvement des particules ambiantes de l'air de dilution, en kg

$m_{f,d}$ = masse de particules ambiantes collectées dans l'air de dilution primaire, en mg

D = facteur de dilution tel qu'il est déterminé au paragraphe 5.4.1.

6.2.2 Système de dilution du flux partiel

La masse de particules (g/essai) est calculée par l'une ou l'autre des méthodes suivantes.

$$a) \quad m_{\text{PT}} = \frac{m_f}{m_{\text{sep}}} \cdot \frac{m_{\text{edf}}}{1\,000}$$

où:

m_f = masse de particules prélevées sur la durée du cycle, en mg

m_{sep} = masse de gaz d'échappement dilués traversant les filtres à particules, en kg

m_{edf} = masse de gaz d'échappement dilués équivalents sur la durée du cycle, en kg.

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

$$m_{\text{edf}} = \sum_{i=1}^{i=n} q_{\text{medf},i} \cdot \frac{1}{f}$$

$$q_{\text{medf},i} = q_{\text{mew},i} \cdot r_{d,i}$$

$$r_{d,i} = \frac{q_{\text{mdew},i}}{(q_{\text{mdew},i} - q_{\text{mdw},i})}$$

où:

$q_{\text{medf},i}$ = débit massique instantané de gaz d'échappement dilués équivalents, en kg/s

$q_{\text{mew},i}$ = débit massique instantané de gaz d'échappement, en kg/s

$r_{d,i}$ = taux de dilution instantané
 $q_{mdew,i}$ = débit massique instantané de gaz d'échappement dilués dans le tunnel de dilution, en kg/s
 $q_{mdw,i}$ = débit massique instantané de l'air de dilution, en kg/s
 f = fréquence d'échantillonnage, en Hz
 n = nombre de mesures.

$$b) \quad m_{PT} = m_f / (r_s \cdot 1\,000)$$

où:

m_f = masse de particules prélevées sur la durée du cycle, en mg
 r_s = taux de prélèvement moyen sur la durée du cycle d'essai.

et:

$$r_s = \frac{m_{se}}{m_{ew}} \cdot \frac{m_{sep}}{m_{sed}}$$

où:

m_{se} = masse du prélèvement sur la durée du cycle, en kg
 m_{ew} = débit massique total de gaz d'échappement sur la durée du cycle, en kg
 m_{sep} = masse de gaz d'échappement dilués traversant les filtres à particules, en kg
 m_{sed} = masse de gaz d'échappement dilués passant dans le tunnel de dilution, en kg.

Note: dans le cas d'un système à prélèvement total, m_{sep} et M_{sed} sont identiques.

6.3 Calcul des émissions spécifiques

Les émissions de particules (g/kWh) sont calculées comme suit:

$$M_{PT} = \frac{m_{PT}}{W_{act}}$$

où:

W_{act} = travail du cycle effectif déterminé conformément au paragraphe 3.9.2,
 en kWh.

6.3.1 Dans le cas d'un système de traitement aval à régénération périodique, les émissions sont pondérées comme suit:

$$\overline{PT} = (n1 \cdot \overline{PT_{n1}} + n2 \cdot \overline{PT_{n2}}) / (n1 + n2)$$

où:

$n1$ = nombre d'essais ETC entre deux régénérations
 $n2$ = nombre d'essais ETC au cours d'une régénération (minimum un essai ETC)
 $\overline{PT_{n2}}$ = émissions au cours d'une régénération
 $\overline{PT_{n1}}$ = nombre d'essais ETC au cours d'une régénération (minimum un essai ETC).

Appendice 3

FICHE DE PROGRAMMATION DU DYNAMOMÈTRE POUR L'ESSAI ETC

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0
9	0	0
10	0	0
11	0	0
12	0	0
13	0	0
14	0	0
15	0	0
16	0,1	1,5
17	23,1	21,5
18	12,6	28,5
19	21,8	71
20	19,7	76,8
21	54,6	80,9
22	71,3	4,9
23	55,9	18,1
24	72	85,4
25	86,7	61,8
26	51,7	0
27	53,4	48,9
28	34,2	87,6
29	45,5	92,7
30	54,6	99,5
31	64,5	96,8
32	71,7	85,4
33	79,4	54,8
34	89,7	99,4

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
35	57,4	0
36	59,7	30,6
37	90,1	«m»
38	82,9	«m»
39	51,3	«m»
40	28,5	«m»
41	29,3	«m»
42	26,7	«m»
43	20,4	«m»
44	14,1	0
45	6,5	0
46	0	0
47	0	0
48	0	0
49	0	0
50	0	0
51	0	0
52	0	0
53	0	0
54	0	0
55	0	0
56	0	0
57	0	0
58	0	0
59	0	0
60	0	0
61	0	0
62	25,5	11,1
63	28,5	20,9
64	32	73,9
65	4	82,3
66	34,5	80,4
67	64,1	86
68	58	0
69	50,3	83,4
70	66,4	99,1
71	81,4	99,6

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
72	88,7	73,4
73	52,5	0
74	46,4	58,5
75	48,6	90,9
76	55,2	99,4
77	62,3	99
78	68,4	91,5
79	74,5	73,7
80	38	0
81	41,8	89,6
82	47,1	99,2
83	52,5	99,8
84	56,9	80,8
85	58,3	11,8
86	56,2	«m»
87	52	«m»
88	43,3	«m»
89	36,1	«m»
90	27,6	«m»
91	21,1	«m»
92	8	0
93	0	0
94	0	0
95	0	0
96	0	0
97	0	0
98	0	0
99	0	0
100	0	0
101	0	0
102	0	0
103	0	0
104	0	0
105	0	0
106	0	0
107	0	0
108	11,6	14,8

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
109	0	0
110	27,2	74,8
111	17	76,9
112	36	78
113	59,7	86
114	80,8	17,9
115	49,7	0
116	65,6	86
117	78,6	72,2
118	64,9	«m»
119	44,3	«m»
120	51,4	83,4
121	58,1	97
122	69,3	99,3
123	72	20,8
124	72,1	«m»
125	65,3	«m»
126	64	«m»
127	59,7	«m»
128	52,8	«m»
129	45,9	«m»
130	38,7	«m»
131	32,4	«m»
132	27	«m»
133	21,7	«m»
134	19,1	0,4
135	34,7	14
136	16,4	48,6
137	0	11,2
138	1,2	2,1
139	30,1	19,3
140	30	73,9
141	54,4	74,4
142	77,2	55,6
143	58,1	0
144	45	82,1
145	68,7	98,1

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
146	85,7	67,2
147	60,2	0
148	59,4	98
149	72,7	99,6
150	79,9	45
151	44,3	0
152	41,5	84,4
153	56,2	98,2
154	65,7	99,1
155	74,4	84,7
156	54,4	0
157	47,9	89,7
158	54,5	99,5
159	62,7	96,8
160	62,3	0
161	46,2	54,2
162	44,3	83,2
163	48,2	13,3
164	51	«m»
165	50	«m»
166	49,2	«m»
167	49,3	«m»
168	49,9	«m»
169	51,6	«m»
170	49,7	«m»
171	48,5	«m»
172	50,3	72,5
173	51,1	84,5
174	54,6	64,8
175	56,6	76,5
176	58	«m»
177	53,6	«m»
178	40,8	«m»
179	32,9	«m»
180	26,3	«m»
181	20,9	«m»
182	10	0

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
183	0	0
184	0	0
185	0	0
186	0	0
187	0	0
188	0	0
189	0	0
190	0	0
191	0	0
192	0	0
193	0	0
194	0	0
195	0	0
196	0	0
197	0	0
198	0	0
199	0	0
200	0	0
201	0	0
202	0	0
203	0	0
204	0	0
205	0	0
206	0	0
207	0	0
208	0	0
209	0	0
210	0	0
211	0	0
212	0	0
213	0	0
214	0	0
215	0	0
216	0	0
217	0	0
218	0	0
219	0	0

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
220	0	0
221	0	0
222	0	0
223	0	0
224	0	0
225	21,2	62,7
226	30,8	75,1
227	5,9	82,7
228	34,6	80,3
229	59,9	87
230	84,3	86,2
231	68,7	«m»
232	43,6	«m»
233	41,5	85,4
234	49,9	94,3
235	60,8	99
236	70,2	99,4
237	81,1	92,4
238	49,2	0
239	56	86,2
240	56,2	99,3
241	61,7	99
242	69,2	99,3
243	74,1	99,8
244	72,4	8,4
245	71,3	0
246	71,2	9,1
247	67,1	«m»
248	65,5	«m»
249	64,4	«m»
250	62,9	25,6
251	62,2	35,6
252	62,9	24,4
253	58,8	«m»
254	56,9	«m»
255	54,5	«m»
256	51,7	17

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
257	56,2	78,7
258	59,5	94,7
259	65,5	99,1
260	71,2	99,5
261	76,6	99,9
262	79	0
263	52,9	97,5
264	53,1	99,7
265	59	99,1
266	62,2	99
267	65	99,1
268	69	83,1
269	69,9	28,4
270	70,6	12,5
271	68,9	8,4
272	69,8	9,1
273	69,6	7
274	65,7	«m»
275	67,1	«m»
276	66,7	«m»
277	65,6	«m»
278	64,5	«m»
279	62,9	«m»
280	59,3	«m»
281	54,1	«m»
282	51,3	«m»
283	47,9	«m»
284	43,6	«m»
285	39,4	«m»
286	34,7	«m»
287	29,8	«m»
288	20,9	73,4
289	36,9	«m»
290	35,5	«m»
291	20,9	«m»
292	49,7	11,9
293	42,5	«m»

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
294	32	«m»
295	23,6	«m»
296	19,1	0
297	15,7	73,5
298	25,1	76,8
299	34,5	81,4
300	44,1	87,4
301	52,8	98,6
302	63,6	99
303	73,6	99,7
304	62,2	«m»
305	29,2	«m»
306	46,4	22
307	47,3	13,8
308	47,2	12,5
309	47,9	11,5
310	47,8	35,5
311	49,2	83,3
312	52,7	96,4
313	57,4	99,2
314	61,8	99
315	66,4	60,9
316	65,8	«m»
317	59	«m»
318	50,7	«m»
319	41,8	«m»
320	34,7	«m»
321	28,7	«m»
322	25,2	«m»
323	43	24,8
324	38,7	0
325	48,1	31,9
326	40,3	61
327	42,4	52,1
328	46,4	47,7
329	46,9	30,7
330	46,1	23,1

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
331	45,7	23,2
332	45,5	31,9
333	46,4	73,6
334	51,3	60,7
335	51,3	51,1
336	53,2	46,8
337	53,9	50
338	53,4	52,1
339	53,8	45,7
340	50,6	22,1
341	47,8	26
342	41,6	17,8
343	38,7	29,8
344	35,9	71,6
345	34,6	47,3
346	34,8	80,3
347	35,9	87,2
348	38,8	90,8
349	41,5	94,7
350	47,1	99,2
351	53,1	99,7
352	46,4	0
353	42,5	0,7
354	43,6	58,6
355	47,1	87,5
356	54,1	99,5
357	62,9	99
358	72,6	99,6
359	82,4	99,5
360	88	99,4
361	46,4	0
362	53,4	95,2
363	58,4	99,2
364	61,5	99
365	64,8	99
366	68,1	99,2
367	73,4	99,7

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
368	73,3	29,8
369	73,5	14,6
370	68,3	0
371	45,4	49,9
372	47,2	75,7
373	44,5	9
374	47,8	10,3
375	46,8	15,9
376	46,9	12,7
377	46,8	8,9
378	46,1	6,2
379	46,1	«m»
380	45,5	«m»
381	44,7	«m»
382	43,8	«m»
383	41	«m»
384	41,1	6,4
385	38	6,3
386	35,9	0,3
387	33,5	0
388	53,1	48,9
389	48,3	«m»
390	49,9	«m»
391	48	«m»
392	45,3	«m»
393	41,6	3,1
394	44,3	79
395	44,3	89,5
396	43,4	98,8
397	44,3	98,9
398	43	98,8
399	42,2	98,8
400	42,7	98,8
401	45	99
402	43,6	98,9
403	42,2	98,8
404	44,8	99

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
405	43,4	98,8
406	45	99
407	42,2	54,3
408	61,2	31,9
409	56,3	72,3
410	59,7	99,1
411	62,3	99
412	67,9	99,2
413	69,5	99,3
414	73,1	99,7
415	77,7	99,8
416	79,7	99,7
417	82,5	99,5
418	85,3	99,4
419	86,6	99,4
420	89,4	99,4
421	62,2	0
422	52,7	96,4
423	50,2	99,8
424	49,3	99,6
425	52,2	99,8
426	51,3	100
427	51,3	100
428	51,1	100
429	51,1	100
430	51,8	99,9
431	51,3	100
432	51,1	100
433	51,3	100
434	52,3	99,8
435	52,9	99,7
436	53,8	99,6
437	51,7	99,9
438	53,5	99,6
439	52	99,8
440	51,7	99,9
441	53,2	99,7

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
442	54,2	99,5
443	55,2	99,4
444	53,8	99,6
445	53,1	99,7
446	55	99,4
447	57	99,2
448	61,5	99
449	59,4	5,7
450	59	0
451	57,3	59,8
452	64,1	99
453	70,9	90,5
454	58	0
455	41,5	59,8
456	44,1	92,6
457	46,8	99,2
458	47,2	99,3
459	51	100
460	53,2	99,7
461	53,1	99,7
462	55,9	53,1
463	53,9	13,9
464	52,5	«m»
465	51,7	«m»
466	51,5	52,2
467	52,8	80
468	54,9	95
469	57,3	99,2
470	60,7	99,1
471	62,4	«m»
472	60,1	«m»
473	53,2	«m»
474	44	«m»
475	35,2	«m»
476	30,5	«m»
477	26,5	«m»
478	22,5	«m»

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
479	20,4	«m»
480	19,1	«m»
481	19,1	«m»
482	13,4	«m»
483	6,7	«m»
484	3,2	«m»
485	14,3	63,8
486	34,1	0
487	23,9	75,7
488	31,7	79,2
489	32,1	19,4
490	35,9	5,8
491	36,6	0,8
492	38,7	«m»
493	38,4	«m»
494	39,4	«m»
495	39,7	«m»
496	40,5	«m»
497	40,8	«m»
498	39,7	«m»
499	39,2	«m»
500	38,7	«m»
501	32,7	«m»
502	30,1	«m»
503	21,9	«m»
504	12,8	0
505	0	0
506	0	0
507	0	0
508	0	0
509	0	0
510	0	0
511	0	0
512	0	0
513	0	0
514	30,5	25,6
515	19,7	56,9

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
516	16,3	45,1
517	27,2	4,6
518	21,7	1,3
519	29,7	28,6
520	36,6	73,7
521	61,3	59,5
522	40,8	0
523	36,6	27,8
524	39,4	80,4
525	51,3	88,9
526	58,5	11,1
527	60,7	«m»
528	54,5	«m»
529	51,3	«m»
530	45,5	«m»
531	40,8	«m»
532	38,9	«m»
533	36,6	«m»
534	36,1	72,7
535	44,8	78,9
536	51,6	91,1
537	59,1	99,1
538	66	99,1
539	75,1	99,9
540	81	8
541	39,1	0
542	53,8	89,7
543	59,7	99,1
544	64,8	99
545	70,6	96,1
546	72,6	19,6
547	72	6,3
548	68,9	0,1
549	67,7	«m»
550	66,8	«m»
551	64,3	16,9
552	64,9	7

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
553	63,6	12,5
554	63	7,7
555	64,4	38,2
556	63	11,8
557	63,6	0
558	63,3	5
559	60,1	9,1
560	61	8,4
561	59,7	0,9
562	58,7	«m»
563	56	«m»
564	53,9	«m»
565	52,1	«m»
566	49,9	«m»
567	46,4	«m»
568	43,6	«m»
569	40,8	«m»
570	37,5	«m»
571	27,8	«m»
572	17,1	0,6
573	12,2	0,9
574	11,5	1,1
575	8,7	0,5
576	8	0,9
577	5,3	0,2
578	4	0
579	3,9	0
580	0	0
581	0	0
582	0	0
583	0	0
584	0	0
585	0	0
586	0	0
587	8,7	22,8
588	16,2	49,4
589	23,6	56

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
590	21,1	56,1
591	23,6	56
592	46,2	68,8
593	68,4	61,2
594	58,7	«m»
595	31,6	«m»
596	19,9	8,8
597	32,9	70,2
598	43	79
599	57,4	98,9
600	72,1	73,8
601	53	0
602	48,1	86
603	56,2	99
604	65,4	98,9
605	72,9	99,7
606	67,5	«m»
607	39	«m»
608	41,9	38,1
609	44,1	80,4
610	46,8	99,4
611	48,7	99,9
612	50,5	99,7
613	52,5	90,3
614	51	1,8
615	50	«m»
616	49,1	«m»
617	47	«m»
618	43,1	«m»
619	39,2	«m»
620	40,6	0,5
621	41,8	53,4
622	44,4	65,1
623	48,1	67,8
624	53,8	99,2
625	58,6	98,9
626	63,6	98,8

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
627	68,5	99,2
628	72,2	89,4
629	77,1	0
630	57,8	79,1
631	60,3	98,8
632	61,9	98,8
633	63,8	98,8
634	64,7	98,9
635	65,4	46,5
636	65,7	44,5
637	65,6	3,5
638	49,1	0
639	50,4	73,1
640	50,5	«m»
641	51	«m»
642	49,4	«m»
643	49,2	«m»
644	48,6	«m»
645	47,5	«m»
646	46,5	«m»
647	46	11,3
648	45,6	42,8
649	47,1	83
650	46,2	99,3
651	47,9	99,7
652	49,5	99,9
653	50,6	99,7
654	51	99,6
655	53	99,3
656	54,9	99,1
657	55,7	99
658	56	99
659	56,1	9,3
660	55,6	«m»
661	55,4	«m»
662	54,9	51,3
663	54,9	59,8

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
664	54	39,3
665	53,8	«m»
666	52	«m»
667	50,4	«m»
668	50,6	0
669	49,3	41,7
670	50	73,2
671	50,4	99,7
672	51,9	99,5
673	53,6	99,3
674	54,6	99,1
675	56	99
676	55,8	99
677	58,4	98,9
678	59,9	98,8
679	60,9	98,8
680	63	98,8
681	64,3	98,9
682	64,8	64
683	65,9	46,5
684	66,2	28,7
685	65,2	1,8
686	65	6,8
687	63,6	53,6
688	62,4	82,5
689	61,8	98,8
690	59,8	98,8
691	59,2	98,8
692	59,7	98,8
693	61,2	98,8
694	62,2	49,4
695	62,8	37,2
696	63,5	46,3
697	64,7	72,3
698	64,7	72,3
699	65,4	77,4
700	66,1	69,3

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
701	64,3	«m»
702	64,3	«m»
703	63	«m»
704	62,2	«m»
705	61,6	«m»
706	62,4	«m»
707	62,2	«m»
708	61	«m»
709	58,7	«m»
710	55,5	«m»
711	51,7	«m»
712	49,2	«m»
713	48,8	40,4
714	47,9	«m»
715	46,2	«m»
716	45,6	9,8
717	45,6	34,5
718	45,5	37,1
719	43,8	«m»
720	41,9	«m»
721	41,3	«m»
722	41,4	«m»
723	41,2	«m»
724	41,8	«m»
725	41,8	«m»
726	43,2	17,4
727	45	29
728	44,2	«m»
729	43,9	«m»
730	38	10,7
731	56,8	«m»
732	57,1	«m»
733	52	«m»
734	44,4	«m»
735	40,2	«m»
736	39,2	16,5
737	38,9	73,2

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
738	39,9	89,8
739	42,3	98,6
740	43,7	98,8
741	45,5	99,1
742	45,6	99,2
743	48,1	99,7
744	49	100
745	49,8	99,9
746	49,8	99,9
747	51,9	99,5
748	52,3	99,4
749	53,3	99,3
750	52,9	99,3
751	54,3	99,2
752	55,5	99,1
753	56,7	99
754	61,7	98,8
755	64,3	47,4
756	64,7	1,8
757	66,2	«m»
758	49,1	«m»
759	52,1	46
760	52,6	61
761	52,9	0
762	52,3	20,4
763	54,2	56,7
764	55,4	59,8
765	56,1	49,2
766	56,8	33,7
767	57,2	96
768	58,6	98,9
769	59,5	98,8
770	61,2	98,8
771	62,1	98,8
772	62,7	98,8
773	62,8	98,8
774	64	98,9

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
775	63,2	46,3
776	62,4	«m»
777	60,3	«m»
778	58,7	«m»
779	57,2	«m»
780	56,1	«m»
781	56	9,3
782	55,2	26,3
783	54,8	42,8
784	55,7	47,1
785	56,6	52,4
786	58	50,3
787	58,6	20,6
788	58,7	«m»
789	59,3	«m»
790	58,6	«m»
791	60,5	9,7
792	59,2	9,6
793	59,9	9,6
794	59,6	9,6
795	59,9	6,2
796	59,9	9,6
797	60,5	13,1
798	60,3	20,7
799	59,9	31
800	60,5	42
801	61,5	52,5
802	60,9	51,4
803	61,2	57,7
804	62,8	98,8
805	63,4	96,1
806	64,6	45,4
807	64,1	5
808	63	3,2
809	62,7	14,9
810	63,5	35,8
811	64,1	73,3

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
812	64,3	37,4
813	64,1	21
814	63,7	21
815	62,9	18
816	62,4	32,7
817	61,7	46,2
818	59,8	45,1
819	57,4	43,9
820	54,8	42,8
821	54,3	65,2
822	52,9	62,1
823	52,4	30,6
824	50,4	«m»
825	48,6	«m»
826	47,9	«m»
827	46,8	«m»
828	46,9	9,4
829	49,5	41,7
830	50,5	37,8
831	52,3	20,4
832	54,1	30,7
833	56,3	41,8
834	58,7	26,5
835	57,3	«m»
836	59	«m»
837	59,8	«m»
838	60,3	«m»
839	61,2	«m»
840	61,8	«m»
841	62,5	«m»
842	62,4	«m»
843	61,5	«m»
844	63,7	«m»
845	61,9	«m»
846	61,6	29,7
847	60,3	«m»
848	59,2	«m»

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
849	57,3	«m»
850	52,3	«m»
851	49,3	«m»
852	47,3	«m»
853	46,3	38,8
854	46,8	35,1
855	46,6	«m»
856	44,3	«m»
857	43,1	«m»
858	42,4	2,1
859	41,8	2,4
860	43,8	68,8
861	44,6	89,2
862	46	99,2
863	46,9	99,4
864	47,9	99,7
865	50,2	99,8
866	51,2	99,6
867	52,3	99,4
868	53	99,3
869	54,2	99,2
870	55,5	99,1
871	56,7	99
872	57,3	98,9
873	58	98,9
874	60,5	31,1
875	60,2	«m»
876	60,3	«m»
877	60,5	6,3
878	61,4	19,3
879	60,3	1,2
880	60,5	2,9
881	61,2	34,1
882	61,6	13,2
883	61,5	16,4
884	61,2	16,4
885	61,3	«m»

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
886	63,1	«m»
887	63,2	4,8
888	62,3	22,3
889	62	38,5
890	61,6	29,6
891	61,6	26,6
892	61,8	28,1
893	62	29,6
894	62	16,3
895	61,1	«m»
896	61,2	«m»
897	60,7	19,2
898	60,7	32,5
899	60,9	17,8
900	60,1	19,2
901	59,3	38,2
902	59,9	45
903	59,4	32,4
904	59,2	23,5
905	59,5	40,8
906	58,3	«m»
907	58,2	«m»
908	57,6	«m»
909	57,1	«m»
910	57	0,6
911	57	26,3
912	56,5	29,2
913	56,3	20,5
914	56,1	«m»
915	55,2	«m»
916	54,7	17,5
917	55,2	29,2
918	55,2	29,2
919	55,9	16
920	55,9	26,3
921	56,1	36,5
922	55,8	19

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
923	55,9	9,2
924	55,8	21,9
925	56,4	42,8
926	56,4	38
927	56,4	11
928	56,4	35,1
929	54	7,3
930	53,4	5,4
931	52,3	27,6
932	52,1	32
933	52,3	33,4
934	52,2	34,9
935	52,8	60,1
936	53,7	69,7
937	54	70,7
938	55,1	71,7
939	55,2	46
940	54,7	12,6
941	52,5	0
942	51,8	24,7
943	51,4	43,9
944	50,9	71,1
945	51,2	76,8
946	50,3	87,5
947	50,2	99,8
948	50,9	100
949	49,9	99,7
950	50,9	100
951	49,8	99,7
952	50,4	99,8
953	50,4	99,8
954	49,7	99,7
955	51	100
956	50,3	99,8
957	50,2	99,8
958	49,9	99,7
959	50,9	100

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
960	50	99,7
961	50,2	99,8
962	50,2	99,8
963	49,9	99,7
964	50,4	99,8
965	50,2	99,8
966	50,3	99,8
967	49,9	99,7
968	51,1	100
969	50,6	99,9
970	49,9	99,7
971	49,6	99,6
972	49,4	99,6
973	49	99,5
974	49,8	99,7
975	50,9	100
976	50,4	99,8
977	49,8	99,7
978	49,1	99,5
979	50,4	99,8
980	49,8	99,7
981	49,3	99,5
982	49,1	99,5
983	49,9	99,7
984	49,1	99,5
985	50,4	99,8
986	50,9	100
987	51,4	99,9
988	51,5	99,9
989	52,2	99,7
990	52,8	74,1
991	53,3	46
992	53,6	36,4
993	53,4	33,5
994	53,9	58,9
995	55,2	73,8
996	55,8	52,4

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
997	55,7	9,2
998	55,8	2,2
999	56,4	33,6
1000	55,4	«m»
1001	55,2	«m»
1002	55,8	26,3
1003	55,8	23,3
1004	56,4	50,2
1005	57,6	68,3
1006	58,8	90,2
1007	59,9	98,9
1008	62,3	98,8
1009	63,1	74,4
1010	63,7	49,4
1011	63,3	9,8
1012	48	0
1013	47,9	73,5
1014	49,9	99,7
1015	49,9	48,8
1016	49,6	2,3
1017	49,9	«m»
1018	49,3	«m»
1019	49,7	47,5
1020	49,1	«m»
1021	49,4	«m»
1022	48,3	«m»
1023	49,4	«m»
1024	48,5	«m»
1025	48,7	«m»
1026	48,7	«m»
1027	49,1	«m»
1028	49	«m»
1029	49,8	«m»
1030	48,7	«m»
1031	48,5	«m»
1032	49,3	31,3
1033	49,7	45,3

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
1034	48,3	44,5
1035	49,8	61
1036	49,4	64,3
1037	49,8	64,4
1038	50,5	65,6
1039	50,3	64,5
1040	51,2	82,9
1041	50,5	86
1042	50,6	89
1043	50,4	81,4
1044	49,9	49,9
1045	49,1	20,1
1046	47,9	24
1047	48,1	36,2
1048	47,5	34,5
1049	46,9	30,3
1050	47,7	53,5
1051	46,9	61,6
1052	46,5	73,6
1053	48	84,6
1054	47,2	87,7
1055	48,7	80
1056	48,7	50,4
1057	47,8	38,6
1058	48,8	63,1
1059	47,4	5
1060	47,3	47,4
1061	47,3	49,8
1062	46,9	23,9
1063	46,7	44,6
1064	46,8	65,2
1065	46,9	60,4
1066	46,7	61,5
1067	45,5	«m»
1068	45,5	«m»
1069	44,2	«m»
1070	43	«m»

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
1071	42,5	«m»
1072	41	«m»
1073	39,9	«m»
1074	39,9	38,2
1075	40,1	48,1
1076	39,9	48
1077	39,4	59,3
1078	43,8	19,8
1079	52,9	0
1080	52,8	88,9
1081	53,4	99,5
1082	54,7	99,3
1083	56,3	99,1
1084	57,5	99
1085	59	98,9
1086	59,8	98,9
1087	60,1	98,9
1088	61,8	48,3
1089	61,8	55,6
1090	61,7	59,8
1091	62	55,6
1092	62,3	29,6
1093	62	19,3
1094	61,3	7,9
1095	61,1	19,2
1096	61,2	43
1097	61,1	59,7
1098	61,1	98,8
1099	61,3	98,8
1100	61,3	26,6
1101	60,4	«m»
1102	58,8	«m»
1103	57,7	«m»
1104	56	«m»
1105	54,7	«m»
1106	53,3	«m»
1107	52,6	23,2

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
1108	53,4	84,2
1109	53,9	99,4
1110	54,9	99,3
1111	55,8	99,2
1112	57,1	99
1113	56,5	99,1
1114	58,9	98,9
1115	58,7	98,9
1116	59,8	98,9
1117	61	98,8
1118	60,7	19,2
1119	59,4	«m»
1120	57,9	«m»
1121	57,6	«m»
1122	56,3	«m»
1123	55	«m»
1124	53,7	«m»
1125	52,1	«m»
1126	51,1	«m»
1127	49,7	25,8
1128	49,1	46,1
1129	48,7	46,9
1130	48,2	46,7
1131	48	70
1132	48	70
1133	47,2	67,6
1134	47,3	67,6
1135	46,6	74,7
1136	47,4	13
1137	46,3	«m»
1138	45,4	«m»
1139	45,5	24,8
1140	44,8	73,8
1141	46,6	99
1142	46,3	98,9
1143	48,5	99,4
1144	49,9	99,7

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
1145	49,1	99,5
1146	49,1	99,5
1147	51	100
1148	51,5	99,9
1149	50,9	100
1150	51,6	99,9
1151	52,1	99,7
1152	50,9	100
1153	52,2	99,7
1154	51,5	98,3
1155	51,5	47,2
1156	50,8	78,4
1157	50,3	83
1158	50,3	31,7
1159	49,3	31,3
1160	48,8	21,5
1161	47,8	59,4
1162	48,1	77,1
1163	48,4	87,6
1164	49,6	87,5
1165	51	81,4
1166	51,6	66,7
1167	53,3	63,2
1168	55,2	62
1169	55,7	43,9
1170	56,4	30,7
1171	56,8	23,4
1172	57	«m»
1173	57,6	«m»
1174	56,9	«m»
1175	56,4	4
1176	57	23,4
1177	56,4	41,7
1178	57	49,2
1179	57,7	56,6
1180	58,6	56,6
1181	58,9	64

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
1182	59,4	68,2
1183	58,8	71,4
1184	60,1	71,3
1185	60,6	79,1
1186	60,7	83,3
1187	60,7	77,1
1188	60	73,5
1189	60,2	55,5
1190	59,7	54,4
1191	59,8	73,3
1192	59,8	77,9
1193	59,8	73,9
1194	60	76,5
1195	59,5	82,3
1196	59,9	82,8
1197	59,8	65,8
1198	59	48,6
1199	58,9	62,2
1200	59,1	70,4
1201	58,9	62,1
1202	58,4	67,4
1203	58,7	58,9
1204	58,3	57,7
1205	57,5	57,8
1206	57,2	57,6
1207	57,1	42,6
1208	57	70,1
1209	56,4	59,6
1210	56,7	39
1211	55,9	68,1
1212	56,3	79,1
1213	56,7	89,7
1214	56	89,4
1215	56	93,1
1216	56,4	93,1
1217	56,7	94,4
1218	56,9	94,8

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
1219	57	94,1
1220	57,7	94,3
1221	57,5	93,7
1222	58,4	93,2
1223	58,7	93,2
1224	58,2	93,7
1225	58,5	93,1
1226	58,8	86,2
1227	59	72,9
1228	58,2	59,9
1229	57,6	8,5
1230	57,1	47,6
1231	57,2	74,4
1232	57	79,1
1233	56,7	67,2
1234	56,8	69,1
1235	56,9	71,3
1236	57	77,3
1237	57,4	78,2
1238	57,3	70,6
1239	57,7	64
1240	57,5	55,6
1241	58,6	49,6
1242	58,2	41,1
1243	58,8	40,6
1244	58,3	21,1
1245	58,7	24,9
1246	59,1	24,8
1247	58,6	«m»
1248	58,8	«m»
1249	58,8	«m»
1250	58,7	«m»
1251	59,1	«m»
1252	59,1	«m»
1253	59,4	«m»
1254	60,6	2,6
1255	59,6	«m»

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
1256	60,1	«m»
1257	60,6	«m»
1258	59,6	4,1
1259	60,7	7,1
1260	60,5	«m»
1261	59,7	«m»
1262	59,6	«m»
1263	59,8	«m»
1264	59,6	4,9
1265	60,1	5,9
1266	59,9	6,1
1267	59,7	«m»
1268	59,6	«m»
1269	59,7	22
1270	59,8	10,3
1271	59,9	10
1272	60,6	6,2
1273	60,5	7,3
1274	60,2	14,8
1275	60,6	8,2
1276	60,6	5,5
1277	61	14,3
1278	61	12
1279	61,3	34,2
1280	61,2	17,1
1281	61,5	15,7
1282	61	9,5
1283	61,1	9,2
1284	60,5	4,3
1285	60,2	7,8
1286	60,2	5,9
1287	60,2	5,3
1288	59,9	4,6
1289	59,4	21,5
1290	59,6	15,8
1291	59,3	10,1
1292	58,9	9,4

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
1293	58,8	9
1294	58,9	35,4
1295	58,9	30,7
1296	58,9	25,9
1297	58,7	22,9
1298	58,7	24,4
1299	59,3	61
1300	60,1	56
1301	60,5	50,6
1302	59,5	16,2
1303	59,7	50
1304	59,7	31,4
1305	60,1	43,1
1306	60,8	38,4
1307	60,9	40,2
1308	61,3	49,7
1309	61,8	45,9
1310	62	45,9
1311	62,2	45,8
1312	62,6	46,8
1313	62,7	44,3
1314	62,9	44,4
1315	63,1	43,7
1316	63,5	46,1
1317	63,6	40,7
1318	64,3	49,5
1319	63,7	27
1320	63,8	15
1321	63,6	18,7
1322	63,4	8,4
1323	63,2	8,7
1324	63,3	21,6
1325	62,9	19,7
1326	63	22,1
1327	63,1	20,3
1328	61,8	19,1
1329	61,6	17,1

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
1330	61	0
1331	61,2	22
1332	60,8	40,3
1333	61,1	34,3
1334	60,7	16,1
1335	60,6	16,6
1336	60,5	18,5
1337	60,6	29,8
1338	60,9	19,5
1339	60,9	22,3
1340	61,4	35,8
1341	61,3	42,9
1342	61,5	31
1343	61,3	19,2
1344	61	9,3
1345	60,8	44,2
1346	60,9	55,3
1347	61,2	56
1348	60,9	60,1
1349	60,7	59,1
1350	60,9	56,8
1351	60,7	58,1
1352	59,6	78,4
1353	59,6	84,6
1354	59,4	66,6
1355	59,3	75,5
1356	58,9	49,6
1357	59,1	75,8
1358	59	77,6
1359	59	67,8
1360	59	56,7
1361	58,8	54,2
1362	58,9	59,6
1363	58,9	60,8
1364	59,3	56,1
1365	58,9	48,5
1366	59,3	42,9

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
1367	59,4	41,4
1368	59,6	38,9
1369	59,4	32,9
1370	59,3	30,6
1371	59,4	30
1372	59,4	25,3
1373	58,8	18,6
1374	59,1	18
1375	58,5	10,6
1376	58,8	10,5
1377	58,5	8,2
1378	58,7	13,7
1379	59,1	7,8
1380	59,1	6
1381	59,1	6
1382	59,4	13,1
1383	59,7	22,3
1384	60,7	10,5
1385	59,8	9,8
1386	60,2	8,8
1387	59,9	8,7
1388	61	9,1
1389	60,6	28,2
1390	60,6	22
1391	59,6	23,2
1392	59,6	19
1393	60,6	38,4
1394	59,8	41,6
1395	60	47,3
1396	60,5	55,4
1397	60,9	58,7
1398	61,3	37,9
1399	61,2	38,3
1400	61,4	58,7
1401	61,3	51,3
1402	61,4	71,1
1403	61,1	51

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
1404	61,5	56,6
1405	61	60,6
1406	61,1	75,4
1407	61,4	69,4
1408	61,6	69,9
1409	61,7	59,6
1410	61,8	54,8
1411	61,6	53,6
1412	61,3	53,5
1413	61,3	52,9
1414	61,2	54,1
1415	61,3	53,2
1416	61,2	52,2
1417	61,2	52,3
1418	61	48
1419	60,9	41,5
1420	61	32,2
1421	60,7	22
1422	60,7	23,3
1423	60,8	38,8
1424	61	40,7
1425	61	30,6
1426	61,3	62,6
1427	61,7	55,9
1428	62,3	43,4
1429	62,3	37,4
1430	62,3	35,7
1431	62,8	34,4
1432	62,8	31,5
1433	62,9	31,7
1434	62,9	29,9
1435	62,8	29,4
1436	62,7	28,7
1437	61,5	14,7
1438	61,9	17,2
1439	61,5	6,1
1440	61	9,9

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
1441	60,9	4,8
1442	60,6	11,1
1443	60,3	6,9
1444	60,8	7
1445	60,2	9,2
1446	60,5	21,7
1447	60,2	22,4
1448	60,7	31,6
1449	60,9	28,9
1450	59,6	21,7
1451	60,2	18
1452	59,5	16,7
1453	59,8	15,7
1454	59,6	15,7
1455	59,3	15,7
1456	59	7,5
1457	58,8	7,1
1458	58,7	16,5
1459	59,2	50,7
1460	59,7	60,2
1461	60,4	44
1462	60,2	35,3
1463	60,4	17,1
1464	59,9	13,5
1465	59,9	12,8
1466	59,6	14,8
1467	59,4	15,9
1468	59,4	22
1469	60,4	38,4
1470	59,5	38,8
1471	59,3	31,9
1472	60,9	40,8
1473	60,7	39
1474	60,9	30,1
1475	61	29,3
1476	60,6	28,4
1477	60,9	36,3

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
1478	60,8	30,5
1479	60,7	26,7
1480	60,1	4,7
1481	59,9	0
1482	60,4	36,2
1483	60,7	32,5
1484	59,9	3,1
1485	59,7	«m»
1486	59,5	«m»
1487	59,2	«m»
1488	58,8	0,6
1489	58,7	«m»
1490	58,7	«m»
1491	57,9	«m»
1492	58,2	«m»
1493	57,6	«m»
1494	58,3	9,5
1495	57,2	6
1496	57,4	27,3
1497	58,3	59,9
1498	58,3	7,3
1499	58,8	21,7
1500	58,8	38,9
1501	59,4	26,2
1502	59,1	25,5
1503	59,1	26
1504	59	39,1
1505	59,5	52,3
1506	59,4	31
1507	59,4	27
1508	59,4	29,8
1509	59,4	23,1
1510	58,9	16
1511	59	31,5
1512	58,8	25,9
1513	58,9	40,2
1514	58,8	28,4

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
1515	58,9	38,9
1516	59,1	35,3
1517	58,8	30,3
1518	59	19
1519	58,7	3
1520	57,9	0
1521	58	2,4
1522	57,1	«m»
1523	56,7	«m»
1524	56,7	5,3
1525	56,6	2,1
1526	56,8	«m»
1527	56,3	«m»
1528	56,3	«m»
1529	56	«m»
1530	56,7	«m»
1531	56,6	3,8
1532	56,9	«m»
1533	56,9	«m»
1534	57,4	«m»
1535	57,4	«m»
1536	58,3	13,9
1537	58,5	«m»
1538	59,1	«m»
1539	59,4	«m»
1540	59,6	«m»
1541	59,5	«m»
1542	59,6	0,5
1543	59,3	9,2
1544	59,4	11,2
1545	59,1	26,8
1546	59	11,7
1547	58,8	6,4
1548	58,7	5
1549	57,5	«m»
1550	57,4	«m»
1551	57,1	1,1

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
1552	57,1	0
1553	57	4,5
1554	57,1	3,7
1555	57,3	3,3
1556	57,3	16,8
1557	58,2	29,3
1558	58,7	12,5
1559	58,3	12,2
1560	58,6	12,7
1561	59	13,6
1562	59,8	21,9
1563	59,3	20,9
1564	59,7	19,2
1565	60,1	15,9
1566	60,7	16,7
1567	60,7	18,1
1568	60,7	40,6
1569	60,7	59,7
1570	61,1	66,8
1571	61,1	58,8
1572	60,8	64,7
1573	60,1	63,6
1574	60,7	83,2
1575	60,4	82,2
1576	60	80,5
1577	59,9	78,7
1578	60,8	67,9
1579	60,4	57,7
1580	60,2	60,6
1581	59,6	72,7
1582	59,9	73,6
1583	59,8	74,1
1584	59,6	84,6
1585	59,4	76,1
1586	60,1	76,9
1587	59,5	84,6
1588	59,8	77,5

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
1589	60,6	67,9
1590	59,3	47,3
1591	59,3	43,1
1592	59,4	38,3
1593	58,7	38,2
1594	58,8	39,2
1595	59,1	67,9
1596	59,7	60,5
1597	59,5	32,9
1598	59,6	20
1599	59,6	34,4
1600	59,4	23,9
1601	59,6	15,7
1602	59,9	41
1603	60,5	26,3
1604	59,6	14
1605	59,7	21,2
1606	60,9	19,6
1607	60,1	34,3
1608	59,9	27
1609	60,8	25,6
1610	60,6	26,3
1611	60,9	26,1
1612	61,1	38
1613	61,2	31,6
1614	61,4	30,6
1615	61,7	29,6
1616	61,5	28,8
1617	61,7	27,8
1618	62,2	20,3
1619	61,4	19,6
1620	61,8	19,7
1621	61,8	18,7
1622	61,6	17,7
1623	61,7	8,7
1624	61,7	1,4
1625	61,7	5,9

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
1626	61,2	8,1
1627	61,9	45,8
1628	61,4	31,5
1629	61,7	22,3
1630	62,4	21,7
1631	62,8	21,9
1632	62,2	22,2
1633	62,5	31
1634	62,3	31,3
1635	62,6	31,7
1636	62,3	22,8
1637	62,7	12,6
1638	62,2	15,2
1639	61,9	32,6
1640	62,5	23,1
1641	61,7	19,4
1642	61,7	10,8
1643	61,6	10,2
1644	61,4	«m»
1645	60,8	«m»
1646	60,7	«m»
1647	61	12,4
1648	60,4	5,3
1649	61	13,1
1650	60,7	29,6
1651	60,5	28,9
1652	60,8	27,1
1653	61,2	27,3
1654	60,9	20,6
1655	61,1	13,9
1656	60,7	13,4
1657	61,3	26,1
1658	60,9	23,7
1659	61,4	32,1
1660	61,7	33,5
1661	61,8	34,1
1662	61,7	17

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
1663	61,7	2,5
1664	61,5	5,9
1665	61,3	14,9
1666	61,5	17,2
1667	61,1	«m»
1668	61,4	«m»
1669	61,4	8,8
1670	61,3	8,8
1671	61	18
1672	61,5	13
1673	61	3,7
1674	60,9	3,1
1675	60,9	4,7
1676	60,6	4,1
1677	60,6	6,7
1678	60,6	12,8
1679	60,7	11,9
1680	60,6	12,4
1681	60,1	12,4
1682	60,5	12
1683	60,4	11,8
1684	59,9	12,4
1685	59,6	12,4
1686	59,6	9,1
1687	59,9	0
1688	59,9	20,4
1689	59,8	4,4
1690	59,4	3,1
1691	59,5	26,3
1692	59,6	20,1
1693	59,4	35
1694	60,9	22,1
1695	60,5	12,2
1696	60,1	11
1697	60,1	8,2
1698	60,5	6,7
1699	60	5,1

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
1700	60	5,1
1701	60	9
1702	60,1	5,7
1703	59,9	8,5
1704	59,4	6
1705	59,5	5,5
1706	59,5	14,2
1707	59,5	6,2
1708	59,4	10,3
1709	59,6	13,8
1710	59,5	13,9
1711	60,1	18,9
1712	59,4	13,1
1713	59,8	5,4
1714	59,9	2,9
1715	60,1	7,1
1716	59,6	12
1717	59,6	4,9
1718	59,4	22,7
1719	59,6	22
1720	60,1	17,4
1721	60,2	16,6
1722	59,4	28,6
1723	60,3	22,4
1724	59,9	20
1725	60,2	18,6
1726	60,3	11,9
1727	60,4	11,6
1728	60,6	10,6
1729	60,8	16
1730	60,9	17
1731	60,9	16,1
1732	60,7	11,4
1733	60,9	11,3
1734	61,1	11,2
1735	61,1	25,6
1736	61	14,6

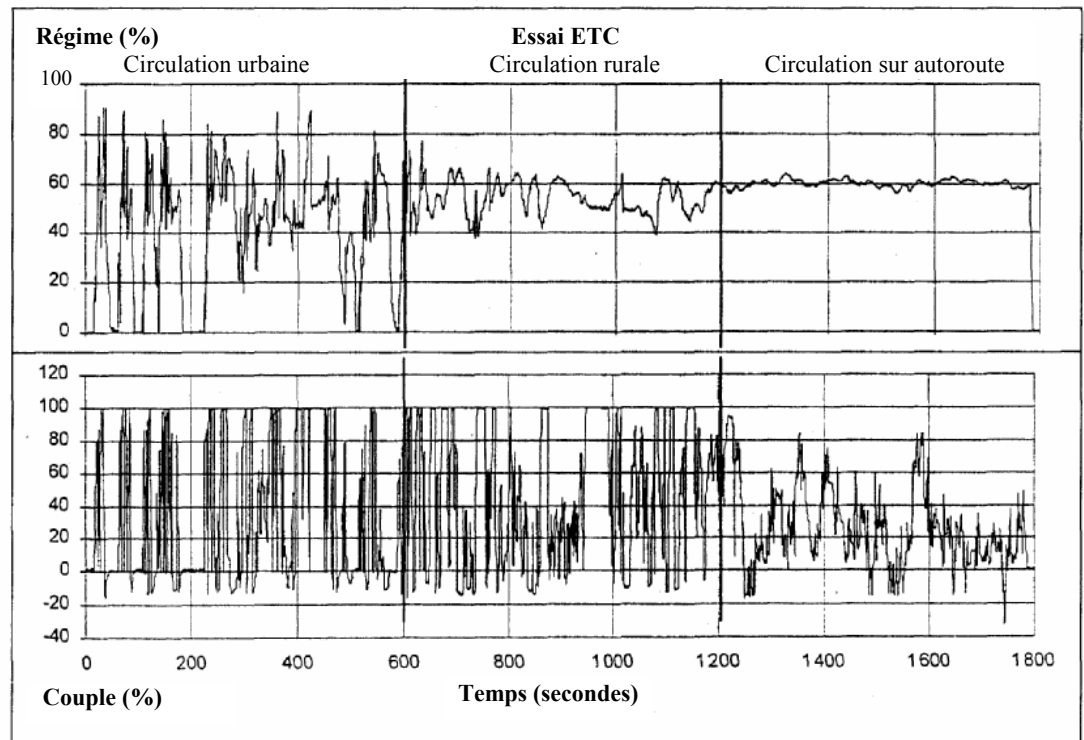
Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
1737	61	10,4
1738	60,6	«m»
1739	60,9	«m»
1740	60,8	4,8
1741	59,9	«m»
1742	59,8	«m»
1743	59,1	«m»
1744	58,8	«m»
1745	58,8	«m»
1746	58,2	«m»
1747	58,5	14,3
1748	57,5	4,4
1749	57,9	0
1750	57,8	20,9
1751	58,3	9,2
1752	57,8	8,2
1753	57,5	15,3
1754	58,4	38
1755	58,1	15,4
1756	58,8	11,8
1757	58,3	8,1
1758	58,3	5,5
1759	59	4,1
1760	58,2	4,9
1761	57,9	10,1
1762	58,5	7,5
1763	57,4	7
1764	58,2	6,7
1765	58,2	6,6
1766	57,3	17,3
1767	58	11,4
1768	57,5	47,4
1769	57,4	28,8
1770	58,8	24,3
1771	57,7	25,5
1772	58,4	35,5
1773	58,4	29,3

Temps (secondes)	Régime normalisé (%)	Couple normalisé (%)
1774	59	33,8
1775	59	18,7
1776	58,8	9,8
1777	58,8	23,9
1778	59,1	48,2
1779	59,4	37,2
1780	59,6	29,1
1781	50	25
1782	40	20
1783	30	15
1784	20	10
1785	10	5
1786	0	0
1787	0	0
1788	0	0
1789	0	0
1790	0	0
1791	0	0
1792	0	0
1793	0	0
1794	0	0
1795	0	0
1796	0	0
1797	0	0
1798	0	0
1799	0	0
1800	0	0

«m» = moteur entraîné par le banc.

La programmation du dynamomètre pour l'essai ETC est représentée sous forme de graphique à la figure 5.

Figure 5
Programmation du dynamomètre pour l'essai ETC



Appendice 4

PROCÉDURES DE MESURE ET DE PRÉLÈVEMENT

1. INTRODUCTION

Les constituants gazeux, les particules et les fumées émis par le moteur soumis à l'essai doivent être mesurés à l'aide des méthodes prescrites à l'appendice 7 de l'annexe 4. Les paragraphes respectifs de cet appendice décrivent les systèmes d'analyse recommandés pour les émissions gazeuses (par. 1), les systèmes de dilution et de prélèvement des particules recommandés (par. 2) et les opacimètres recommandés pour la mesure des émissions de fumées (par. 3).

Pour l'essai ESC, les constituants gazeux sont mesurés dans les gaz d'échappement bruts. Optionnellement, ils peuvent être mesurés dans les gaz d'échappement dilués si un système de dilution du flux total est utilisé pour la mesure des particules. Les particules peuvent être mesurées soit avec un système de dilution du flux partiel, soit avec un système de dilution du flux total.

Pour l'essai ETC, les systèmes suivants peuvent être utilisés:

- a) un système de dilution du flux total CVS pour la détermination des émissions gazeuses et des particules (un système à double dilution est autorisé),
- b) ou une combinaison de la mesure dans les gaz d'échappement bruts pour les émissions gazeuses et d'un système de dilution du flux partiel pour les particules,
- c) ou toute combinaison des deux procédés (mesure dans les gaz d'échappement bruts pour les émissions gazeuses et système de dilution du flux total pour les particules).

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 dynamomètre.

2.1 Dynamomètre pour moteur

Il doit être utilisé un dynamomètre pour moteur ayant les caractéristiques appropriées pour effectuer les cycles d'essai décrits aux appendices 1 et 2 de la présente annexe. Le système de mesure du régime doit avoir une précision de ± 2 % de la valeur de mesure. Le système de mesure du couple doit avoir une justesse de ± 3 % de la valeur de mesure dans la plage > 20 % de la pleine échelle, et une justesse de $\pm 0,6$ % de la pleine échelle dans la plage ≤ 20 %.

2.2 Autres instruments

D'autres instruments de mesure doivent être utilisés lorsqu'il y a lieu pour la consommation de carburant, la consommation d'air, la température de l'agent de refroidissement et du lubrifiant, la pression des gaz d'échappement et la dépression

à l'admission, la température des gaz d'échappement, la température de l'air d'admission, la pression atmosphérique, l'humidité et la température du carburant. Ces instruments doivent satisfaire aux conditions énoncées au tableau 9.

Tableau 9
Justesse des instruments de mesure

Instrument de mesure	Justesse
Consommation de carburant	±2 % de la valeur maximale du moteur
Consommation d'air	±2 % de la valeur de mesure ou ±1% de la valeur maximale du moteur, la valeur la plus élevée étant retenue
Dépression à l'admission	±2,5 % de la valeur de mesure ou ±1,5 % de la valeur maximale du moteur, la valeur la plus élevée étant retenue
Débit de gaz d'échappement	±2,5 % de la valeur de mesure ou ±1,5 % de la valeur maximale du moteur, la valeur la plus élevée étant retenue
Températures ≤ 600 K (327 °C)	±2 K en valeur absolue
Températures ≥ 600 K (327 °C)	±1 % de la valeur de mesure
Pression atmosphérique	±0,1 kPa en valeur absolue
Pression des gaz d'échappement	±0,2 kPa en valeur absolue
Dépression à l'admission	±0,05 kPa en valeur absolue
Autres pressions	±0,1 kPa en valeur absolue
Humidité relative	±3 % en valeur absolue
Humidité absolue	±5 % de la valeur de mesure
Débit d'air de dilution	±2 % de la valeur de mesure
Débit de gaz d'échappement dilués	±2 % de la valeur de mesure

3. DÉTERMINATION DES ÉMISSIONS GAZEUSES

3.1 Caractéristiques générales des analyseurs

Les analyseurs doivent avoir une plage de mesure adaptée à la justesse exigée pour la mesure des concentrations des composants gazeux des gaz d'échappement (par. 3.1.1). Il est recommandé de les faire fonctionner de telle manière que la concentration mesurée se situe entre 15 % et 100 % de la pleine échelle.

Si les systèmes d'analyse des données (ordinateurs, enregistreurs de données) offrent une justesse et une résolution suffisantes pour les valeurs inférieures à 15 % de la pleine échelle, des mesures se situant en dessous de cette valeur sont aussi

acceptables. Dans ce cas, des opérations d'étalonnage supplémentaires en au moins 4 points nominalement espacés de manière égale, autres que le zéro, doivent être effectuées pour garantir la justesse des courbes d'étalonnage déterminées conformément au paragraphe 1.6.4 de l'appendice 5 de la présente annexe.

Les caractéristiques de compatibilité électromagnétique de l'équipement doivent aussi être telles que le risque d'erreurs additionnelles soit minimal.

3.1.1 Justesse

L'analyseur ne doit pas s'écarter du point d'étalonnage nominal de plus de ± 2 % de la valeur affichée sur toute la plage de mesure sauf le zéro ou de $\pm 0,3$ % de la pleine échelle, la valeur la plus élevée étant retenue. La justesse est déterminée conformément aux exigences concernant l'étalonnage énoncées au point 1.6 de l'appendice 5 de la présente annexe.

Note: Aux fins du présent Règlement, la justesse correspond à l'écart entre le relevé de l'analyseur et les valeurs nominales d'étalonnage obtenues avec un gaz d'étalonnage (= valeur vraie).

3.1.2 Fidélité

La fidélité, définie comme étant égale à 2,5 fois l'écart type de 10 réponses répétitives à un gaz d'étalonnage ou de réglage de sensibilité donné, ne doit pas dépasser ± 1 % de la concentration pleine échelle pour chaque plage utilisée au-delà de 155 ppm (ou ppmC) ou ± 2 % de chaque plage utilisée en dessous de 155 ppm (ou ppmC).

3.1.3 Bruit de fond

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

3.1.4 Dérive du zéro

La réponse du zéro est définie comme la réponse moyenne, y compris le bruit de fond, à un gaz de mise à zéro durant un intervalle de temps de trente secondes. La dérive de la réponse zéro durant une période d'une heure doit être inférieure à 2 % de la pleine échelle sur la gamme la plus basse utilisée.

3.1.5 Dérive d'étalonnage

La réponse d'étalonnage est définie comme la réponse moyenne, y compris le bruit de fond, à un gaz de réglage d'échelle durant un intervalle de temps de trente secondes. La dérive de la réponse d'étalonnage durant une période d'une heure doit être inférieure à 2 % de la pleine échelle sur la gamme la plus basse utilisée.

3.1.6 Temps de montée

Le temps de montée de l'analyseur installé sur le système de mesure ne doit pas dépasser trois secondes et demie.

Note: L'évaluation du temps de réponse de l'analyseur ne suffit pas pour déterminer clairement si l'ensemble du système est adapté aux essais en régime transitoire. Les volumes, en particulier les volumes morts, existant dans l'ensemble du système ont une influence non seulement sur le temps de transport entre la sonde et l'analyseur, mais aussi sur le temps de montée. Les temps de transport à l'intérieur d'un analyseur sont également à inclure dans le temps de réponse de l'analyseur, comme dans le cas du convertisseur ou du séparateur d'eau dans un analyseur de NO_x. La procédure de détermination du temps de réponse de l'ensemble du système est décrite au point 1.5 de l'appendice 5 de la présente annexe.

3.2 Séchage des gaz

Le dispositif optionnel de séchage des gaz doit avoir un effet minimal sur la concentration des gaz mesurés. Le séchage chimique n'est pas accepté.

3.3 Analyseurs

Les paragraphes 3.3.1 à 3.3.4 décrivent les principes de mesure à appliquer. Une description détaillée des systèmes de mesure est donnée à l'appendice 7. Les gaz à mesurer sont analysés au moyen des instruments suivants. Pour les analyseurs à fonctionnement non linéaire, l'utilisation de circuits de linéarisation est admise.

3.3.1 Analyse du monoxyde de carbone (CO)

L'analyseur de monoxyde de carbone doit être un analyseur à absorption dans l'infrarouge non dispersif (NDIR).

3.3.2 Analyse du dioxyde de carbone (CO₂)

L'analyseur de dioxyde de carbone doit être un analyseur à absorption dans l'infrarouge non dispersif (NDIR).

3.3.3 Analyse des hydrocarbures (HC)

Pour les moteurs diesel et les moteurs à gaz de pétrole liquéfié, l'analyseur d'hydrocarbure doit être un analyseur à ionisation de flamme chauffé (HFID), c'est-à-dire un analyseur dont le détecteur, les vannes, les tuyauteries, etc. sont chauffés de manière à maintenir la température des gaz à 463 ± 10 K (190 ± 10 °C). Pour les moteurs à gaz naturel, l'analyseur d'hydrocarbures peut être un analyseur à ionisation de flamme non chauffé (FID) si la méthode appliquée le permet (voir le paragraphe 1.3 de l'appendice 7).

3.3.4 Analyse des hydrocarbures non méthaniques (NMHC) (moteurs à gaz naturel seulement)

Les hydrocarbures non méthaniques doivent être mesurés selon l'une des méthodes suivantes:

3.3.4.1 Méthode de la chromatographie en phase gazeuse (CG)

Les hydrocarbures non méthaniques doivent être mesurés par soustraction du méthane analysé au moyen d'un chromatographe à gaz (CG), chauffé à 423 K (150 °C) des hydrocarbures mesurés conformément au paragraphe 3.3.3.

3.3.4.2 Méthode du convertisseur d'hydrocarbures non méthaniques

La fraction non méthanique doit être mesurée au moyen d'un analyseur FID d'hydrocarbures non méthaniques précédé par un convertisseur chauffé, comme indiqué au paragraphe 3.3.3, par soustraction du méthane des hydrocarbures.

3.3.5 Analyse des oxydes d'azote (NO_x)

L'analyseur d'oxydes d'azote doit être du type à chimiluminescence (CLD) ou du type à chimiluminescence chauffé (HCLD) avec convertisseur NO₂/NO, si la mesure se fait en conditions sèches. Dans le cas contraire, il doit être utilisé un détecteur HCLD avec convertisseur maintenu à une température supérieure à 328 K (55 °C) pour autant que l'essai d'extinction par l'eau (voir le paragraphe 1.9.2.2 de l'appendice 5 de la présente annexe) donne un résultat satisfaisant.

3.3.6 Mesure du rapport air/carburant

L'appareillage de mesure du rapport air/carburant utilisé pour déterminer le débit des gaz d'échappement comme décrit au paragraphe 4.2.5 de l'appendice 2 de la présente annexe doit être un capteur à large plage de mesure ou une sonde lambda de type dioxyde de zirconium. Le capteur doit être monté directement sur le tuyau d'échappement, en 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 justesse 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 justesse ci-dessus puissent être respectées, le capteur doit être étalonné selon les instructions du fabricant de l'instrument.

3.4 Prélèvement pour la mesure des émissions gazeuses

3.4.1 Gaz d'échappement bruts

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

Dans le cas d'un moteur multicylindre équipé d'un collecteur d'échappement à plusieurs branches, l'entrée de la sonde doit être placée suffisamment en aval pour que l'on obtienne un échantillon représentatif des émissions moyennes de gaz d'échappement de tous les cylindres. Dans le cas des moteurs multicylindres ayant des collecteurs séparés, comme les moteurs à cylindres disposés en V, il est permis de prélever un échantillon sur chaque groupe et de calculer la valeur moyenne des émissions de gaz d'échappement. D'autres méthodes dont il a été démontré qu'elles donnent des résultats représentatifs des méthodes ci-dessus peuvent être utilisées. Pour le calcul des émissions d'échappement, on doit se fonder sur le débit massique total de gaz d'échappement.

Si le moteur est équipé d'un système aval de traitement des gaz d'échappement, l'échantillon de gaz d'échappement doit être prélevé en aval de ce système.

3.4.2 Gaz d'échappement dilués

Le tuyau d'échappement situé entre le moteur et le système de dilution du flux total doit satisfaire aux dispositions du paragraphe 2.3.1 (section EP) de l'appendice 7.

Les sondes de prélèvement pour la mesure des émissions gazeuses doivent être placées dans le tunnel de dilution en un point où l'air de dilution et les gaz d'échappement sont intimement mélangés et à proximité immédiate de la sonde de prélèvement pour la mesure des émissions de particules.

Le prélèvement peut normalement s'effectuer de deux manières:

- a) Les polluants peuvent être prélevés dans un sac de collecte pendant toute la durée du cycle et mesurés à la fin de l'essai;
- b) Les polluants peuvent être prélevés en continu avec intégration sur toute la durée du cycle. Cette méthode est obligatoire pour les HC et les NO_x.

4. DÉTERMINATION DES ÉMISSIONS DE PARTICULES

La détermination des émissions de particules exige d'utiliser un système de dilution. La dilution peut être obtenue par un système de dilution du flux partiel ou un système de dilution double du flux total. La capacité de débit du système de dilution doit être suffisamment importante pour éliminer totalement la condensation d'eau dans les systèmes de dilution et de prélèvement et maintenir la température des gaz

d'échappement dilués inférieure à 325 K (52 °C) juste en amont des porte-filtres. Le contrôle de l'humidité de l'air de dilution avant l'entrée dans le système de dilution est admis et, en particulier, une dessiccation est utile si l'humidité de l'air de dilution est élevée. La température de l'air de dilution doit être supérieure à 288 K (15 °C) à proximité immédiate de l'entrée du tunnel de dilution.

Le système de dilution du flux partiel doit être conçu pour prélever un échantillon proportionnel de gaz d'échappement bruts du flux de gaz d'échappement du moteur, qui suive les variations du débit de gaz d'échappement, et pour introduire l'air de dilution dans les gaz prélevés pour obtenir une température inférieure à 325 K (52 °C) au droit du filtre d'essai. À cette fin, il est indispensable que le taux de dilution ou le taux de prélèvement r_{dil} ou r_s soit déterminé de manière à respecter les limites de justesse du paragraphe 3.2.1 de l'appendice 5 de la présente annexe. Différentes méthodes d'extraction peuvent être appliquées, et le type d'extraction choisi détermine dans une large mesure le matériel et les procédures de prélèvement à utiliser (par. 2.2 de l'appendice 7).

En général, la sonde de prélèvement des particules doit être placée à proximité immédiate de la sonde de prélèvement pour la mesure des émissions gazeuses, mais à une distance suffisante pour ne pas causer d'interférences. Les dispositions du paragraphe 3.4.1 concernant l'installation s'appliquent donc au même titre au prélèvement pour la mesure des émissions de particules. La conduite de prélèvement doit être conforme aux exigences du point 2 de l'appendice 7.

Dans le cas d'un moteur multicylindre équipé d'un collecteur d'échappement à plusieurs branches, l'entrée de la sonde doit se situer suffisamment loin en aval pour garantir un prélèvement représentatif des émissions moyennes de gaz d'échappement de tous les cylindres. Dans le cas de moteurs multicylindres ayant plusieurs collecteurs, comme dans le cas d'un moteur en V, il est recommandé de raccorder les sorties des collecteurs en amont de la sonde de prélèvement. Si cette condition est difficile à réaliser, il est permis de prélever un échantillon sur le groupe dont les émissions de particules sont les plus importantes. D'autres méthodes dont la bonne corrélation avec les méthodes ci-dessus a été démontrée peuvent être appliquées. Pour le calcul des émissions d'échappement, le débit massique total de gaz d'échappement doit être utilisé.

Pour la détermination de la masse de particules, un système de prélèvement des particules, des filtres de collecte des particules, une microbalance et une chambre de pesée à température et humidité contrôlées sont nécessaires.

Pour le prélèvement des particules, il convient d'appliquer la méthode à filtre unique (voir par. 4.1.3) durant tout le cycle d'essai. Pour l'essai ESC, une grande attention doit être portée aux temps et débits de prélèvement durant la phase de prélèvement de l'essai.

4.1 Filtres à particules

Les gaz d'échappement dilués doivent être prélevés au moyen d'un filtre qui satisfait aux exigences des points 4.1.1 et 4.1.2 durant la séquence d'essai.

4.1.1 Spécification des filtres

Des filtres en fibre de verre imprégnés d'un hydrocarbure fluoré doivent être utilisés. Le filtre doit avoir un coefficient de rétention des DOP (di-octylphthalates) d'au moins 99 % à une vitesse d'entrée de 35 à 100 cm/s.

4.1.2 Dimension des filtres

Les filtres à particule doivent avoir un diamètre minimal de 47 mm ou 70 mm. Des filtres de plus grand diamètre sont admis (voir le paragraphe 4.1.4). Par contre, des filtres de plus petit diamètre ne le sont pas.

4.1.3 Vitesse d'entrée dans le filtre

La vitesse d'entrée dans le filtre doit être comprise entre 35 et 100 cm/s. L'accroissement de la perte de charge entre le début et la fin de l'essai doit être d'au plus 25 kPa.

4.1.4 Charge des filtres

La charge minimale recommandée pour les dimensions de filtres les plus courantes est indiquée au tableau 10. Pour les tailles de filtres plus grandes, la charge minimale doit être de 0,065 mg/1 000 mm² de surface.

Tableau 10
Charge recommandée pour les filtres

Diamètre du filtre (mm)	Charge minimale recommandée (mg)
47	0,11
70	0,25
90	0,41
110	0,62

Si, sur la base d'essais antérieurs, il apparaît improbable que la charge minimale requise du filtre puisse être obtenue sur un cycle d'essai après optimisation des débits et du taux de dilution, une charge de filtre inférieure peut être jugée acceptable par accord entre les parties concernées (constructeur et autorité d'homologation), à condition qu'il puisse être démontré qu'il est satisfait aux exigences de justesse du paragraphe 4.2, par exemple avec une balance à 0,1 µg.

4.1.5 Porte-filtres

Pour les essais de mesure des émissions, les filtres sont placés dans un porte-filtre répondant aux exigences du paragraphe 2.2 de l'appendice 7. Le porte-filtre doit être conçu de manière à assurer une répartition régulière du flux sur toute la surface utile du filtre. Des vannes à coupure rapide doivent être situées soit en amont soit en aval du porte-filtre. Un préclassificateur inertiel avec un point de coupure de 50 % entre 2,5 µm et 10 µm peut être installé immédiatement en amont du porte-filtre. L'utilisation d'un préclassificateur est fortement recommandée si l'on utilise une sonde à tube ouvert dirigée vers l'amont, dans le flux d'échappement.

4.2 Caractéristiques de la chambre de pesée et de la balance analytique

4.2.1 Conditions dans la chambre de pesée

La température de la chambre où les filtres à particules sont conditionnés et pesés doit être maintenue à 295 ± 3 K (22 ± 3 °C) pendant toutes les opérations de conditionnement et de pesée des filtres. L'humidité dans la chambre doit être maintenue à un point de rosée de $282,5 \pm 3$ K ($9,5 \pm 3$ °C) et l'humidité relative à $45 \% \pm 8 \%$.

4.2.2 Pesée du filtre de référence

L'atmosphère de la chambre doit être exempte de tout contaminant ambiant (poussières, par exemple) pouvant se déposer sur les filtres au cours de la phase de stabilisation. Des écarts par rapport aux conditions ambiantes prescrites au paragraphe 4.2.1 peuvent être admis si leur durée ne dépasse pas trente minutes. La chambre de pesée devrait en tout cas satisfaire aux conditions prescrites avant toute entrée de personnel dans la chambre. Au moins deux filtres de référence inutilisés doivent être pesés, de préférence en même temps que le filtre de collecte, mais en tout cas dans un délai maximum de quatre heures. Ils doivent être de la même dimension et du même matériau que les filtres de collecte.

Si le poids moyen des filtres de référence varie entre les pesées des filtres de collecte de plus de 10 µg, tous les filtres de collecte doivent être rejetés et l'essai de mesure des émissions doit être répété.

Si les critères de stabilité des conditions dans la chambre de pesée énoncés au paragraphe 4.2.1 ne sont pas respectés, mais si les pesées des filtres de référence satisfont aux critères ci-dessus, le constructeur du moteur peut à discrétion accepter la pesée des filtres de collecte ou annuler les essais, faire réparer le système de conditionnement de la chambre de pesée et procéder à un nouvel essai.

4.2.3 Balance analytique

La balance analytique utilisée pour déterminer le poids des filtres doit avoir une justesse (écart-type) d'au moins 2 µg et une résolution d'au moins 1 µg (1 chiffre = 1 µg), spécifiées par le fabricant de la balance.

4.2.4 Élimination des effets de l'électricité statique

Pour éliminer les effets de l'électricité statique, les filtres devraient être neutralisés avant la pesée, par exemple avec un neutraliseur au polonium, une cage de Faraday ou par un autre moyen également efficace.

4.2.5 Spécifications concernant la mesure du débit

4.2.5.1 Conditions générales

Les justesses absolues du débitmètre ou des appareils de mesure du débit doivent être comme spécifié au paragraphe 2.2.

4.2.5.2 Dispositions particulières pour les systèmes de dilution du flux partiel

Pour les systèmes de dilution du flux partiel, la justesse du débit de prélèvement q est d'une très grande importance, si la valeur n'est pas mesurée directement mais déterminée en mesurant la différence de débit.

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw}$$

Dans ce cas, une justesse de $\pm 2 \%$ pour q_{mdew} et q_{mdw} n'est pas suffisante pour garantir des justesses acceptables de q_{mp} . Si le débit de gaz est déterminé en mesurant la différence de débit, l'erreur maximale sur la différence doit être telle que la justesse de q_{mp} soit en deçà de $\pm 5 \%$ lorsque le taux de dilution est inférieur à 15. Cette valeur peut être calculée en prenant la moyenne quadratique des erreurs de chaque instrument.

Des justesses acceptables de q_{mp} peuvent être obtenues par l'une des méthodes suivantes:

On veille à ce que les justesses absolues de q_{mdew} et q_{mdw} soient de $\pm 0,2 \%$, ce qui garantit une exactitude de $q_{mp} \leq 5 \%$ au taux de dilution de 15. Les erreurs seront toutefois plus importantes avec des taux de dilution plus élevés;

On effectue l'étalonnage de q_{mdw} par rapport à q_{mdew} de manière à obtenir pour q_{mp} les mêmes justesses qu'avec la méthode a). Pour les détails de cet étalonnage, voir le paragraphe 3.2.1 de l'appendice 5 de la présente annexe;

On détermine la justesse de q_{mp} indirectement à partir de la justesse du taux de dilution tel que déterminé au moyen d'un gaz témoin, le CO_2 , par exemple. À nouveau, des justesses équivalentes à celles de la méthode a) sont requises pour q_{mp} ;

On veille à ce que la justesse absolue de q_{mdew} et q_{mdw} se situe dans les limites de $\pm 2 \%$ de la pleine échelle, que l'erreur maximale sur la différence entre q_{mdew} et q_{mdw} soit inférieure ou égale à $0,2 \%$ et que l'erreur de linéarité se situe dans les limites de $\pm 0,2 \%$ de la valeur q_{mdew} la plus élevée observée durant l'essai.

5. MESURE DE L'OPACITÉ DES FUMÉES

Le présent paragraphe énonce des conditions concernant l'équipement d'essai obligatoire et facultatif à utiliser pour l'essai ELR. Les fumées doivent être mesurées avec un opacimètre doté des modes de lecture opacité et coefficient d'absorption lumineuse. Le mode opacité doit seulement servir pour l'étalonnage et le contrôle de l'opacimètre. Les valeurs de fumées du cycle d'essai doivent être mesurées sur le mode coefficient d'absorption lumineuse.

5.1 Conditions générales

L'essai ELR implique d'utiliser un système de mesure des fumées et de traitement des données composé de trois sous-ensembles. Ceux-ci peuvent être intégrés en un seul appareil, ou se présenter sous la forme de plusieurs appareils reliés entre eux. Ces trois appareils sont:

- a) Un opacimètre qui doit répondre aux caractéristiques énoncées au paragraphe 3 de l'appendice 7;
- b) Une unité de traitement des données capable d'exécuter les fonctions décrites au paragraphe 6 de l'appendice 1;
- c) Une imprimante et/ou une unité de mémoire électronique permettant d'enregistrer et d'extraire les valeurs d'opacité de fumées déterminées comme indiqué au paragraphe 6.3 de l'appendice 1.

5.2 Conditions particulières

5.2.1 Linéarité

La linéarité doit être de ± 2 % de la valeur d'opacité.

5.2.2 Dérive du zéro

La dérive du zéro sur une durée d'une heure ne doit pas dépasser ± 1 % de la valeur d'opacité.

5.2.3 Modes et gammes de mesure de l'opacimètre

Sur le mode opacité, la gamme de mesure doit être de 0 à 100 % d'opacité, et la lisibilité doit être de 0,1 % de l'opacité. Sur le mode coefficient d'absorption de la lumière, la gamme de mesure doit être de 0 à 30 m^{-1} , et la lisibilité $0,01 \text{ m}^{-1}$ de coefficient d'absorption.

5.2.4 Temps de réponse de l'instrument

Le temps de réponse physique de l'opacimètre ne doit pas dépasser 0,2 s. Le temps de réponse physique est la différence entre les instants où le signal de sortie d'un

récepteur à réponse rapide atteint 10 et 90 % respectivement de la pleine échelle lorsque l'opacité du gaz mesuré varie en moins de 0,1 s.

Le temps de réponse électrique de l'opacimètre ne doit pas dépasser 0,05 s. Le temps de réponse électrique est la différence entre les instants où le signal de sortie de l'opacimètre atteint 10 et 90 % respectivement de la pleine échelle lorsque la source lumineuse est occultée ou éteinte complètement en moins de 0,01 s.

5.2.5 Filtres neutres

Tout filtre neutre utilisé pour étalonner l'opacimètre, mesurer la linéarité ou régler l'échelle doit avoir une valeur connue avec une précision de moins de 1,0 % d'opacité. La précision de la valeur nominale du filtre doit être vérifiée au moins une fois par an au moyen d'une référence contrôlée selon une norme nationale ou internationale.

Les filtres neutres sont des outils de précision qui peuvent être facilement endommagés lors de leur utilisation. Ils doivent être manipulés le moins possible et, lorsque cela est nécessaire, avec précaution pour éviter de les rayer ou de les salir.

Appendice 5

PROCÉDURE D'ÉTALONNAGE

1. ÉTALONNAGE DES INSTRUMENTS D'ANALYSE

1.1 Introduction

Chaque analyseur est étalonné aussi souvent que nécessaire pour respecter les conditions de précision du présent Règlement. La méthode d'étalonnage à utiliser est décrite dans le présent paragraphe pour les analyseurs indiqués au paragraphe 3 de l'appendice 4 et au paragraphe 1 de l'appendice 7.

1.2 Gaz d'étalonnage

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

La date limite d'utilisation déclarée par le fabricant doit être enregistrée.

1.2.1 Gaz purs

La pureté requise des gaz est définie par les limites de pureté indiquées ci-dessous. Les gaz suivants doivent être disponibles pour les mesures:

Azote purifié

(Contamination ≤ 1 ppm C1, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO₂, $\leq 0,1$ ppm NO)

Oxygène purifié

(Pureté $> 99,5$ % vol. O₂)

Mélange hydrogène-hélium

(40 + 2 % d'hydrogène, et le reste en hélium)

(Contamination ≤ 1 ppm C1, ≤ 400 ppm CO₂)

Air synthétique purifié

(Contamination ≤ 1 ppm C1, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO₂, $\leq 0,1$ ppm NO)

(Teneur en oxygène 18 à 21 % vol.).

Propane purifié ou CO pour la vérification du système CVS

1.2.2 Gaz d'étalonnage et de réglage d'échelle

Des mélanges de gaz ayant les compositions chimiques suivantes doivent être disponibles:

C₃H₈ et air synthétique purifié (voir par. 1.2.1)

CO et azote purifié

NO_x et azote purifié (la teneur en NO₂ de ce gaz d'étalonnage ne doit pas excéder 5 % de la teneur en NO)

CO₂ et azote purifié

CH₄ et air synthétique purifié

C₂H₆ et air synthétique purifié

Note: D'autres combinaisons de gaz sont admises à condition qu'ils ne réagissent pas entre eux.

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

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

1.2.3 Utilisation de mélangeurs-doseurs de précision

Les gaz utilisés pour l'étalonnage et pour le réglage d'échelle peuvent aussi être obtenus à l'aide de mélangeurs-doseurs de précision (mélangeurs de gaz) par dilution avec du N₂ purifié ou avec de l'air synthétique purifié. La justesse de l'appareil mélangeur-doseur doit être telle que la concentration des gaz d'étalonnage produits par mélange soit juste à ± 2 % près. Cette condition implique que les gaz primaires utilisés pour produire le mélange soient d'une concentration connue à ± 1 % près, et certifiés conformes à des normes nationales ou internationales pour les gaz. La vérification doit être effectuée à une valeur comprise entre 15 et 50 % de la pleine échelle pour chaque opération d'étalonnage incluant un appareil mélangeur.

À titre de variante, le mélangeur-doseur peut être contrôlé avec un appareil qui est par nature linéaire (exemple: lecture d'un gaz NO avec un DCL). La valeur d'échelle de l'instrument doit être ajustée lorsque le gaz d'étalonnage est directement introduit dans celui-ci. Le mélangeur-doseur de gaz doit être contrôlé aux valeurs de réglage utilisées et la valeur nominale doit être comparée à la concentration mesurée par l'instrument. L'écart doit sur chaque point être au maximum de ± 1 % de la valeur nominale.

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

Le mode d'utilisation des analyseurs doit être conforme aux instructions de mise en marche et d'utilisation du constructeur de l'appareil. Les conditions minimales formulées aux paragraphes 1.4 à 1.9 doivent aussi être prises en compte.

1.4 Essai d'étanchéité

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

Le taux de fuite maximal côté dépression ne doit pas dépasser 0,5 % du débit en utilisation réelle pour la portion du circuit contrôlée. Les débits de l'analyseur et les débits de dérivation peuvent servir à évaluer les débits en utilisation réelle.

À titre de variante, on soumet le circuit à une dépression d'au moins 20 kPa (80 kPa en pression absolue). Après une période initiale de stabilisation, la remontée de pression Δ_p (kPa/min) dans le système ne devrait pas dépasser:

$$\Delta_p = p / V_s \cdot 0,005 \cdot q_{vs}$$

où:

V_s = volume dans le système, en litres

q_{vs} = débit du système, en l/min.

Une autre méthode consiste à ajouter une étape de modification de la concentration à l'entrée du tube de prélèvement en remplaçant le gaz de zéro par un gaz de réglage d'échelle. Si, après un laps de temps suffisant, la valeur indiquée est inférieure d'environ 1 % à la concentration introduite dans le système, cela indique un problème d'étalonnage ou de fuite.

1.5 Contrôle du temps de réponse du système d'analyse

Les réglages du système pour l'évaluation du temps de réponse doivent être exactement les mêmes que pour les mesures en essai réel (pression, débit, réglage des filtres sur les analyseurs et tous autres facteurs influant sur le temps de réponse). La détermination du temps de réponse doit s'effectuer avec un changement de gaz appliqué directement à l'entrée de la sonde de prélèvement. Le changement de gaz doit s'effectuer en moins de 0,1 s. Les gaz utilisés pour l'essai doivent causer une variation de la concentration d'au moins 60 % de l'échelle.

La trace de la concentration de chaque constituant des gaz d'échappement doit être enregistrée. Le temps de réponse est défini comme étant l'écart dans le temps entre le changement de gaz et la variation correspondante de la concentration enregistrée. Le temps de réponse du système (t_{90}) est la somme du temps de retard au détecteur de mesure et du temps de montée du détecteur. Le temps de retard est défini comme le temps écoulé entre l'instant de la variation (t_0) et celui où la réponse est de 10 % de la valeur finale affichée (t_{10}). Le temps de montée est défini comme étant le temps écoulé entre l'instant où la réponse est de 10 % et celui où elle est de 90 % de la valeur finale affichée ($t_{90} - t_{10}$).

Pour le recalage dans le temps des signaux de l'analyseur et du débit de gaz d'échappement dans le cas de la mesure brute, le temps de transformation est défini comme le temps écoulé entre l'instant de la variation (t_0) et celui où la réponse est de 50 % de la valeur finale affichée (t_{50}).

Le temps de réponse du système doit être ≤ 10 s et le temps de montée $\leq 3,5$ s pour tous les constituants réglementés (CO, NO_x, HC ou HCNM) et toutes les gammes utilisées.

1.6 Étalonnage

1.6.1 Ensemble du dispositif

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

1.6.2 Temps d'échauffement

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

1.6.3 Analyseurs NDIR et HFID

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

1.6.4 Établissement de la courbe d'étalonnage

- a) Chaque plage de fonctionnement normalement utilisée doit être étalonnée.
- b) Au moyen d'air synthétique purifié (ou d'azote), on met à zéro les analyseurs de CO, CO₂, NO_x, et HC;
- c) Les gaz d'étalonnage appropriés sont introduits dans les analyseurs, les valeurs enregistrées et la courbe d'étalonnage établie;
- d) La courbe d'étalonnage doit être tracée à partir d'au moins six points d'étalonnage (zéro exclu) espacés aussi uniformément que possible dans la plage de fonctionnement. La concentration nominale la plus élevée doit être égale ou supérieure à 90 % de la pleine échelle;
- e) La courbe d'étalonnage est établie par la méthode des moindres carrés. L'équation linéaire ou non linéaire de meilleur ajustement peut être utilisée;
- f) Les points d'étalonnage ne doivent pas s'écarter de la courbe de meilleur ajustement obtenue par la méthode des moindres carrés de ± 2 % de la valeur relevée ou de plus de $\pm 0,3$ % de la pleine échelle, la valeur la plus élevée étant retenue;
- g) Le réglage du zéro est revérifié et, le cas échéant, la procédure d'étalonnage est recommencée.

1.6.5 Autres méthodes

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

1.6.6 Étalonnage de l'analyseur de gaz traceur pour la mesure du débit d'échappement

La courbe d'étalonnage est établie par au moins six points d'étalonnage (à l'exclusion de zéro) à peu près également espacés sur toute la plage de fonctionnement. La concentration nominale la plus élevée doit être égale ou supérieure à 90 % de la pleine échelle. La courbe d'étalonnage est calculée à l'aide de la méthode des moindres carrés.

Les points d'étalonnage ne doivent pas s'écarter de la courbe d'ajustement déterminée par la méthode des moindres carrés de plus de ± 2 % de la valeur relevée ou de $\pm 0,3$ % de la pleine échelle, la valeur la plus élevée étant retenue.

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 d'échelle ayant une valeur nominale supérieure à 80 % de la pleine échelle de l'analyseur.

1.6.7 Vérification de l'étalonnage

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

L'étalonnage est vérifié au moyen d'un gaz de mise à zéro et d'un gaz de réglage d'échelle dont la valeur nominale est supérieure à 80 % de la pleine échelle de la plage de mesures.

Si, pour les deux points considérés, la valeur relevée ne s'écarte pas de la valeur de référence déclarée de plus de ± 4 % de la pleine échelle, les paramètres de réglage peuvent être modifiés. Dans le cas contraire, il faut établir une nouvelle courbe d'étalonnage conformément au paragraphe 1.5.5.

1.7 Essai d'efficacité du convertisseur de NO₂

L'efficacité du convertisseur utilisé pour la conversion de NO₂ en NO est éprouvée de la manière indiquée aux paragraphes 1.7.1 à 1.7.8 (fig. 6).

1.7.1 Montage d'essai

Avec l'installation d'essai illustrée sur la figure 6 (voir aussi le paragraphe 3.3.5 de l'appendice 4 de la présente annexe) et la méthode décrite ci-dessous, on peut vérifier l'efficacité des convertisseurs au moyen d'un ozoniseur.

1.7.2 Étalonnage

Les analyseurs CLD et HCLD doivent être étalonnés sur la gamme la plus courante, conformément aux instructions du fabricant, au moyen d'un gaz de mise à zéro et d'un gaz de réglage d'échelle (la teneur en NO de celui-ci doit correspondre à 80 % approximativement de la valeur maximale de la gamme, et la teneur en NO₂ du mélange doit être inférieure à 5 % de la teneur en NO). L'analyseur de NO_x doit être réglé sur le mode NO de manière que le gaz de réglage d'échelle ne traverse pas le convertisseur. La concentration indiquée doit être enregistrée.

1.7.3 Calcul

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

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

où:

- a = concentration de NO_x selon le paragraphe 1.7.6
- b = concentration de NO_x selon le paragraphe 1.7.7
- c = concentration de NO selon le paragraphe 1.7.4
- d = concentration de NO selon le paragraphe 1.7.5.

1.7.4 Adjonction d'oxygène

À l'aide d'un raccord en T, on ajoute continuellement de l'oxygène ou de l'air de mise à zéro au flux de gaz jusqu'à ce que la concentration indiquée soit d'environ 20 % inférieure à la concentration d'étalonnage affichée selon le paragraphe 1.7.2 (l'analyseur est réglé sur le mode NO). La concentration «c» indiquée doit être enregistrée. L'ozoniseur est mis hors fonction pendant cette opération.

1.7.5 Mise en fonction de l'ozoniseur

L'ozoniseur est alors mis en fonction de manière à produire suffisamment d'ozone pour faire tomber la concentration de NO à environ 20 % (10 % minimum) de la concentration d'étalonnage spécifiée au paragraphe 1.7.2. La concentration «d» indiquée doit être enregistrée (l'analyseur est réglé sur le mode NO).

1.7.6 Mode NO_x

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

1.7.7 Mise hors fonction de l'ozoniseur

L'ozoniseur est ensuite mis hors fonction. Le mélange de gaz indiqué au paragraphe 1.7.6 traverse le convertisseur pour arriver dans le détecteur. La concentration «b» indiquée doit être enregistrée (l'analyseur est réglé sur le mode NO_x).

1.7.8 Mode NO

L'analyseur est commuté sur le mode NO, l'ozoniseur étant hors fonction; le débit d'oxygène ou d'air synthétique est aussi coupé. La valeur de NO_x indiquée par l'analyseur ne doit pas s'écarter de plus de $\pm 5\%$ de la valeur mesurée conformément au paragraphe 1.7.2 (l'analyseur est réglé sur le mode NO).

1.7.9 Périodicité d'essai

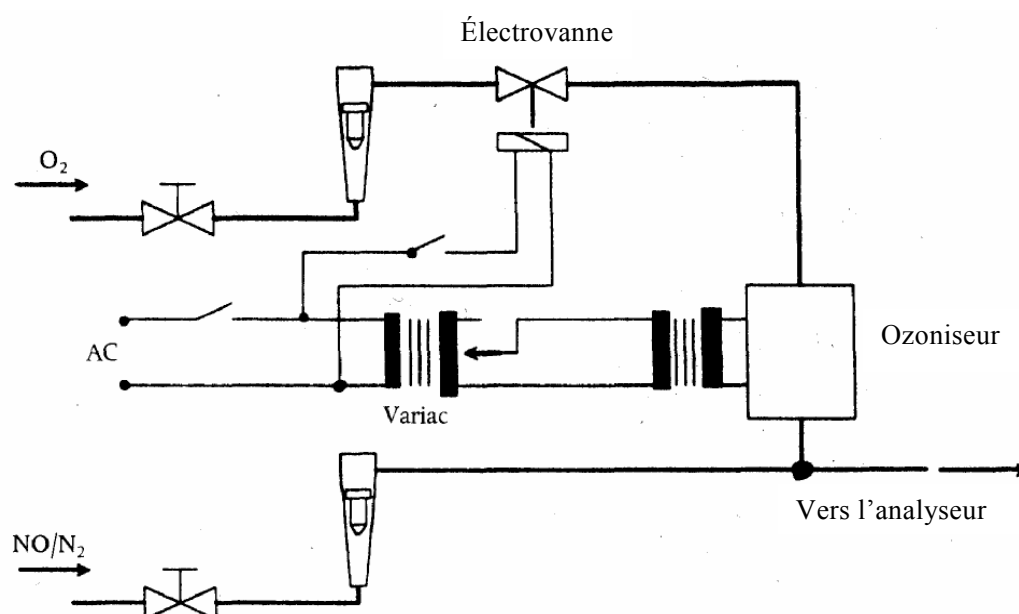
L'efficacité du convertisseur doit être éprouvée avant chaque étalonnage de l'analyseur de NO_x .

1.7.10 Rendement exigé

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

Note: Si, l'analyseur étant réglé sur la plage de fonctionnement la plus courante, l'ozoniseur ne permet pas d'obtenir une réduction de 80 à 20 % de la concentration comme prescrit au paragraphe 1.7.5, on utilise la plage la plus élevée qui donnera cette réduction.

Figure 6
Schéma du système de contrôle de l'efficacité
du convertisseur de NO_x



1.8 Réglage de l'analyseur FID

1.8.1 Optimisation de la réponse du détecteur

L'analyseur FID doit être réglé conformément aux spécifications du fabricant de l'instrument. Un gaz de réglage d'échelle constitué par un mélange air-propane devrait être utilisé pour optimiser la réponse sur la plage de fonctionnement la plus courante.

Les débits de carburant et d'air étant réglés selon les recommandations du fabricant, on introduit un gaz de réglage d'échelle de 350 ± 75 ppm C dans l'analyseur.

La réponse à un débit de carburant donné est déterminée d'après la différence entre la réponse au gaz de réglage d'échelle et la réponse au gaz de mise à zéro. Le débit de carburant doit être augmenté ou réduit par paliers par rapport à la valeur prescrite par le fabricant. La réponse de l'appareil en valeur d'échelle et en zéro à ces débits de carburant doit être enregistrée. Une courbe de l'écart entre la réponse à ces deux valeurs doit être tracée et le débit de carburant doit être réglé du côté riche de la courbe.

1.8.2 Facteurs de réponse aux hydrocarbures

L'analyseur est étalonné avec un mélange propane-air et de l'air synthétique purifié conformément au paragraphe 1.5.

Les facteurs de réponse doivent être déterminés lors de la mise en service d'un analyseur et, par la suite, à de longs intervalles pendant la durée de service.

Les facteurs de réponse doivent être déterminés lors de la mise en service d'un analyseur et lors des opérations principales d'entretien. Le facteur de réponse (R_f) pour un type particulier d'hydrocarbure est le rapport de la valeur C1 indiquée, par l'analyseur FID à la concentration du gaz étalon dans la bouteille exprimée en ppm C1.

La concentration du gaz d'essai doit être suffisamment élevée pour que la réponse soit d'environ 80 % de la pleine échelle. Cette concentration doit être connue avec une précision de ± 2 % par rapport à un étalon gravimétrique exprimé en volume. En outre, la bouteille de gaz doit être préconditionnée pendant vingt-quatre heures à une température de 298 ± 5 K (25 ± 5 °C).

Les gaz d'essai à utiliser et les plages de facteurs de réponse recommandées sont les suivants:

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

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

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

Ces valeurs se rapportent au facteur de réponse (R_f) de 1,00 pour le propane et l'air synthétique purifié.

1.8.3 Contrôle d'interaction avec l'oxygène

Le contrôle de l'interaction avec l'oxygène doit être effectué lors de la mise en service de l'analyseur et lors des opérations principales d'entretien.

Le facteur de réponse est défini; il doit être déterminé comme prescrit au paragraphe 1.8.2. Le gaz d'essai à utiliser et la plage de facteur de réponse recommandée sont les suivants:

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

Cette valeur est rapportée au facteur de réponse (R_f) de 1,00 pour le propane et l'air synthétique purifié.

La concentration d'oxygène dans l'air du brûleur de l'analyseur FID doit être égale à ± 1 % près, en moles, à la concentration d'oxygène dans l'air du brûleur utilisé lors du dernier contrôle de l'interaction avec l'oxygène. Si l'écart est supérieur à cette valeur, on doit contrôler l'interaction avec l'oxygène et régler l'analyseur si nécessaire.

1.8.4 Efficacité du convertisseur d'hydrocarbures non méthaniques (pour les moteurs à gaz naturel seulement)

Le convertisseur est utilisé pour éliminer les hydrocarbures non méthaniques du gaz prélevé en oxydant tous les hydrocarbures sauf le méthane. Dans l'idéal, l'efficacité de la conversion est de 0 % pour le méthane et de 100 % pour les autres hydrocarbures, représentés par l'éthane. Pour la mesure précise des HCNM, les deux efficacités doivent être déterminées et servir de base au calcul du débit-masse d'émissions de HCNM (voir annexe III, appendice 2, par. 4.3).

1.8.4.1 Efficacité pour le méthane

On fait passer le gaz d'étalonnage méthane dans l'analyseur FID, avec et sans passage préalable par le convertisseur d'hydrocarbures non méthaniques et on enregistre les deux concentrations mesurées. L'efficacité se calcule comme suit:

$$E_M = 1 - \frac{C_{HC(w/cutter)}}{C_{HC(w/o\ cutter)}}$$

où:

$C_{HC(w/cutter)}$ = concentration de HC lorsque le CH_4 passe par le convertisseur

$C_{HC(w/o\ cutter)}$ = concentration de HC lorsque le CH_4 ne passe pas par le convertisseur.

1.8.4.2 Efficacité pour l'éthane

On fait passer le gaz d'étalonnage éthane dans l'analyseur FID, avec et sans passage préalable par le convertisseur et on enregistre les deux concentrations mesurées. L'efficacité doit être déterminée comme suit:

$$E_E = 1 - \frac{C_{HC(w/cutter)}}{C_{HC(w/o\ cutter)}}$$

où:

$C_{HC(w/cutter)}$ = concentration de HC lorsque C_2H_6 passe par le convertisseur

$C_{HC(w/o\ cutter)}$ = concentration de HC lorsque C_2H_6 ne passe pas par le convertisseur.

1.9 Effets d'interaction possibles avec les analyseurs de CO, CO₂ et NO_x

Les gaz autres que le gaz analysé présents dans les gaz d'échappement peuvent interférer de plusieurs manières avec les valeurs indiquées. Il y a interaction positive dans les analyseurs NDIR lorsque le gaz parasite cause le même effet que le gaz mesuré mais dans une mesure moindre. Il y a interaction négative dans les analyseurs NDIR lorsque le gaz parasite élargit la bande d'absorption du gaz mesuré, et dans les analyseurs CLD lorsque ce gaz cause l'extinction du rayonnement. Les contrôles d'interaction prescrits aux paragraphes 1.9.1 et 1.9.2 doivent être exécutés avant la mise en service d'un analyseur et lors des opérations principales d'entretien.

1.9.1 Contrôle de l'interaction avec l'analyseur de CO

L'eau et le CO₂ peuvent interférer avec les résultats de l'analyseur de CO. C'est pourquoi il doit être effectué un contrôle avec un gaz de réglage d'échelle CO₂ ayant une concentration de 80 à 100 % de la pleine échelle de la plage la plus élevée utilisée pendant les essais, qui est envoyé dans l'analyseur après barbotage dans un bain d'eau à température ambiante. La réponse de l'analyseur est alors enregistrée. Elle ne doit pas dépasser 1 % de la pleine échelle pour les plages égales ou supérieures à 300 ppm et 3 ppm pour les plages inférieures à 300 ppm.

1.9.2 Contrôle des effets d'extinction pour les analyseurs de NO_x

Les deux gaz à considérer pour les analyseurs CLD (et HCLD) sont le CO₂ et la vapeur d'eau. Les effets d'extinction causés par ces gaz sont proportionnels à leurs concentrations, et il faut donc disposer d'une méthode d'essai permettant de déterminer l'extinction aux plus fortes concentrations rencontrées lors de l'essai.

1.9.2.1 Contrôle de l'extinction par le CO₂

Un gaz d'étalonnage CO₂ ayant une concentration de 80 à 100 % de la pleine échelle de la gamme la plus élevée doit être envoyé dans l'analyseur NDIR et la valeur de CO₂ enregistrée comme A. Il doit ensuite être dilué à 50 % environ avec le gaz de réglage d'échelle NO et envoyé dans l'analyseur NDIR et l'analyseur (H)CLD, les valeurs de CO₂ et de NO étant enregistrées comme B et C respectivement. L'arrivée de CO₂ doit alors être coupée et seul le gaz de réglage d'échelle NO passe par l'analyseur (H)CLD, la valeur mesurée de NO étant enregistrée comme D.

L'effet d'extinction, qui ne doit pas excéder 3 % de la pleine échelle, doit être calculé comme suit:

$$\% \text{ extinction} = \left[1 - \left(\frac{C \cdot A}{(D \cdot A) - (D \cdot B)} \right) \right] \cdot 100$$

où:

- A = concentration de CO₂ non dilué mesurée avec l'analyseur NDIR, en %
- B = concentration de CO₂ dilué mesurée avec l'analyseur NDIR, en %
- C = concentration de NO dilué mesurée avec l'analyseur (H)CLD, en ppm
- D = concentration de NO non dilué, mesurée avec l'analyseur (H)CLD, en ppm.

D'autres méthodes de dilution et de quantification des valeurs des gaz de réglage d'échelle CO₂ et NO telles que le mélange/dosage dynamique peuvent être utilisées.

1.9.2.2 Contrôle de l'effet d'extinction par l'eau

Ce contrôle s'applique seulement aux mesures de la concentration des gaz en conditions humides. Pour le calcul de l'effet d'extinction par l'eau, il faut tenir compte de la dilution du gaz de réglage d'échelle NO par la vapeur d'eau et de l'adaptation de la concentration de vapeur d'eau du mélange à la valeur prévue lors de l'essai.

Un gaz de réglage d'échelle NO ayant une concentration de 80 à 100 % de la pleine échelle de la gamme normalement utilisée doit être envoyé dans l'analyseur (H)CLD, et la valeur NO enregistrée comme D. Le gaz de réglage d'échelle NO, après barbotage dans un bain d'eau à température ambiante, est envoyé dans l'analyseur (H)CLD; la valeur de NO est enregistrée comme C. La pression absolue de fonctionnement de l'analyseur et la température de l'eau doivent être déterminées et enregistrées comme E et F respectivement. La pression de vapeur saturante du mélange qui correspond à la température de l'eau du barboteur F doit être déterminée et enregistrée comme G. La concentration de vapeur d'eau (H, en %) du mélange doit être calculée comme suit:

$$H = 100 \cdot (G/E)$$

La concentration escomptée du gaz de réglage d'échelle NO dilué (dans la vapeur d'eau) (D_e) doit être calculée comme suit:

$$D_e = D \cdot (1 - H/100)$$

Pour les gaz d'échappement des moteurs diesel, la concentration maximale de vapeur d'eau dans les gaz d'échappement (H_m, en %) escomptée lors de l'essai doit être évaluée, sur la base d'un rapport atomique H/C du carburant de 1,8:1, à partir de la concentration du gaz de réglage d'échelle CO₂ non dilué (valeur A, mesurée conformément au paragraphe 1.9.2.1), comme suit:

$$H_m = 0,9 \cdot A$$

Le coefficient d'extinction par l'eau, qui ne doit pas être supérieur à 3 %, doit être calculé comme suit:

$$\% \text{ en extinction} = 100 \cdot ((D_e - C)/D_e) \cdot (H_m/H)$$

où:

D_e = concentration escomptée de NO dilué en ppm

C = concentration de NO dilué en ppm

H_m = concentration maximale de vapeur d'eau en %

H = concentration effective de vapeur d'eau en %.

Note: Il est important que le gaz de réglage d'échelle NO contienne le moins possible de NO₂ pour ce contrôle, étant donné que l'absorption de NO₂ dans l'eau n'est pas prise en compte dans la formule de calcul du coefficient d'extinction.

1.10 Intervalles d'étalonnage

Les analyseurs doivent être étalonnés conformément au paragraphe 1.5 au moins une fois tous les trois mois, ou toutes les fois qu'il est effectué une réparation ou une modification du système qui pourrait influencer sur l'étalonnage.

2. ÉTALONNAGE DU SYSTÈME CVS

2.1 Dispositions générales

Le système CVS doit être étalonné à l'aide d'un débitmètre précis conforme à des normes nationales ou internationales et d'un dispositif réducteur de débit. Le débit traversant le système doit être mesuré pour différents réglages du réducteur et les paramètres de commande et de contrôle du système doivent être mesurés et mis en relation avec le débit.

Il peut être utilisé divers types de débitmètres: tube de venturi étalonné, débitmètre laminaire étalonné, débitmètre à turbine étalonné.

2.2 Étalonnage de la pompe volumétrique (PDP)

Tous les paramètres relatifs à la pompe doivent être mesurés simultanément avec les paramètres relatifs au débitmètre qui est raccordé en série avec la pompe. La courbe du débit calculé (en m³/min à l'entrée de la pompe aux valeurs mesurées de pression et de température absolues) par rapport à une fonction de corrélation qui représente une combinaison donnée de paramètres de la pompe. L'équation linéaire entre le débit de la pompe et la fonction de corrélation peut alors être déterminée. Si le système CVS a plusieurs gammes de vitesses, l'étalonnage doit être exécuté pour chaque gamme utilisée. La stabilité en température doit être maintenue durant l'étalonnage.

2.2.1 Analyse des données

Le débit d'air (Q_s) à chaque réglage du réducteur de débit (six réglages minimum) doit être calculé en m³/min normaux à partir des données du débitmètre conformément à la méthode prescrite par le fabricant. Le débit d'air doit ensuite être

converti en débit de la pompe (V_0) en m^3/tr aux valeurs mesurées de pression et de température absolues à l'entrée de la pompe, comme suit:

$$V_0 = \frac{q_{\text{vcvs}}}{n} \cdot \frac{T}{273} \cdot \frac{101,3}{p_p}$$

où:

q_{vcvs} = débit d'air aux conditions normales (101,3 kPa, 273 K), en m^3/s

T = température à l'entrée de la pompe, en K

p_p = pression absolue à l'entrée de la pompe ($p_B - p_1$), en kPa

n = vitesse de rotation de la pompe, en tr/s .

Pour tenir compte de l'interaction des variations de pression à la pompe et du taux de glissement de celle-ci, on détermine la fonction de corrélation X_0 entre la vitesse de rotation de la pompe, la différence de pression entre entrée et sortie et la pression absolue de sortie de la pompe, comme suit

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

où:

Δp_p = différence de pression entre l'entrée et la sortie de la pompe, en kPa

p_p = pression absolue de sortie de la pompe, en kPa.

On exécute ensuite un ajustement linéaire par les moindres carrés, en vue d'établir l'équation d'étalonnage, comme suit:

$$V_0 = D_0 - m \cdot X_0$$

D_0 et m sont les constantes d'ordonnées à l'origine et de pente, respectivement, décrivant les droites de régression.

Pour un système CVS à plusieurs vitesses, les courbes d'étalonnage obtenues pour les différentes gammes de débit de la pompe doivent être sensiblement parallèles, et la valeur de l'ordonnée à l'origine (D_0) doit augmenter lorsque la gamme de débit de la pompe diminue.

Les valeurs calculées au moyen de l'équation ne doivent pas s'écarter de plus de +0,5 % de la valeur mesurée de V_0 . Les valeurs de m varient d'une pompe à l'autre. Avec le temps, l'encrassement par les particules cause une diminution du glissement, ce qui est reflété par des valeurs plus basses de m ; il doit donc être effectué un étalonnage à la mise en service de la pompe, après tout entretien majeur, et lorsque la vérification du système complet (par. 2.4) indique une variation du taux de glissement.

2.3 Étalonnage du tube de venturi à écoulement critique (CFV)

L'étalonnage du tube de venturi à écoulement critique est basé sur l'équation de débit de celui-ci. Le débit de gaz est fonction de la pression et de la température d'entrée.

2.3.1 Analyse des données

Le débit d'air (Q_s) à chaque réglage du réducteur de débit (huit réglages minimum) doit être calculé en m^3/min normaux à partir des données du débitmètre conformément à la méthode prescrite par le fabricant. Le coefficient d'étalonnage doit être calculé comme suit à partir des données d'étalonnage pour chaque réglage:

$$K_v = \frac{q_{vCVS} \cdot \sqrt{T}}{p_p}$$

où:

q_{vCVS} = débit d'air aux conditions normales (101,3 kPa, 273 K), en m^3/s
 T = température à l'entrée du tube de venturi (K)
 p_p = pression absolue à l'entrée du tube de venturi, en kPa.

Pour déterminer la plage d'écoulement critique, on doit tracer la courbe de K_v en fonction de la pression à l'entrée du tube de venturi. En conditions d'écoulement critique, K_v a une valeur relativement constante. Lorsque la pression diminue (accroissement de la dépression), le venturi se débloque et K_v diminue, ce qui indique que le venturi fonctionne en dehors de la plage admissible.

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

2.4 Étalonnage du venturi subsonique (SSV)

2.4.1 Analyse des données

Le débit d'air (Q_{SSV}) à chaque réglage du réducteur du débit (16 réglages minimum) doit être calculé en m^3/s normaux à partir des données du débitmètre conformément à la méthode prescrite par le fabricant. Le coefficient de décharge doit être calculé à partir des données d'étalonnage pour chaque réglage, comme suit:

$$Q_{SSV} = A_0 d^2 C_d p_p \sqrt{\left[\frac{1}{T} (r_p^{1,4286} - r_p^{1,7143}) \cdot \left(\frac{1}{1 - r_D^4 r_p^{1,4286}} \right) \right]}$$

où:

Q_{SSV} = débit d'air aux conditions normales (101,3 kPa, 273 K), en m^3/s
 T = température à l'entrée du venturi, en K
 d = diamètre du col du SSV, en m

$$r_p = \text{rapport de la pression au col du SSV à la pression statique absolue à l'entrée:}$$

$$1 - \frac{\Delta p}{p_p}$$

$$r_D = \text{rapport du diamètre du col du SSV, } d, \text{ au diamètre intérieur du tuyau d'entrée } D.$$

Pour déterminer la plage d'écoulement subsonique, on trace la courbe de C_d en fonction du nombre de Reynolds, au col du SSV. La valeur de Re au col du SSV doit être calculée au moyen de l'équation suivante:

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

où:

$$A_1 = \text{un ensemble de constantes et de conversions d'unité}$$

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

$$Q_{SSV} = \text{débit d'air aux conditions normales (101,3 kPa, 273 K), en } m^3/s$$

$$d = \text{diamètre du col du SSV, en m}$$

$$\mu = \text{viscosité absolue ou dynamique du gaz, calculée selon la formule suivante:}$$

$$\mu = \frac{b \cdot T^{1,5}}{S + T} \text{ kg/m-s}$$

$$b = \text{constante empirique} = 1,458 \cdot 106, \text{ kg/ms K}^{0,5}$$

$$S = \text{constante empirique} = 110,4 \text{ K.}$$

Étant donné que la valeur Q_{SSV} est une valeur d'entrée de la formule Re , les calculs doivent initialement se fonder sur une estimation de Q_{SSV} ou du facteur C_d du tube de venturi étalonné, à partir de laquelle on procède par itération jusqu'à ce qu'il y ait convergence de la valeur Q_{SSV} . La méthode de convergence doit être juste à 0,1 % de point ou mieux.

Pour un nombre minimal de 16 points dans la région de l'écoulement subsonique, les valeurs calculées de C_d provenant de l'équation d'ajustement de la courbe d'étalonnage résultante doivent se situer à $\pm 0,5$ % de la valeur C_d pour chaque point d'étalonnage.

2.5 Vérification du système complet

Pour déterminer la justesse totale du système de prélèvement CVS et du système d'analyse, on introduit une masse connue d'un gaz polluant dans le système, celui-ci fonctionnant de manière normale. Le polluant est analysé, et sa masse déterminée conformément au paragraphe 4.3 de l'appendice 2 de l'annexe 4A, sauf dans le cas du propane, où l'on applique un facteur de 0,000472 au lieu de 0,000479 pour les HC. L'une ou l'autre des deux méthodes suivantes doit être appliquée.

2.5.1 Dosage à l'aide d'un ajutage à écoulement critique

On introduit dans le système CVS, par l'intermédiaire d'un ajutage critique étalonné, une quantité connue d'un gaz pur (monoxyde de carbone ou propane). Si la pression d'entrée est suffisamment élevée, le débit, qui est réglé par l'ajutage en régime critique, est indépendant de la pression à la sortie de l'ajutage (c'est-à-dire qu'il y a écoulement critique). Le système CVS doit fonctionner pendant cinq à dix minutes comme pour un essai normal de mesure des émissions d'échappement.

Un échantillon de gaz doit être analysé à l'aide de l'équipement habituel (sac de collecte ou mesure par intégration), et la masse de gaz doit être calculée. La valeur ainsi obtenue ne doit pas s'écarter de plus de ± 3 % de la masse connue de gaz injecté.

2.5.2 Dosage par une méthode gravimétrique

On mesure avec une précision de $\pm 0,01$ g le poids d'une petite bouteille remplie de monoxyde de carbone ou de propane. Pendant cinq à dix minutes, on fait fonctionner le système CVS comme pour un essai normal de mesure des émissions d'échappement, tout en injectant dans le système du monoxyde de carbone ou du propane. La quantité de gaz pur introduite dans le système est déterminée par pesée différentielle. Un échantillon de gaz doit être analysé à l'aide de l'équipement habituel (sac de collecte ou mesure par intégration), et la masse de gaz doit être calculée. La valeur ainsi obtenue ne doit pas s'écarter de plus de ± 3 % de la masse connue de gaz injecté.

3. ÉTALONNAGE DU SYSTÈME DE MESURE DES PARTICULES

3.1 Introduction

L'étalonnage du système de mesure des particules est limité à celui des débitmètres utilisés pour déterminer le débit de prélèvement et le taux de dilution. Chaque débitmètre doit être étalonné aussi fréquemment qu'il est nécessaire pour satisfaire aux prescriptions de justesse énoncées dans le présent Règlement. La méthode d'étalonnage doit être celle décrite au paragraphe 3.2.

3.2 Mesure du débit

3.2.1 Étalonnage périodique

- a) Pour satisfaire aux exigences de justesse absolue des mesures de débit comme spécifié au paragraphe 2.2 de l'appendice 4 de la présente annexe, le débitmètre ou les instruments de mesure du débit sont étalonnés en utilisant un débitmètre précis répondant aux normes internationales et/ou nationales.
- b) Si le débit de gaz prélevé est déterminé par mesure d'une différence de débit, le débitmètre ou l'appareillage de mesure de débit doivent être étalonnés selon l'une des méthodes suivantes, de telle manière que le débit de prélèvement q_{mp} entrant dans le tunnel satisfasse aux conditions de justesse énoncées au paragraphe 4.2.5.2 de l'appendice 4 de la présente annexe:

- i) Le débitmètre de mesure de q_{mdw} doit être raccordé en série au débitmètre de mesure de q_{mdew} , la différence entre les valeurs des deux débitmètres devant être étalonnée sur au moins cinq points de réglage correspondant à des valeurs de débit également espacées entre la plus basse valeur q_{mdw} utilisée lors de l'essai et la valeur de q_{mdew} utilisée lors de l'essai. Pour la mesure, le tunnel de dilution peut être contourné.
- ii) Un débitmètre étalonné doit être raccordé en série au débitmètre de mesure de q_{mdew} , et la justesse de la mesure doit être contrôlée pour la valeur utilisée lors de l'essai. Le débitmètre étalonné doit ensuite être raccordé en série au débitmètre de mesure de q_{mdw} , et la justesse doit être contrôlée sur au moins cinq points de réglage correspondant à un taux de dilution variant entre 3 et 50, par rapport à la valeur de q_{mdew} utilisée lors de l'essai.
- iii) Le tube de transfert TT doit être déconnecté de l'échappement et un dispositif étalonné de mesure du débit ayant une plage de mesure appropriée pour la mesure de q_{mp} doit être raccordé au tube de transfert. La valeur de q_{mdew} doit ensuite être réglée à la valeur utilisée lors de l'essai et celle de q_{mdw} doit être successivement réglée sur au moins cinq valeurs correspondant à des taux de dilution variant entre 3 et 50. Autre variante possible, il peut être installé un circuit spécial d'étalonnage, contournant le tunnel, mais où le débit total et le débit d'air de dilution passent par les débitmètres correspondants, comme lors de l'essai réel.
- iv) Un gaz témoin doit être introduit dans le tube de transfert TT. Ce gaz témoin peut être un constituant du gaz d'échappement tel que CO_2 ou NO_x . Après dilution dans le tunnel, la concentration du gaz témoin doit être mesurée. Cette mesure doit s'effectuer pour cinq taux de dilution variant entre 3 et 50. La justesse du débit de prélèvement doit être déterminée d'après le taux de dilution r_d :

$$q_{mp} = \frac{q_{mdew}}{r_d}$$

- c) Il est nécessaire de prendre en compte les valeurs de justesse respectives des analyseurs de gaz pour pouvoir garantir la justesse de q_{mp} .

3.2.2 Contrôle du débit de carbone

- a) Il est recommandé d'effectuer un contrôle du débit de carbone sur les gaz d'échappement réels pour détecter les éventuels problèmes de mesure et de réglage du système et contrôler le bon fonctionnement du système à dilution en flux partiel. Le contrôle du débit de carbone devrait être effectué au moins à chaque installation d'un nouveau moteur ou à chaque modification notable apportée à la configuration de la chambre d'essai.

- b) Le moteur doit fonctionner à pleine charge au régime de couple maximal ou sur tout autre mode stabilisé produisant un taux de CO₂ de 5 % ou plus. Le système de prélèvement en flux partiel doit fonctionner avec un rapport de dilution d'environ 15 à 1.
- c) Si un contrôle du débit de carbone est effectué, la procédure décrite à l'appendice 6 de la présente annexe doit être appliquée. Les débits de carbone doivent être calculés conformément aux paragraphes 2.1 à 2.3 de l'appendice 6 de la présente annexe. Toutes les valeurs de débit de carbone devraient concorder à 6 % près.

3.2.3 Contrôle préliminaire à l'essai

- a) Un contrôle préliminaire doit être effectué deux heures au maximum avant l'essai dans les conditions suivantes.
- b) La justesse des débitmètres doit être contrôlée par la même méthode que celle appliquée pour l'étalonnage (voir par. 3.2.1 du présent appendice) pour au moins deux points, y compris les valeurs de débit de q_{mdw} qui correspondent à des taux de dilution compris entre 5 et 15 pour la valeur de q_{mdew} utilisée lors de l'essai.
- c) Le contrôle préliminaire peut être omis s'il est possible de démontrer sur la base des enregistrements concernant les opérations d'étalonnage effectuées conformément au paragraphe 3.2.1 que l'étalonnage des débitmètres est stable pendant une longue durée.

3.3 Détermination du temps de transformation (pour les systèmes de dilution du flux partiel, lors des essais ETC seulement)

- a) Les réglages du système pour l'évaluation du temps de transformation doivent être exactement les mêmes que ceux s'appliquant à la mesure lors de l'essai réel. Le temps de transformation doit être déterminé selon la méthode suivante.
- b) Un débitmètre de référence indépendant ayant une plage de mesure appropriée pour le débit de la sonde doit être raccordé en série à la sonde à proximité immédiate de celle-ci. Ce débitmètre doit avoir un temps de transformation inférieur à 100 ms pour la dimension de l'échelon d'accroissement du débit utilisé pour la mesure du temps de réponse, et doit présenter une restriction au débit suffisamment faible pour ne pas affecter le comportement dynamique du système de dilution en flux partiel; il doit être installé conformément aux règles de l'art.
- c) Une variation en échelon du débit doit être appliquée à l'entrée des gaz d'échappement (ou à l'entrée d'air si le débit de gaz d'échappement est déterminé par calcul) du système de dilution en flux partiel, depuis une valeur de débit faible jusqu'à 90 % au moins de la pleine échelle. Le signal de déclenchement de l'échelon devrait être le même que celui utilisé pour

déclencher le réglage prédictif lors de l'essai réel. Le signal d'accroissement du débit de gaz d'échappement et la réponse du débitmètre doivent être enregistrés à une fréquence d'échantillonnage d'au moins 10 Hz.

- d) À partir de ces données, on détermine le temps de transformation pour le système de dilution en flux partiel, qui est le temps écoulé depuis l'amorçage de l'échelon jusqu'au point 50 % de la réponse du débitmètre. On détermine de la même manière les temps de transformation du signal q_{mp} du débitmètre du système de dilution en flux partiel et du signal $q_{mew,i}$ du débitmètre de gaz d'échappement. Les signaux sont utilisés pour les opérations de contrôle par régression effectuées après chaque essai (voir par. 3.8.3.2 de l'appendice 2 à la présente annexe).
- e) Les calculs doivent être répétés pour au moins cinq signaux de montée et de descente, et la moyenne des résultats doit être calculée. Le temps de transformation interne (< 100 ms) du débitmètre de référence est déduit de cette valeur, ce qui donne la valeur «prédictive» du système de dilution en flux partiel, qui doit être appliquée conformément au paragraphe 3.8.3.2 de l'appendice 2 de la présente annexe.

3.4 Vérification des conditions du prélèvement en flux partiel

La gamme de vitesse des gaz d'échappement et les oscillations de pression doivent être vérifiées et ajustées conformément aux dispositions du paragraphe 2.2.1 de l'appendice 7 (point EP), s'il y a lieu.

3.5 Intervalles d'étalonnage

Les instruments de mesure du débit doivent être étalonnés au moins une fois tous les trois mois ou à chaque réparation ou modification du système susceptible d'influer sur l'étalonnage.

4. ÉTALONNAGE DE L'ÉQUIPEMENT DE MESURE DES FUMÉES

4.1 Introduction

L'opacimètre doit être étalonné aussi souvent que nécessaire pour satisfaire aux conditions en matière de justesse énoncées dans le présent Règlement. La méthode d'étalonnage appliquée est décrite dans la présente section pour les éléments visés au paragraphe 5 de l'appendice 4 de l'annexe 4 et au paragraphe 3 de l'appendice 7 de la présente annexe.

4.2 Procédure d'étalonnage

4.2.1 Temps de mise en température

Les opérations de mise en température et de stabilisation de l'opacimètre doivent être effectuées conformément aux recommandations du fabricant. S'il est équipé d'un système de purge par air destiné à éviter le dépôt de suie sur l'optique de l'appareil,

ce système devrait aussi être actionné et réglé conformément aux recommandations du fabricant.

4.2.2 Détermination de la linéarité de la réponse

La linéarité de l'opacimètre doit être vérifiée sur le mode opacité conformément aux recommandations du fabricant. Trois filtres de densité neutre ayant une transmittance connue, et satisfaisant aux conditions énoncées au paragraphe 5.2.5 de l'appendice 4 de la présente annexe, doivent être introduits dans l'opacimètre, et les valeurs correspondantes doivent être enregistrées. Les filtres de densité neutre doivent avoir des opacités nominales d'environ 10 %, 20 % et 40 %.

La linéarité ne doit pas s'écarter de plus de ± 2 % de la valeur nominale du filtre de densité neutre. Tout défaut de linéarité dépassant cette valeur doit être corrigé avant l'essai.

4.3 Intervalles d'étalonnage

L'opacimètre doit être étalonné conformément au paragraphe 4.2.2 au moins une fois tous les trois mois ou à chaque réparation ou modification du système susceptible d'influer sur l'étalonnage.

Appendice 6

CONTRÔLE DU FLUX DE CARBONE

1. INTRODUCTION

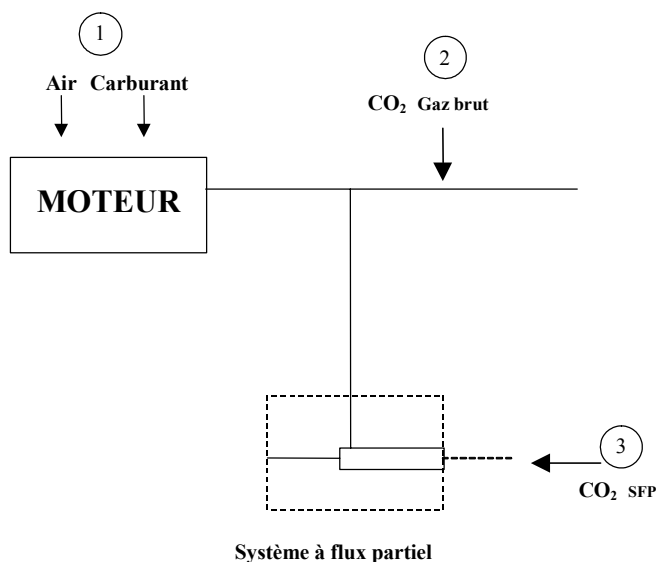
Tout le contenu de carbone des gaz d'échappement, à une très faible quantité près, provient du carburant; tout ce carbone, à une très faible quantité près, est présent dans les gaz d'échappement sous la forme de CO₂. C'est sur cette base que repose un système de contrôle par mesure du CO₂.

Le flux de carbone dans les systèmes de mesure des gaz d'échappement est déterminé à partir du débit de carburant. Le flux de carbone aux différents points de prélèvement dans les systèmes de mesure des émissions et des particules est déterminé à partir des concentrations de CO₂ et des débits de gaz à ces points.

À cet égard, le moteur constitue une source connue de flux de carbone, et le suivi de ce flux de carbone dans le tuyau d'échappement et à la sortie du système de prélèvement des particules en flux partiel permet de vérifier l'étanchéité aux fuites et la justesse de la mesure du débit. L'avantage de cette méthode de contrôle est que les composants fonctionnent dans les conditions normales de fonctionnement du moteur en ce qui concerne la température et le débit.

Le diagramme ci-après indique les points de prélèvement où les débits de carbone doivent être contrôlés. Les équations spécifiques pour les flux de carbone en chacun des points de prélèvement sont données ci-après.

Figure 7
Points de prélèvement pour le contrôle du flux de carbone



2. CALCULS

2.1 Flux de carbone entrant dans le moteur (point de prélèvement 1)

Le débit-masse de carbone entrant dans le moteur pour un carburant $\text{CH}_\alpha\text{O}_\varepsilon$ est donné par la formule:

$$q_{\text{mCr}} = \frac{12,011}{12,01 + \alpha + 15,999 \cdot \varepsilon} \cdot q_{\text{mf}}$$

où:

q_{mf} = débit-masse de carburant, en kg/s.

2.2 Débit de carbone dans les gaz d'échappement bruts (point de prélèvement 2)

Le débit-masse de carbone dans le tuyau d'échappement du moteur doit être déterminé à partir de la concentration de CO_2 dans les gaz d'échappement bruts et du débit-masse de gaz d'échappement:

$$q_{\text{mCe}} = \left(\frac{c_{\text{CO2r}} - c_{\text{CO2a}}}{100} \right) \cdot q_{\text{mew}} \cdot \frac{12,011}{M_{\text{re}}}$$

où:

$c_{\text{CO2,r}}$ = concentration de CO_2 en conditions humides dans les gaz d'échappement bruts, en %

$c_{\text{CO2,a}}$ = concentration de CO_2 en conditions humides dans l'air ambiant, en %

q_{mew} = débit-masse de gaz d'échappement en conditions humides, en kg/s

M_{re} = masse moléculaire des gaz d'échappement.

Si le CO_2 est mesuré sur base sèche, les chiffres doivent être convertis en valeurs sur base humide conformément au paragraphe 5.2 de l'appendice 1 de la présente annexe.

2.3 Débit de carbone dans le système de dilution (point de prélèvement 3)

Le débit de carbone doit être déterminé à partir de la concentration de CO_2 dans les gaz d'échappement dilués, du débit-masse de gaz d'échappement et du débit de prélèvement des gaz d'échappement:

$$q_{\text{mCp}} = \left(\frac{c_{\text{CO2d}} - c_{\text{CO2a}}}{100} \right) \cdot q_{\text{mdew}} \cdot \frac{12,011}{M_{\text{re}}} \cdot \frac{q_{\text{mew}}}{q_{\text{mp}}}$$

où:

$c_{\text{CO2,d}}$ = concentration de CO_2 en conditions humides dans les gaz d'échappement dilués à la sortie du tunnel de dilution, en %

$c_{\text{CO2,a}}$ = concentration de CO_2 en conditions humides dans l'air ambiant, en %
(environ 0,04 %)

q_{mdew} = débit-masse des gaz d'échappement dilués en conditions humides, en kg/s

- q_{mew} = débit-masse de gaz d'échappement en conditions humides, en kg/s (système à dilution en flux partiel seulement)
 q_{mp} = débit de prélèvement de gaz d'échappement dans le système à dilution en flux partiel, en kg/s (système à dilution en flux partiel seulement)
 M_{re} = masse moléculaire des gaz d'échappement.

Si le CO₂ est mesuré sur base sèche, les chiffres doivent être convertis en valeurs sur base humide conformément au paragraphe 5.2 de l'appendice 1 de la présente annexe.

2.4 La masse moléculaire (M_{re}) des gaz d'échappement est calculée comme suit:

$$M_{re} = \frac{1 + \frac{q_{mf}}{q_{maw}}}{\frac{q_{mf}}{q_{maw}} \cdot \frac{\frac{\alpha}{4} + \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\delta}{2}}{12,01 + 1,0079 \cdot \alpha + 15,999 \cdot \varepsilon + 14,006 \cdot \delta + 32,06 \cdot \gamma} + \frac{\frac{H_a \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 1,0079 + 15,999} + \frac{1}{M_{ra}}}{1 + H_a \cdot 10^{-3}}}$$

où:

- q_{mf} = débit-masse de carburant, en kg/s
 q_{maw} = débit-masse d'air d'admission sur base humide, en kg/s
 H_a = humidité de l'air d'admission, eau en grammes par kg d'air sec:
 M_{ra} = masse molaire de l'air sec (= 28,9 g/mol).
 $\alpha, \delta, \varepsilon, \gamma$ = rapports molaires se rapportant à un carburant C H _{α} O _{δ} N _{ε} S _{γ} .

Les masses moléculaires suivantes peuvent également être utilisées:

- M_{re} (gazole) = 28,9 g/mol
 M_{re} (GPL) = 28,6 g/mol
 M_{re} (GN) = 28,3 g/mol.

Appendice 7

SYSTÈMES DE PRÉLÈVEMENT ET D'ANALYSE

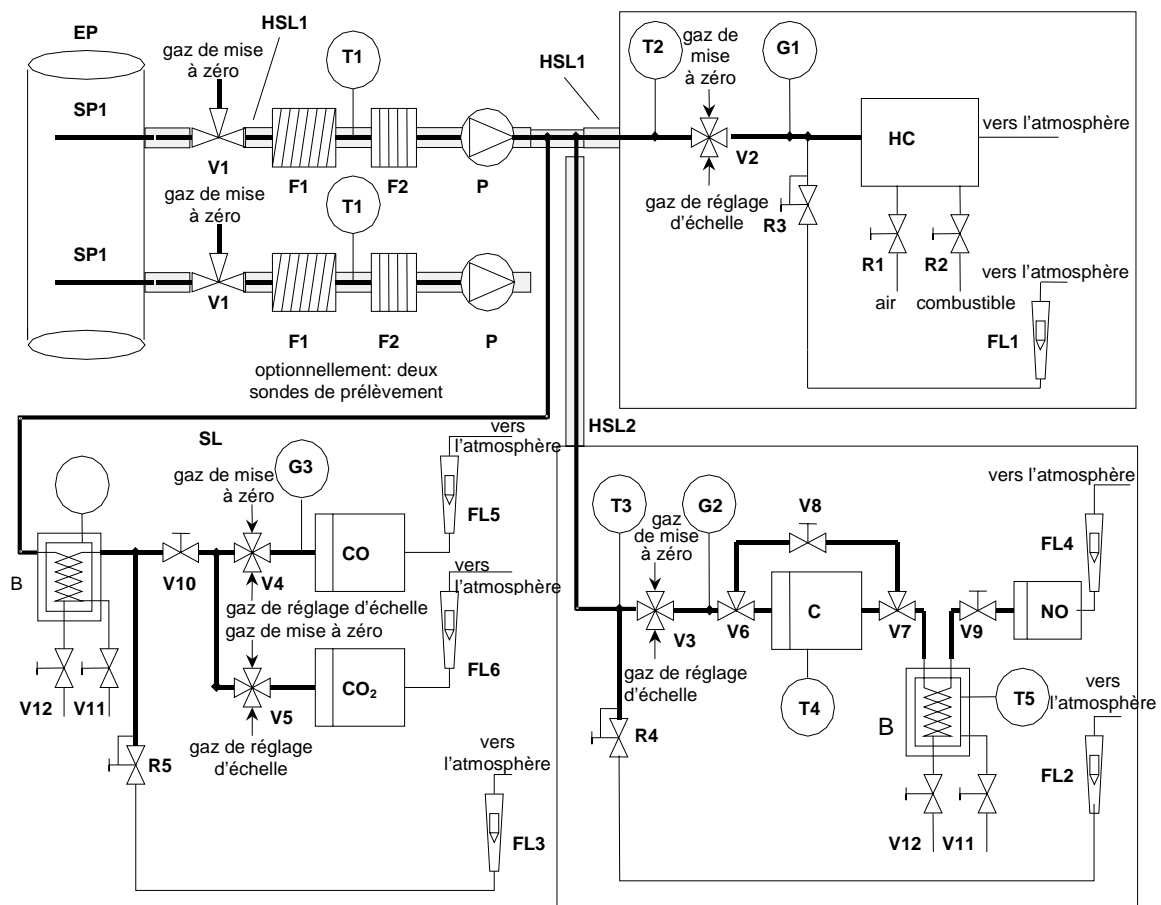
1. DÉTERMINATION DES ÉMISSIONS DE GAZ

1.1 Introduction

Le paragraphe 1.2 et les figures 7 et 8 donnent une description détaillée des systèmes recommandés de prélèvement et d'analyse. Étant donné que des configurations différentes peuvent permettre d'obtenir des résultats équivalents, la conformité rigoureuse aux figures 7 et 8 n'est pas exigée. Des éléments additionnels tels qu'appareils de mesure, robinets, électrovannes, pompes et interrupteurs peuvent être utilisés pour la collecte d'informations supplémentaires et pour coordonner les fonctions du système. D'autres éléments qui, dans certains systèmes, ne sont pas nécessaires pour garantir la justesse peuvent être omis si cela est compatible avec les règles de l'art.

Figure 7

Schéma de principe du système d'analyse des gaz d'échappement bruts pour la mesure du CO, du CO₂, des NO_x et des HC (essai ESC seulement)



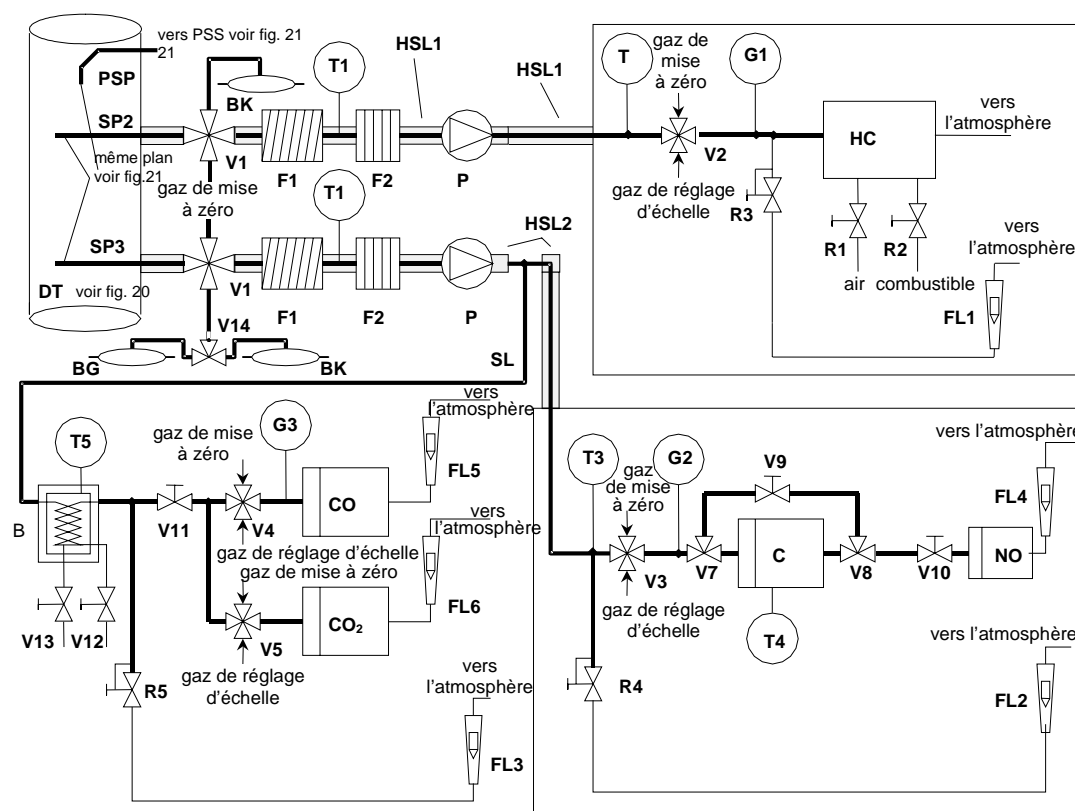
1.2 Description d'un système d'analyse

Le système d'analyse pour la mesure des émissions gazeuses dans les gaz d'échappement non dilués (fig. 7, essai ESC seulement) ou dans les gaz d'échappement dilués (fig. 8, essais ETC et ESC) décrit ici utilise:

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

L'échantillon pour tous les composants peut être prélevé au moyen d'une seule sonde ou au moyen de deux sondes situées à proximité immédiate l'une de l'autre et répartissant au niveau interne l'échantillon vers les différents analyseurs. Des précautions doivent être prises pour éviter toute condensation des composants des gaz d'échappement (y compris l'eau et l'acide sulfurique) en un point quelconque du système d'analyse.

Figure 8
Schéma de principe du système d'analyse des gaz d'échappement dilués pour la mesure du CO, du CO₂, des NO_x et des HC (essai ETC, optionnel pour l'essai ESC)



1.2.1 Éléments des figures 7 et 8

Tuyau d'échappement EP

Sonde de prélèvement des gaz d'échappement (fig. 7 seulement)

L'utilisation d'une sonde droite à bout fermé et à trous multiples est recommandée. Son diamètre intérieur ne doit pas être supérieur au diamètre intérieur de la ligne de prélèvement. L'épaisseur de paroi de la sonde ne doit pas dépasser 1 mm. Elle doit comporter un minimum de trois trous situés dans trois plans radiaux différents, et de dimension telle qu'ils prélèvent sensiblement le même débit. La sonde doit s'étendre sur au moins 80 % du diamètre du tuyau d'échappement. Il peut y avoir une ou deux sondes de prélèvement

SP2 Sonde de prélèvement des gaz d'échappement dilués pour la mesure des HC (fig. 8 seulement)

La sonde:

- a) doit former la première section, de longueur comprise entre 254 mm et 762 mm, de la ligne de prélèvement chauffée HSL1;
- b) doit avoir un diamètre intérieur minimal de 5 mm;
- c) doit être installée dans le tunnel de dilution DT (voir par. 2.3, fig. 20) en un point où l'air de dilution et les gaz d'échappement sont intimement mélangés (c'est-à-dire approximativement à une distance égale à 10 diamètres du tunnel en aval du point où les gaz d'échappement entrent dans celui-ci);
- d) doit être suffisamment éloignée (radialement) des autres sondes et de la paroi du tunnel pour ne pas subir d'effet de sillage ou de remous;
- e) doit être chauffée de manière à ce que la température du courant de gaz soit portée à 463 ± 10 K (190 ± 10 °C) à la sortie de la sonde.

SP3 Sonde de prélèvement des gaz d'échappement dilués pour la mesure du CO, du CO₂ et des NO_x (fig. 8 seulement)

La sonde:

- a) doit être située dans le même plan que SP2;
- b) doit être suffisamment éloignée (radialement) des autres sondes et de la paroi du tunnel pour ne pas subir d'effet de sillage ou de remous;
- c) doit être chauffée et isolée sur toute sa longueur pour être maintenue à une température minimale de 328 K (55 °C) de manière à éviter toute condensation d'eau.

HSL1 Ligne de prélèvement chauffée

La ligne de prélèvement doit servir à transmettre un échantillon de gaz d'une sonde individuelle au(x) point(s) de répartition et à l'analyseur de HC.

La ligne de prélèvement:

- a) doit avoir un diamètre intérieur de 5 mm au minimum et de 13,5 mm au maximum;
- b) doit être en acier inoxydable ou en PTFE;
- c) doit être maintenue à une température de paroi de 463 ± 10 K (190 ± 10 °C), mesurée au droit de chaque section chauffée à réglage réglé séparé, pour une température des gaz d'échappement à la sonde de prélèvement ≤ 463 K (190 °C);
- d) doit être maintenue à une température de paroi supérieure à 453 K (180 °C) pour une température des gaz d'échappement à la sonde de prélèvement > 463 K (190 °C);
- e) doit maintenir une température des gaz de 463 ± 10 K (190 ± 10 °C) immédiatement en amont du filtre chauffé F2 et de l'analyseur HFID.

HSL2 Ligne de prélèvement chauffée pour la mesure des NO_x

La ligne de prélèvement:

- a) doit être maintenue à une température de paroi de 328 K à 473 K (55 à 200 °C) jusqu'au convertisseur C lorsqu'il est utilisé un bain de refroidissement B, et jusqu'à l'analyseur si ce n'est pas le cas;
- b) doit être en acier inoxydable ou en PTFE.

SL Ligne de prélèvement pour le CO et le CO₂

La ligne doit être en PTFE ou en acier inoxydable. Elle peut être chauffée ou non chauffée.

BK Sac de prélèvement pour la mesure des concentrations ambiantes (optionnel; fig. 8 seulement)

Destiné au prélèvement pour la mesure des concentrations ambiantes.

BG Sac de prélèvement (optionnel; fig. 8, CO et CO₂ seulement)

Destiné au prélèvement de l'échantillon proprement dit.

F1 Préfiltre chauffé (optionnel)

Il doit être à la même température que HSL1.

F2 Filtre chauffé

Il extrait les particules solides éventuellement présentes dans l'échantillon de gaz avant l'entrée dans l'analyseur. Il doit être à la même température que HSL1. Il doit être changé dès que nécessaire.

P Pompe de prélèvement chauffée

La pompe doit être maintenue à la même température que HSL1.

HC Détecteur à ionisation de flamme chauffé pour la mesure des hydrocarbures

Sa température doit être maintenue entre 453 et 473 K (180 à 200 °C).

CO, CO₂ Analyseurs NDIR pour la mesure du monoxyde de carbone et du dioxyde de carbone (optionnel pour la détermination du taux de dilution pour la mesure des particules).

NO Analyseur CLD ou HCLD pour la mesure des oxydes d'azote.

Si un analyseur HCLD est utilisé, il doit être maintenu à une température de 328 à 473 K (55 à 200 °C).

C Convertisseur

Un convertisseur doit être utilisé pour la réduction catalytique de NO₂ en NO avant l'analyse des gaz dans l'analyseur CLD ou HCLD.

B Bain de refroidissement (facultatif)

Celui-ci sert à refroidir et condenser l'eau pour l'extraire de l'échantillon de gaz d'échappement. Il doit être maintenu à une température comprise entre 273 et 277 K (0 à 4 °C) au moyen de glace ou par réfrigération. Il est facultatif si l'analyseur ne présente pas d'interaction avec la vapeur d'eau comme défini aux paragraphes 1.9.1 et 1.9.2 de l'appendice 5 de la présente annexe. Si l'eau est extraite par condensation, la température ou le point de rosée de l'échantillon de gaz doivent être contrôlés soit dans le séparateur même, soit en aval. La température ou le point de rosée des gaz ne doit pas dépasser 280 K (7 °C). Les dessiccateurs chimiques ne sont pas autorisés pour l'extraction de l'eau de l'échantillon.

T1, T2, T3 Capteur de température

Servant à contrôler la température du courant de gaz.

T4 Capteur de température

Servant à contrôler la température du convertisseur NO₂-NO.

T5 Capteur de température

Servant à contrôler la température du bain de refroidissement.

G1, G2, G3 Manomètre

Servant à mesurer la pression dans les lignes de prélèvement.

R1, R2 Régulateur de pression

Servant à régler la pression de l'air et du combustible, respectivement, dans l'analyseur HFID.

R3, R4, R5 Régulateur de pression

Servant à régler la pression dans les lignes de prélèvement et le débit vers les analyseurs.

FL1, FL2, FL3 Débitmètre

Servant à mesurer le débit de dérivation de l'échantillon.

FL4 à FL6 Débitmètre (facultatif)

Servant à mesurer le débit passant par les analyseurs.

V1 à V5 Robinet de sélection

Vanne permettant d'envoyer les gaz d'échappement, le gaz de réglage d'échelle ou le gaz de mise à zéro vers les analyseurs.

V6, V7 Electrovanne

Permettant de contourner le convertisseur NO₂-NO.

V8 Robinet à pointeau

Permettant d'équilibrer le débit entre le convertisseur C NO₂-NO et la dérivation.

V9, V10 Robinet à pointeau

Permettant de régler le débit vers les analyseurs.

V11, V12 Robinet de purge (facultatif)

Permettant de purger le bain B du condensat.

1.3 Analyse des hydrocarbures non méthaniques (moteurs à gaz naturel seulement)

1.3.1 Méthode par chromatographie en phase gazeuse (CG, fig. 9)

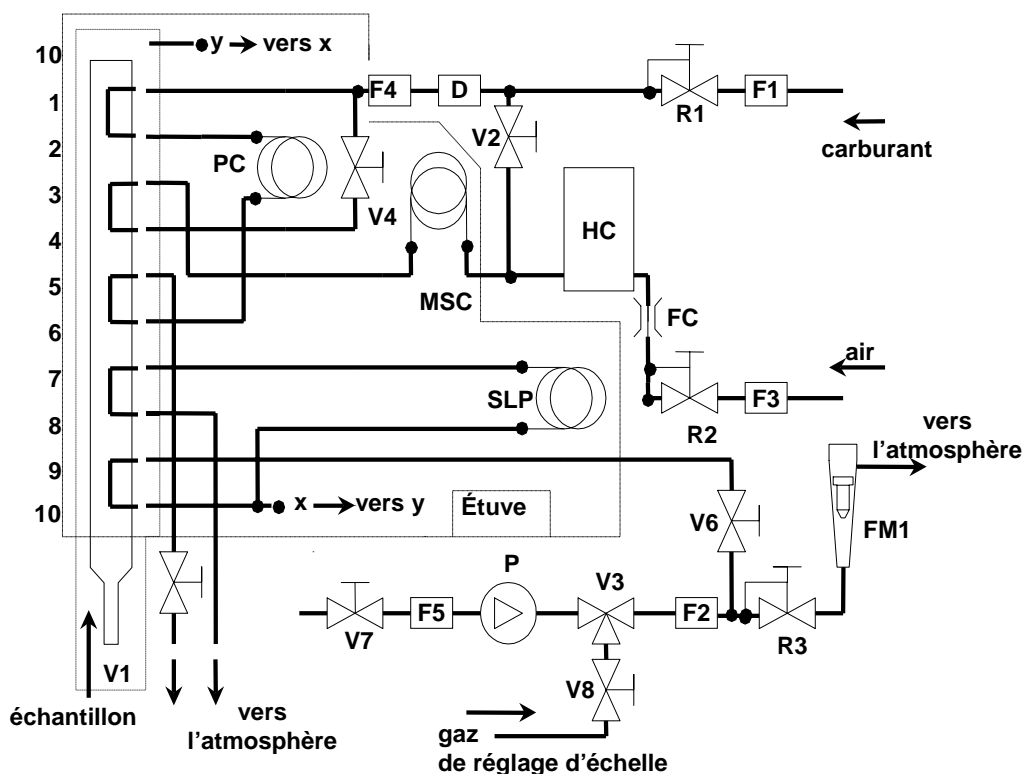
La méthode par chromatographie en phase gazeuse consiste à injecter un petit volume mesuré de l'échantillon dans une colonne d'analyse à travers laquelle l'échantillon est entraîné par un gaz vecteur inerte. La colonne sépare les divers composants selon leur point d'ébullition, les composants mettant plus ou moins

longtemps à migrer dans la colonne. À la sortie de celle-ci, ils passent à travers un détecteur qui émet un signal électrique (pic) dépendant de leur concentration. Étant donné qu'il ne s'agit pas d'une technique d'analyse continue, elle peut seulement être appliquée en liaison avec la méthode du prélèvement en sacs telle qu'elle est décrite au paragraphe 3.4.2 de l'appendice 4 de la présente annexe.

Pour l'analyse des hydrocarbures non méthaniques, on doit utiliser un appareil de chromatographie en phase gazeuse automatisé associé à un analyseur FID. Les gaz d'échappement doivent être prélevés dans un sac de collecte où une partie des gaz doit être prélevée et injectée dans l'appareil CG. L'échantillon est dissocié en deux parties ($\text{CH}_4/\text{air}/\text{CO}$ et $\text{NMHC}/\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$) dans la colonne Porapak. La colonne à tamis moléculaire sépare le CH_4 de l'air et du CO avant de le transmettre à l'analyseur FID où sa concentration est mesurée. Un cycle complet, depuis l'injection d'un échantillon jusqu'à l'injection du suivant peut être exécuté en trente secondes. Pour la détermination des NMHC, on doit soustraire la concentration de CH_4 de la concentration totale d'hydrocarbures totaux (voir le paragraphe 4.3.1 de l'appendice 2 de la présente annexe).

La figure 9 représente un système typique de chromatographie en phase gazeuse mis en place pour la mesure régulière du CH_4 . D'autres méthodes de CG peuvent aussi être utilisées à condition que cela soit compatible avec les règles de l'art.

Figure 9
Schéma de principe d'un système d'analyse du méthane
(méthode par chromatographie en phase gazeuse)



Éléments de la figure 9

PC Colonne Porapak

Un garnissage en Porapak N de 180/300 μm (maille de 50/80), de 610 mm de longueur x 2,16 mm de diamètre intérieur doit être utilisé; il doit être conditionné pendant au moins douze heures à 423 K (150 °C) avec un gaz vecteur avant d'être utilisé pour la première fois.

MSC Colonne à tamis moléculaire

Un garnissage du type 13X, de 250/350 μm (maille de 45/60), de 1 220 mm de longueur et de 16 mm de diamètre intérieur doit être utilisé; il doit être conditionné pendant au moins douze heures à 423 K (150 °C) avec un gaz vecteur avant d'être utilisé pour la première fois.

OV Étuve

Elle sert à maintenir les colonnes et les vannes à une température stable pour permettre le fonctionnement correct de l'analyseur, et pour conditionner les colonnes à 423 K (150 °C).

SLP Boucle à échantillon

La boucle doit être constituée par un tube en acier inoxydable de longueur suffisante pour avoir un volume intérieur d'environ 1 cm^3 .

P Pompe

Servant à transférer l'échantillon vers le chromatographe.

D Sécheur

Un sécheur à tamis moléculaire doit être utilisé pour extraire l'eau et les autres contaminants éventuellement présents dans le gaz vecteur.

HC

Détecteur à ionisation de flamme (FID) servant à mesurer la concentration de méthane.

V1 Robinet d'injection de l'échantillon

Servant à injecter l'échantillon prélevé dans le sac de collecte par l'intermédiaire de la vanne SL de la figure 8. Il doit être d'un type à faible volume mort, étanche au gaz et chauffable à 423 K (150 °C).

V3 Robinet de sélection

Permettant de sélectionner le gaz de réglage d'échelle, l'échantillon ou la position fermée.

V2, V4, V5, V6, V7, V8 Robinet à pointeau

Permettant de régler le débit dans le système.

R1, R2, R3 Régulateur de pression

Servant à contrôler le débit du combustible (= gaz vecteur), de l'échantillon et de l'air respectivement.

FC Capillaire

Servant à régler le débit d'air arrivant à l'analyseur FID.

G1, G2, G3 Manomètre

Servant à contrôler le débit du combustible (= gaz vecteur), de l'échantillon et de l'air respectivement.

F1, F2, F3, F4, F5 Filtre

Filtre en métal fritté servant à empêcher l'entrée de poussières abrasives dans la pompe ou l'appareil de mesure.

FL1

Servant à mesurer le débit de dérivation de l'échantillon.

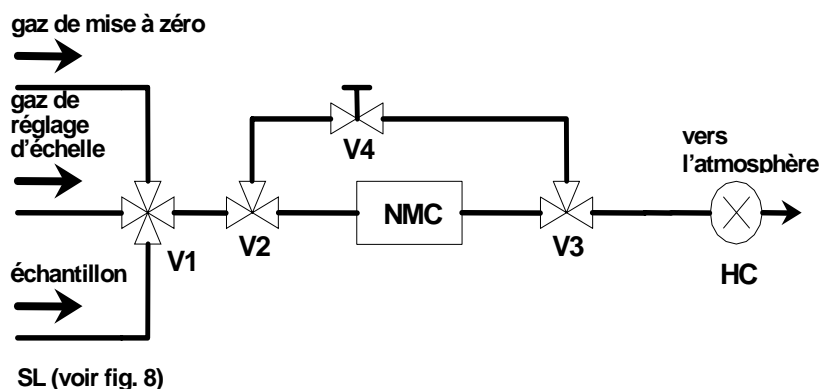
1.3.2 Méthode du convertisseur d'hydrocarbures non méthaniques (NMC, fig. 10)

Le convertisseur oxyde tous les hydrocarbures sauf le CH_4 en CO_2 et H_2O , de telle manière qu'après passage de l'échantillon dans le convertisseur, seul le CH_4 soit détectable par l'analyseur. Si le système de prélèvement par sac est appliqué, il doit exister un circuit de dérivation au point SL (voir le paragraphe 1.2, fig. 8) qui permet soit d'envoyer les gaz dans le convertisseur, soit de contourner celui-ci, comme montré à la partie supérieure de la figure 10. Pour la mesure des hydrocarbures non méthaniques, les deux valeurs (HC et CH_4) doivent être observées sur l'analyseur FID et enregistrées. Si l'on applique la méthode de l'intégration, il doit être installé un convertisseur en série avec un deuxième analyseur FID parallèlement à l'analyseur normalement présent sur la ligne HSL1 (voir le paragraphe 1.2, fig. 8), comme montré à la partie inférieure de la figure 10. Pour la mesure des hydrocarbures non méthaniques, les valeurs des deux analyseurs (HC et CH_4) doivent être notées et enregistrées.

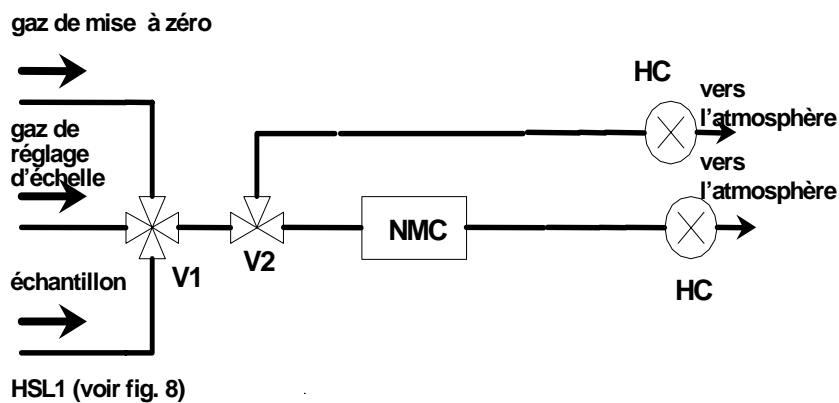
Le convertisseur doit être essayé à une température égale ou supérieure à 600 K (327 °C) avant les essais réels en ce qui concerne son effet catalytique sur le CH₄ et le C₂H₆ à des valeurs de H₂O représentatives du courant de gaz d'échappement. Le point de rosée et la teneur en O₂ des gaz d'échappement prélevés doivent être connus. La réponse relative de l'analyseur FID pour le CH₄ doit être enregistrée (voir le paragraphe 1.8.2 de l'appendice 5 de la présente annexe).

Figure 10

Schéma de principe du système de mesure du méthane avec convertisseur d'hydrocarbures non méthaniques (NMC)



Méthode du prélèvement en sac



Méthode de l'intégration

Éléments de la figure 10

NMC Convertisseur d'hydrocarbures non méthaniques

Servant à oxyder tous les hydrocarbures à l'exception du méthane.

HC

Détecteur à ionisation de flamme chauffé (HFID) servant à mesurer les concentrations de HC et de CH₄. Sa température doit être maintenue entre 453 et 473 K (180 à 200 °C).

V1 Robinet de sélection

Servant à sélectionner l'échantillon, le gaz de mise à zéro et le gaz de réglage d'échelle. V1 est identique à V2 de la figure 8.

V2, V3 Électrovanne

Servant à commander le circuit de contournement du convertisseur.

V4 Robinet à pointeau

Servant à équilibrer le débit entre le convertisseur et le circuit de dérivation.

R1 Régulateur de pression

Servant à régler la pression dans la ligne de prélèvement et le débit arrivant à l'analyseur HFID. R1 est identique à R3 de la figure 8.

FL1 Débitmètre

Servant à mesurer le débit de dérivation de l'échantillon de gaz d'échappement. FL1 est identique à FL1 de la figure 8.

2. DILUTION DES GAZ D'ÉCHAPPEMENT ET MESURE DES PARTICULES

2.1 Introduction

Les paragraphes 2.2, 2.3 et 2.4 et les figures 11 à 22 donnent une description détaillée des systèmes recommandés de dilution et de prélèvement. Étant donné que des configurations différentes peuvent permettre d'obtenir des résultats équivalents, la conformité rigoureuse aux figures n'est pas exigée. Des éléments additionnels tels qu'appareils de mesure, robinets, électrovannes, pompes et interrupteurs peuvent être utilisés pour la collecte d'informations supplémentaires et pour coordonner les fonctions du système. D'autres éléments qui, dans certains systèmes, ne sont pas nécessaires pour garantir la précision peuvent être omis si cela est compatible avec les règles de l'art.

2.2 Système à dilution en flux partiel

Les figures 11 à 19 décrivent un système de dilution fonctionnant par dilution d'une partie du courant de gaz d'échappement. La division de ce courant et la dilution ultérieure peuvent être effectuées au moyen de différents systèmes. Pour l'opération ultérieure de mesure des particules, on peut faire passer dans le système de

prélèvement le courant total ou une fraction seulement du courant de gaz d'échappement dilués (par. 2.4, fig. 21). La première méthode est appelée prélèvement total, la deuxième prélèvement partiel.

Le calcul du taux de dilution dépend du type de système utilisé. Les types suivants sont recommandés:

Systèmes isocinétiques (fig. 11 et 12)

Dans ces systèmes, le débit dans le tube de transfert correspond au débit total de gaz d'échappement en ce qui concerne la vitesse et/ou la pression des gaz, ce qui suppose qu'il existe un courant régulier et uniforme de gaz d'échappement au droit de la sonde de prélèvement. Ce résultat est normalement obtenu par l'utilisation d'un résonateur et d'un tube d'arrivée droit en amont du point de prélèvement. Le rapport de division est alors calculé à partir de valeurs facilement mesurables telles que le diamètre des tubes. Il est à noter que l'on recourt seulement à l'effet isocinétique pour apparier les conditions d'écoulement et non pas pour apparier la composition granulométrique. Cette dernière opération n'est normalement pas nécessaire, car les particules sont suffisamment petites pour suivre les courants du fluide.

Systèmes à réglage du débit avec mesure des concentrations (fig. 13 à 17)

Dans ces systèmes, on prélève l'échantillon dans le courant total de gaz d'échappement en réglant le débit d'air de dilution et le débit de gaz d'échappement totaux dilués. Le taux de dilution est déterminé à partir des concentrations d'un gaz témoin tel que le CO₂ ou le NO_x naturellement présent dans les gaz d'échappement. En ce qui concerne les concentrations de ces gaz dans les gaz d'échappement dilués et dans l'air de dilution, elles sont mesurées directement, alors que leurs concentrations dans les gaz d'échappement non dilués sont soit mesurées directement, soit déterminées à partir du débit de carburant et de l'équation du bilan carbone si la composition du carburant est connue. Les systèmes peuvent être réglés en fonction du taux de dilution calculé (fig. 13 et 14) ou en fonction du débit dans le tube de transfert (fig. 12, 13 et 14).

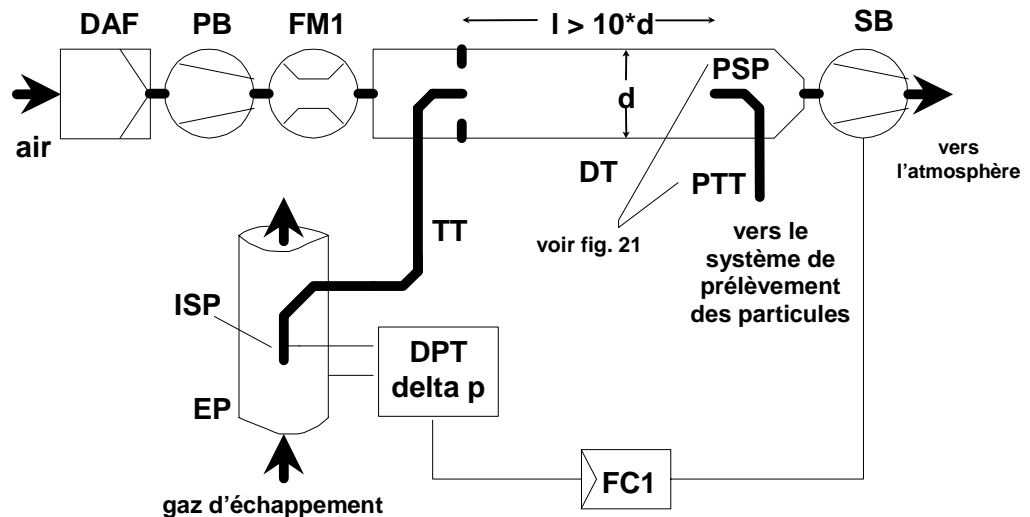
Systèmes à réglage du débit avec mesure du débit (fig. 18 et 19)

Dans ces systèmes, on prélève un échantillon dans le flux total de gaz d'échappement en réglant le débit d'air de dilution et le débit total de gaz d'échappement dilués. Le taux de dilution est déterminé d'après la différence entre les deux débits. Un étalonnage précis des débitmètres entre eux est nécessaire, car toute différence en ce qui concerne la valeur relative des deux débits peut être la cause d'erreurs importantes aux taux de dilution élevés (c'est-à-dire égaux ou supérieurs à 15). Le réglage du débit s'effectue très simplement par maintien d'un débit constant de gaz d'échappement dilués et par variation, si nécessaire, du débit d'air de dilution.

Dans le cas de systèmes à dilution en flux partiel, on doit prendre des précautions pour éviter les risques de perte de particules dans le tube de transfert, pour garantir le prélèvement d'un échantillon représentatif de gaz d'échappement, et, d'autre part,

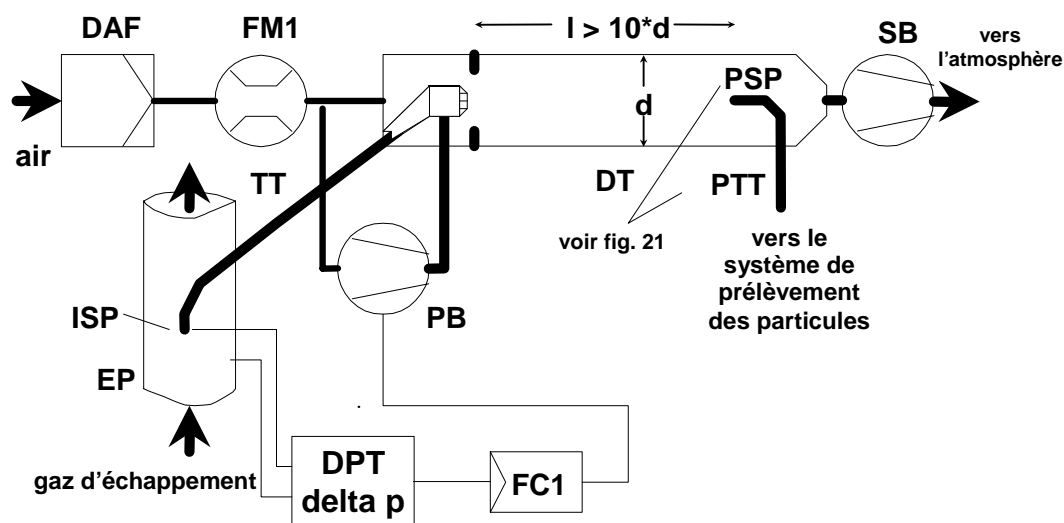
quant à la détermination du rapport de division. Les systèmes décrits tiennent compte de ces deux points critiques.

Figure 11
Système à dilution en flux partiel avec sonde isocinétique
et prélèvement partiel (réglage par aspiration forcée)



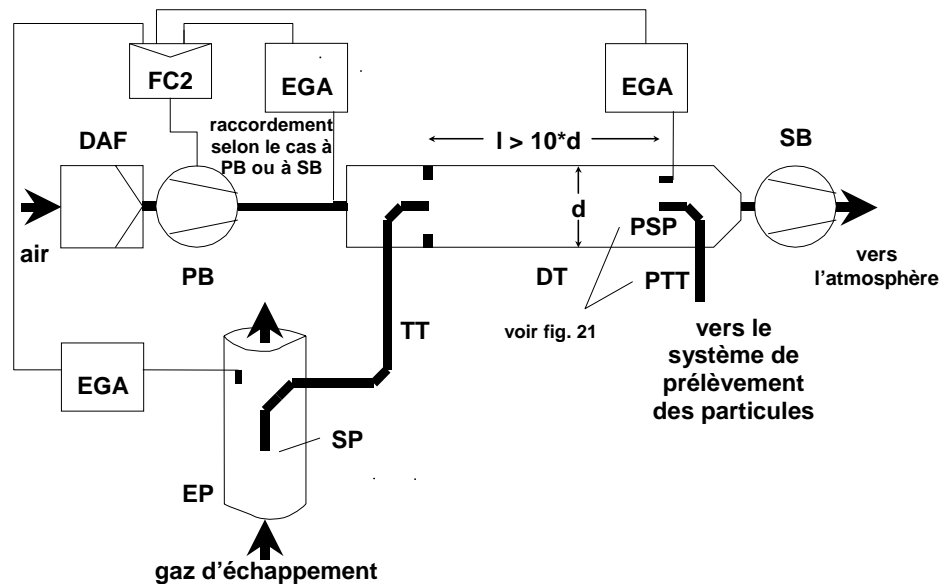
Les gaz d'échappement non dilués sont prélevés dans le tuyau d'échappement EP à l'aide de la sonde de prélèvement ISP et acheminés jusqu'au tunnel de dilution DT par le tube de transfert TT. La différence de pression des gaz d'échappement entre le tuyau d'échappement et l'entrée de la sonde est mesurée au moyen du capteur de pression DPT. Le signal obtenu est transmis au module de réglage du débit FC1 qui commande le ventilateur aspirant SB de manière à maintenir une différence de pression nulle à l'entrée de la sonde. Dans ces conditions, les vitesses des gaz d'échappement en EP et ISP sont identiques et le débit dans la sonde ISP et le tube TT est une fraction constante du débit de gaz d'échappement. Le rapport de division est déterminé par la section transversale d'EP et d'ISP. Le débit de l'air de dilution est mesuré avec le débitmètre FM1. Le rapport de dilution est calculé à partir du débit d'air de dilution et du rapport de division.

Figure 12
Système à dilution en flux partiel avec sonde isocinétique et prélèvement fractionnel (réglage par aspiration forcée)



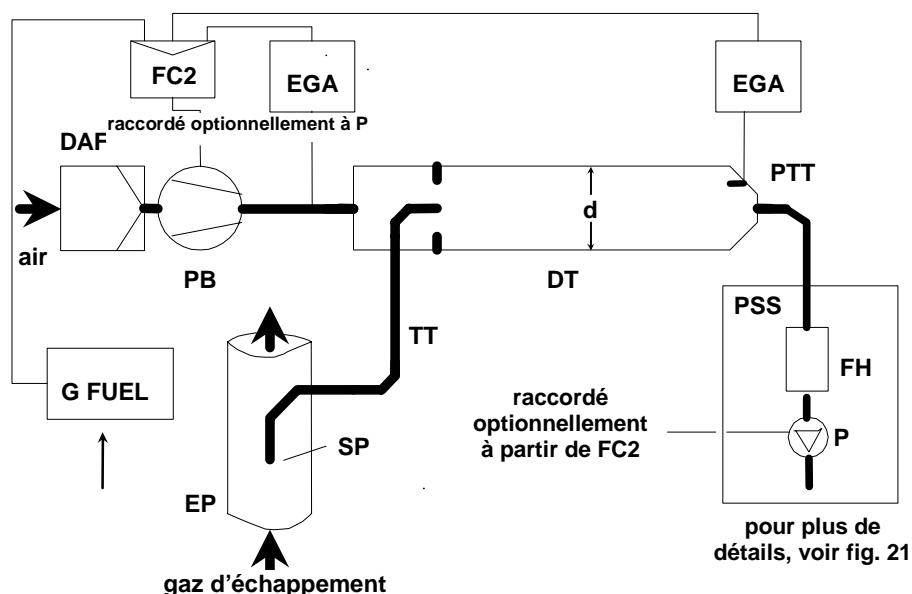
Les gaz d'échappement non dilués sont prélevés dans le tuyau d'échappement EP à l'aide de la sonde de prélèvement isocinétique ISP et acheminés jusqu'au tunnel de dilution DT par le tube de transfert TT. La différence de pression des gaz d'échappement entre le tuyau d'échappement et l'entrée de la sonde est mesurée au moyen du transducteur de pression DPT. Le signal obtenu est transmis au régulateur de débit FC1 qui commande le ventilateur de pression PB de manière à maintenir une différence de pression nulle à l'entrée de la sonde. Pour ce faire, on prélève une petite fraction de l'air de dilution dont le débit a déjà été mesuré au moyen du dispositif de mesure FM1 et on la fait passer dans le tube de transfert à l'aide d'un raccord pneumatique. Dans ces conditions, les vitesses des gaz d'échappement en EP et ISP sont identiques et le débit dans la sonde ISP et le tube TT est une fraction constante du débit de gaz d'échappement. Le rapport de division est déterminé par la section transversale d'EP et d'ISP. L'air de dilution est aspiré à travers le tunnel de dilution DT par le ventilateur de dépression SB et son débit est mesuré avec le dispositif de mesure du débit FM1 à l'entrée du tunnel DT. Le rapport de dilution est calculé à partir du débit d'air de dilution et du rapport de division.

Figure 13
Système à dilution en flux partiel avec mesure de la concentration
de CO₂ ou de NO_x et prélèvement partiel



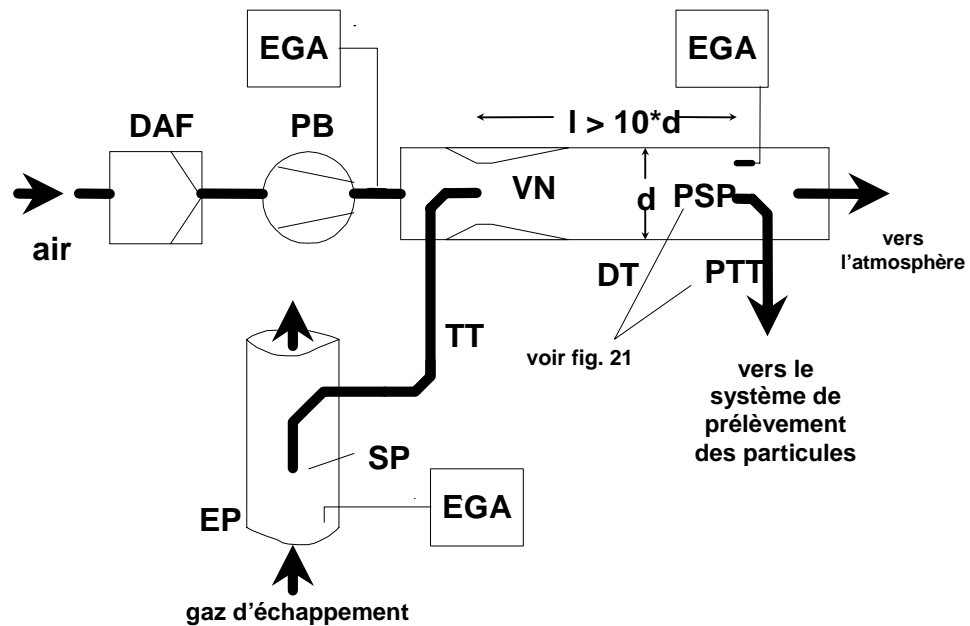
Les gaz d'échappement non dilués sont prélevés dans le tuyau d'échappement EP à l'aide de la sonde SP et acheminés par le tube de transfert TT jusqu'au tunnel de dilution DT. Les concentrations d'un gaz témoin (CO₂ ou NO_x) sont mesurées dans les gaz d'échappement non dilués et dilués, ainsi que dans l'air de dilution, au moyen de l'analyseur de gaz d'échappement EGA. Les signaux obtenus sont transmis au module de réglage du débit FC2 qui commande soit le ventilateur soufflant PB ou le ventilateur aspirant SB de manière à maintenir le rapport de division voulu des gaz d'échappement et le taux de dilution en DT. Le taux de dilution est calculé d'après les concentrations d'un gaz témoin dans les gaz d'échappement non dilués, dans les gaz d'échappement dilués et dans l'air de dilution.

Figure 14
Système à dilution en flux partiel avec mesure de la concentration de CO_2 ,
sur la base du bilan carbone et avec prélèvement total



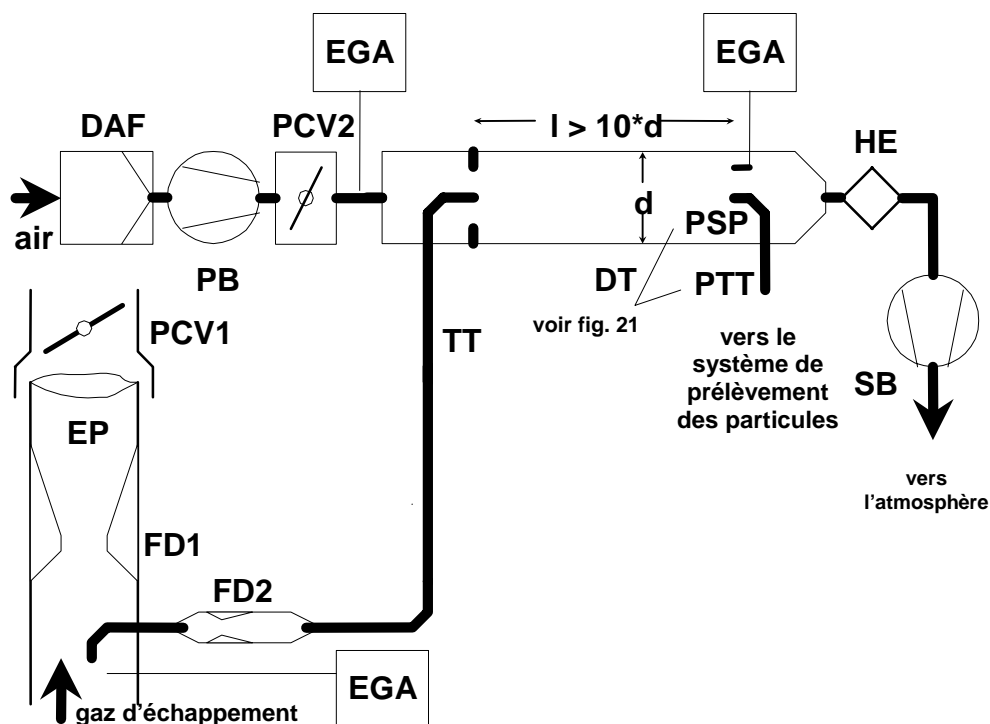
Les gaz d'échappement non dilués sont prélevés dans le tuyau d'échappement EP à l'aide de la sonde SP et acheminés jusqu'au tunnel de dilution DT par le tube de transfert TT. Les concentrations de CO_2 sont mesurées dans les gaz d'échappement dilués et dans l'air de dilution au moyen du ou des analyseur(s) de gaz d'échappement EGA. Les signaux de mesure du CO_2 et du débit de carburant G_{FUEL} sont transmis soit au module de réglage du débit FC2, soit au module de réglage du débit FC3 du système de prélèvement des particules (voir la figure 21). FC2 commande le ventilateur soufflant PB, FC3 la pompe de prélèvement P (voir la figure 21), ce qui permet de régler les débits entrant et sortant du système de manière à maintenir le rapport de division et le taux de dilution voulu des gaz d'échappement en DT. Le taux de dilution est calculé d'après les concentrations de CO_2 et le débit de carburant G_{FUEL} sur la base de l'hypothèse de bilan carbone.

Figure 15
Système à dilution en flux partiel à un seul tube de venturi, avec mesure de la concentration et prélèvement partiel



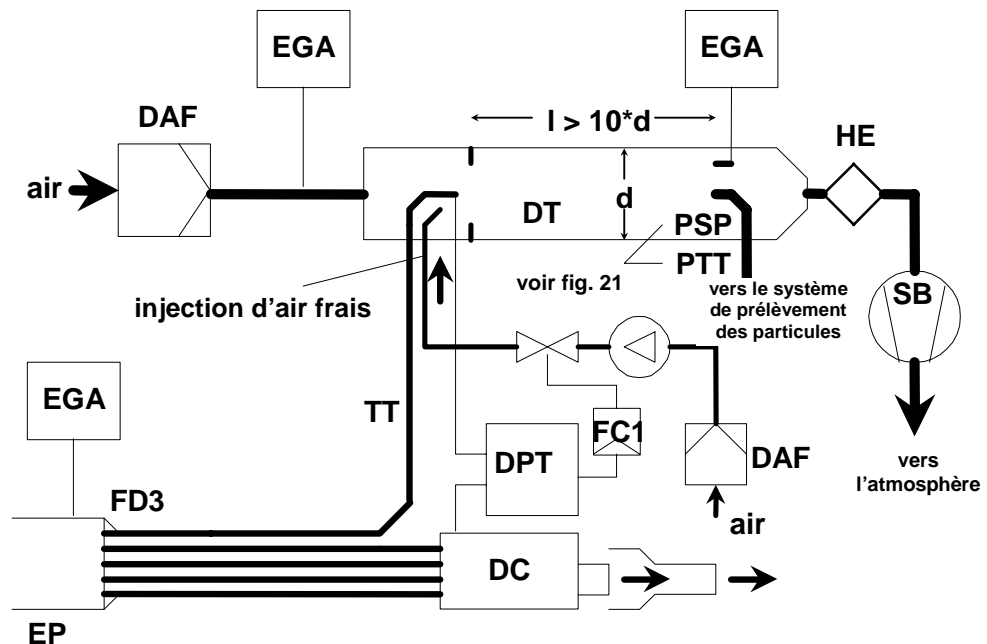
Les gaz d'échappement non dilués sont prélevés dans le tuyau d'échappement EP à l'aide de la sonde SP et acheminés jusqu'au tunnel de dilution DT par le tube de transfert TT, sous l'effet de la dépression produite par le venturi situé dans le tunnel de dilution. Le débit de gaz dans TT dépend du transfert de quantité de mouvement dans la zone de venturi, il dépend donc de la température absolue des gaz à la sortie de TT. En conséquence, le rapport de division des gaz d'échappement pour un débit donné dans le tunnel n'est pas constant, et le taux de dilution est légèrement plus bas aux faibles charges qu'aux fortes charges. Les concentrations d'un gaz témoin (CO_2 ou NO_x) sont mesurées dans les gaz d'échappement non dilués, les gaz d'échappement dilués, et l'air de dilution, au moyen du ou des analyseur(s) de gaz d'échappement EGA. Le taux de dilution est calculé d'après les valeurs ainsi obtenues.

Figure 16
Système à dilution en flux partiel à deux tubes de venturi ou à deux ajutages,
avec mesure de la concentration et prélèvement partiel



Les gaz d'échappement non dilués sont prélevés dans le tuyau d'échappement EP à l'aide de la sonde SP et acheminés jusqu'au tunnel de dilution DT par le tube de transfert TT, le circuit comportant un répartiteur de débit constitué par une paire d'ajutages ou de tubes de venturi. Le premier dispositif (FD1) est situé dans le tuyau d'échappement EP, le second (FD2) dans le tube de transfert. En outre, il doit être prévu deux vannes de réglage de pression (PCV1 et PCV2) servant à maintenir un rapport de division constant des gaz d'échappement par réglage de la contre-pression dans EP et de la pression en DT. PCV1 est situé en aval de SP dans le tuyau d'échappement EP, PCV2 entre le ventilateur soufflant PB et le tunnel de dilution DT. Les concentrations d'un gaz témoin (CO_2 ou NO_x) sont mesurées dans les gaz d'échappement non dilués, dans les gaz d'échappement dilués et dans l'air de dilution au moyen du ou des analyseur(s) de gaz d'échappement EGA. Ces valeurs doivent être connues pour le contrôle du rapport de division des gaz d'échappement, et elles peuvent servir pour l'ajustement de PCV1 et PCV2 en vue d'un réglage fin de ce rapport. Le taux de dilution est calculé à partir des concentrations de gaz témoin.

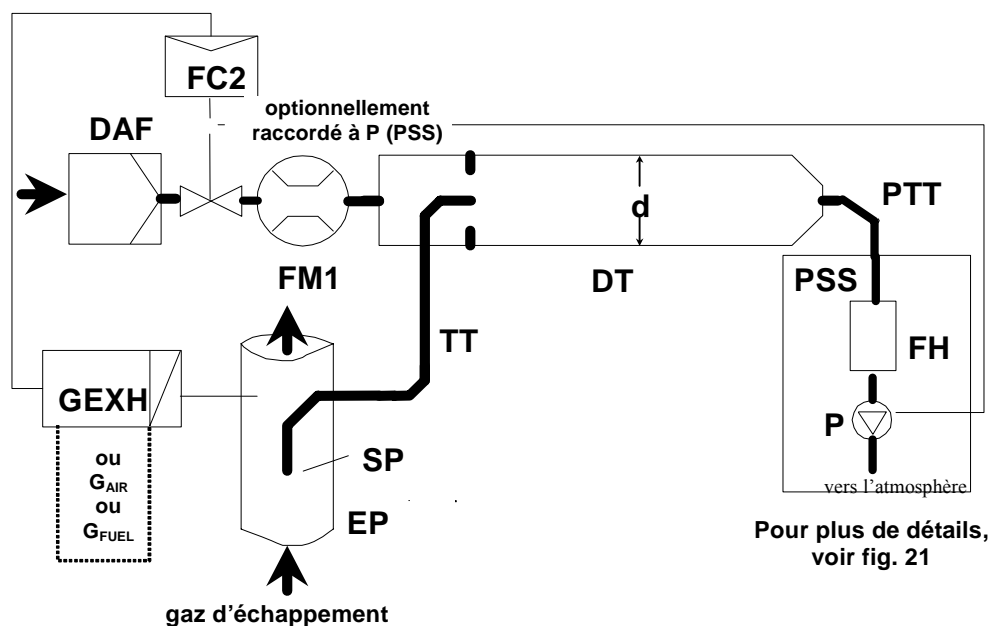
Figure 17
Système à dilution en flux partiel à division par tube multiple,
avec mesure de la concentration et prélèvement partiel



Les gaz d'échappement non dilués sont prélevés dans le tuyau d'échappement EP par l'intermédiaire d'un diviseur de flux FD3 composé d'un certain nombre de tubes de mêmes dimensions (de même diamètre, de même longueur et de même rayon de courbure) raccordé à EP. Les gaz d'échappement passant par le tube de transfert TT sont acheminés jusqu'au tunnel de dilution DT, et ceux passant par les autres tubes traversent la chambre de tranquillisation DC. Le rapport de division est donc déterminé par le nombre total de tubes. Pour que le rapport de division soit constant, il faut qu'il y ait une différence de pression nulle entre la chambre DC et la sortie du tube TT, celle-ci étant mesurée avec la sonde de pression DPT. Cette différence de pression égale à zéro est obtenue par injection d'air frais dans le tunnel DT à la sortie de TT. Les concentrations d'un gaz témoin (CO_2 ou NO_x) sont mesurées dans les gaz d'échappement non dilués, les gaz d'échappement dilués et l'air de dilution avec le ou les analyseur(s) de gaz d'échappement EGA. Ces valeurs sont nécessaires pour le contrôle du rapport de division des gaz d'échappement et elles servent à régler le débit d'air d'injection pour maintenir le rapport voulu. Le taux de dilution est calculé d'après les concentrations de gaz témoin.

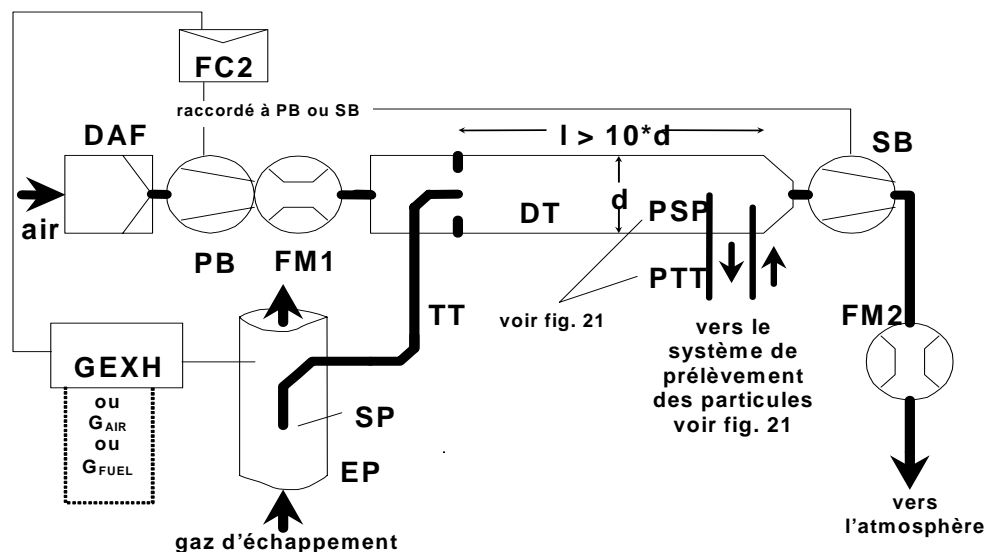
Figure 18

Système à dilution en flux partiel à réglage du débit et prélèvement total



Les gaz d'échappement non dilués sont prélevés dans le tuyau d'échappement EP par la sonde SP et acheminés jusqu'au tunnel de dilution DT par le tube de transfert TT. Le débit total traversant le tunnel est réglé au moyen du module de réglage de débit FC3 et de la pompe de prélèvement P du système de prélèvement des particules (voir la figure 18). Le débit d'air de dilution est réglé par le module de réglage du débit FC2, qui peut être commandé par les signaux de mesure G_{EXHW} , G_{AIRW} , ou G_{FUEL} de manière à obtenir le rapport de division voulu des gaz d'échappement. Le débit de l'échantillon en DT est égal à la différence entre le débit total et le débit d'air de dilution. Le débit d'air de dilution est mesuré à l'aide du débitmètre FM1, le débit total de gaz avec le débitmètre FM3 du système de prélèvement des particules (voir la figure 21). Le taux de dilution est calculé à partir de ces deux débits.

Figure 19
Système à dilution en flux partiel avec réglage du débit et prélèvement partiel



Les gaz d'échappement non dilués sont prélevés dans le tuyau d'échappement par la sonde SP et acheminés jusqu'au tunnel de dilution DT par le tube de transfert TT. Le rapport de division des gaz d'échappement et le débit dans DT sont commandés par le module de réglage du débit FC2 qui règle le débit (c'est-à-dire la vitesse) du ventilateur soufflant PB et du ventilateur aspirant SB en conséquence. Ce mode de réglage est possible car l'échantillon prélevé par le système de prélèvement des particules est renvoyé dans le tunnel de dilution DT. Le module FC2 peut être commandé par les signaux de mesure G_{EXHW} , G_{AIRW} , ou G_{FUEL} . Le débit d'air de dilution est mesuré avec le débitmètre FM1, le débit total de gaz avec le débitmètre FM2. Le taux de dilution est calculé à partir de ces deux débits.

2.2.1 Éléments des figures 11 à 19

EP Tuyau d'échappement

Le tuyau d'échappement peut être isolé. Afin de réduire l'inertie thermique du tuyau d'échappement, il est recommandé que son rapport épaisseur de paroi/diamètre ne dépasse pas 0,015. L'utilisation de sections flexibles doit être limitée à un rapport longueur/diamètre de 12. Les courbures doivent être aussi réduites que possible pour réduire les effets de dépôt par inertie. Si le système inclut un silencieux faisant partie du banc d'essai, le silencieux peut aussi être isolé.

Pour les systèmes à sonde isocinétique, le tuyau d'échappement doit être exempt de coude, de courbure, ou de variation brusque du diamètre sur une longueur au moins égale à six diamètres du tuyau vers l'amont et à trois diamètres vers l'aval, du point d'entrée de la sonde. La vitesse des gaz dans la zone de prélèvement doit être supérieure à 10 m/s, sauf au ralenti. Les oscillations de pression des gaz d'échappement ne doivent pas dépasser ± 500 Pa en valeur moyenne. Les mesures éventuellement prises pour réduire les oscillations de pression, autres que l'utilisation

d'un système d'échappement de série (y compris le silencieux et les dispositifs de traitement aval) ne doivent pas influencer sur les performances du moteur ni causer le dépôt de particules.

Pour les systèmes sans sonde isocinétique, il est recommandé d'utiliser un tuyau d'échappement droit sur une longueur de six diamètres du tuyau vers l'amont, et de trois diamètres vers l'aval du point d'entrée de la sonde.

SP Sonde de prélèvement (fig. 10, 14, 15, 16, 18 et 19)

La sonde doit avoir un diamètre intérieur minimal de 4 mm. Le rapport entre le diamètre de la sonde et celui du tuyau d'échappement doit être au minimum de 4. La sonde doit être constituée d'un tube ouvert à l'extrémité, tourné vers l'amont, placé selon l'axe médian du tuyau d'échappement, ou d'une sonde à trous multiples telle qu'elle est décrite sous le point SP1 au paragraphe 1.2.1, figure 5.

ISP Sonde de prélèvement isocinétique (fig. 11 et 12)

La sonde de prélèvement isocinétique doit être installée ouverture vers l'amont sur l'axe médian du tuyau d'échappement, en un endroit où les conditions de débit énoncées sous le point EP sont respectées, et de manière à prélever un échantillon proportionnel de gaz d'échappement non dilués. Son diamètre intérieur doit être au minimum de 12 mm.

Pour le prélèvement isocinétique des gaz d'échappement, il est nécessaire de disposer d'un système de réglage qui maintient une différence de pression nulle entre EP et ISP. Si cette condition est remplie, les vitesses des gaz d'échappement en EP et ISP sont identiques et le débit-masse passant par ISP est une fraction constante du débit de gaz d'échappement. ISP doit donc être raccordé à un capteur de pression différentielle DPT. Le module de réglage du débit FC1 agit sur le débit pour maintenir une différence de pression nulle entre EP et ISP.

FD1, FD2 Répartiteur de débit (fig. 16)

Pour obtenir un échantillon proportionnel des gaz d'échappement non dilués, on utilise une paire de venturis ou d'ajutages installés respectivement dans le tuyau d'échappement EP et dans le tube de transfert TT. On doit disposer d'un système de réglage consistant en deux vannes de réglage de la pression PCV1 et PCV2, de façon à maintenir une division proportionnelle en réglant les pressions en EP et DT.

FD3 Diviseur de flux (fig. 17)

Un faisceau de tubes (élément à tubes multiples) est raccordé au tuyau d'échappement EP pour prélever un échantillon proportionnel de gaz d'échappement non dilués. L'un des tubes sert à acheminer les gaz d'échappement vers le tunnel de dilution DT, alors que les autres débouchent dans une chambre de tranquillisation DC. Les tubes doivent avoir des dimensions identiques (diamètre, longueur, rayons de courbure); le rapport de division est fonction du nombre total de tubes.

Un système de réglage est nécessaire pour réaliser une division proportionnelle par maintien d'une différence de pression de zéro entre la sortie du diviseur en DC et la sortie du tube TT. Si cette condition est remplie, les vitesses de gaz d'échappement en EP et FD3 sont proportionnelles, et le débit TT est une fraction constante du débit de gaz d'échappement. Les deux points doivent être reliés à un capteur de pression différentielle DPT. Le module de réglage du débit FC1 règle le débit de façon à maintenir une différence de pression nulle.

EGA Analyseur de gaz d'échappement (fig. 13, 14, 15, 16 et 17)

Des analyseurs de CO₂ ou de NO_x peuvent être utilisés (analyseur de CO₂ seulement avec la méthode du bilan carbone). Les analyseurs doivent être étalonnés comme ceux servant à la mesure des émissions gazeuses. Pour mesurer les différences de concentration, il peut être utilisé un ou plusieurs analyseurs. La justesse du système de mesure doit être telle que la valeur de $G_{EDFW, i}$ soit déterminée à ± 4 % près.

TT Tube de transfert (fig. 11 à 19)

Le tube de transfert:

- a) doit être aussi court que possible et en tout cas ne doit pas avoir plus de 5 m de longueur;
- b) doit avoir un diamètre intérieur égal ou supérieur au diamètre de la sonde, mais sans dépasser 25 mm;
- c) doit avoir sa sortie située sur l'axe médian du tunnel de dilution et orientée vers l'aval.

Si le tube n'a pas plus de 1 m de longueur, il doit être isolé avec un matériau ayant une conductivité thermique maximale de 0,05 W/m · K, l'épaisseur radiale de l'isolation devant être égale au diamètre de la sonde. Si le tube a une longueur supérieure à 1 m, il doit être isolé et chauffé à une température minimale de paroi de 523 K (250 °C).

DPT Capteur de différence de pression (fig. 11, 12 et 17)

Le capteur de différence de pression doit avoir une plage ne dépassant pas ± 500 Pa.

FC1 Module de réglage du débit (fig. 11, 12 et 17)

Pour les systèmes à sonde isocinétique (fig. 11 et 12), on doit disposer d'un module de réglage du débit servant à maintenir une différence de pression nulle entre EP et ISP. Le processus peut consister:

- a) à régler la vitesse ou le débit du ventilateur aspirant SB et maintenir constant la vitesse ou le débit du ventilateur soufflant PB au cours de chaque mode (fig. 11);

- b) à régler le ventilateur aspirant SB pour un débit-masse constant de gaz d'échappement dilués et régler le débit du ventilateur soufflant PB et par conséquent le débit de gaz d'échappement prélevés dans la région située à l'extrémité du tube de transfert TT (fig. 12).

Dans le cas d'un système à pression réglée, l'erreur résiduelle dans la boucle de commande ne doit pas dépasser ± 3 Pa. Les oscillations de pression dans le tunnel de dilution ne doivent pas dépasser ± 250 Pa en valeur moyenne.

Pour un système de division par tube multiple (fig. 17), il est nécessaire d'utiliser un module de réglage du débit permettant d'obtenir une division proportionnelle des gaz d'échappement par maintien d'une différence de pression nulle entre la sortie du diviseur et la sortie du tube TT.

PCV1, PCV2 Vanne de commande de pression (fig. 16)

Dans le cas d'un système à double tube de venturi ou double ajutage, on doit disposer de deux vannes de commande de pression permettant d'obtenir une division proportionnelle du débit par réglage de la contre-pression en EP et de la pression en DT. Les vannes doivent être situées en aval de SP dans EP et entre PB et DT.

DC Chambre de tranquillisation (fig. 17)

Une chambre de tranquillisation doit être raccordée à la sortie du diviseur à tube multiple pour atténuer les oscillations de pression présentes dans le tuyau d'échappement EP.

VN Tube de venturi (fig. 15)

Un tube de venturi est installé dans le tunnel de dilution DT pour générer une dépression dans la zone où est située la sortie du tube de transfert TT. Le débit de gaz à travers TT est déterminé par le transfert de quantité de mouvement dans la zone de venturi, et il est fondamentalement proportionnel au débit du ventilateur soufflant PB, ce qui permet d'obtenir un taux de dilution constant. Étant donné que le transfert de quantité de mouvement est influencé par la température à la sortie de TT et par la différence de pression entre EP et DT, le taux de dilution réel est légèrement plus bas à faible charge qu'à forte charge.

FC2 Module de réglage du débit (fig. 13, 14, 18, 19; optionnel)

Un module de réglage du débit peut être utilisé pour régler le débit du ventilateur soufflant PB et/ou du ventilateur aspirant SB. Il peut être asservi aux signaux de débit de gaz d'échappement, d'air d'admission ou de carburant et/ou aux signaux relatifs aux différences de concentration de CO_2 ou NO_x . Dans le cas de l'utilisation d'une alimentation en air sous pression (fig. 18), le module FC2 agit directement sur le débit d'air.

FM1 Débitmètre (fig. 11, 12, 18 et 19)

Compteur à gaz ou autre appareil permettant de mesurer le débit d'air de dilution. Le débitmètre FM1 est facultatif si le ventilateur soufflant PB est étalonné pour la mesure du débit.

FM2 Débitmètre (fig. 19)

Compteur à gaz ou autre appareil permettant de mesurer le débit de gaz d'échappement dilués. Le débitmètre FM2 est facultatif si le ventilateur aspirant SB est étalonné pour la mesure du débit.

PB Ventilateur soufflant (fig. 11, 12, 13, 14, 15, 16 et 19)

Pour le réglage du débit d'air de dilution, on peut utiliser un ventilateur soufflant PB raccordé aux modules de réglage du débit FC1 ou FC2. Le ventilateur PB n'est pas nécessaire si l'on utilise une vanne papillon. Le ventilateur PB peut servir à mesurer le débit d'air de dilution s'il est étalonné.

SB Ventilateur aspirant (fig. 11, 12, 13, 16, 17 et 19)

Pour les systèmes à prélèvement partiel seulement. Le ventilateur SB peut être utilisé pour mesurer le débit de gaz d'échappement dilués s'il est étalonné.

DAF Filtre à air de dilution (fig. 11 à 19)

Il est recommandé que l'air de dilution soit filtré et épuré au charbon actif pour retenir les hydrocarbures ambiants. À la demande du fabricant du moteur, l'air de dilution doit être prélevé et analysé conformément aux règles de l'art pour déterminer les niveaux ambiants de particules, qui peuvent alors être déduits des valeurs mesurées dans les gaz d'échappement dilués.

DT Tunnel de dilution (fig. 11 à 19)

Le tunnel de dilution:

- a) doit avoir une longueur suffisante pour permettre le mélangeage complet des gaz d'échappement et de l'air de dilution dans des conditions d'écoulement turbulent;
- b) doit être construit en acier inoxydable et avoir:
 - i) un rapport épaisseur de paroi/diamètre de 0,025 au maximum pour un tunnel ayant un diamètre intérieur supérieur à 75 mm;
 - ii) une épaisseur nominale de paroi d'au moins 1,5 mm pour un tunnel ayant un diamètre intérieur égal ou inférieur à 75 mm;

- c) doit avoir un diamètre intérieur d'au moins 75 mm dans le cas d'un système de prélèvement partiel;
- d) devrait avoir de préférence un diamètre intérieur d'au moins 25 mm dans le cas d'un système de prélèvement total;
- e) peut être chauffé à une température de paroi ne dépassant pas 325 K (52 °C) soit par chauffage direct, soit par préchauffage de l'air de dilution, étant entendu que la température de l'air ne doit pas être supérieure à 325 K (52 °C) avant l'introduction des gaz d'échappement dans le tunnel de dilution;
- f) peut être isolé.

Les gaz d'échappement du moteur doivent être intimement mélangés avec l'air de dilution. Dans le cas des systèmes de prélèvement partiel, la qualité du mélange doit être contrôlée après la mise en service, par la détermination du profil des concentrations de CO₂ dans le tunnel (au moins en quatre points de mesure également espacés) alors que le moteur fonctionne. Si nécessaire, une buse mélangeuse peut être utilisée.

Note: Si la température ambiante au voisinage du tunnel de dilution (DT) est inférieure à 293 K (20 °C), des précautions devraient être prises pour éviter les pertes de particules sur les parois froides du tunnel de dilution. En ce cas, il est recommandé d'appliquer des mesures de chauffage et/ou d'isolation du tunnel, pour autant que les limites indiquées ci-dessus ne soient pas dépassées.

Aux fortes charges du moteur, le tunnel pourra être refroidi par des moyens modérés tels que l'utilisation d'un ventilateur de circulation, sous réserve que la température de l'agent de refroidissement ne soit pas inférieure à 293 K (20 °C).

HE Échangeur de chaleur (fig. 16 et 17)

L'échangeur de chaleur doit avoir une capacité suffisante pour maintenir la température à l'entrée du ventilateur aspirant SB à ± 1 K près de la température moyenne de fonctionnement observée pendant l'essai.

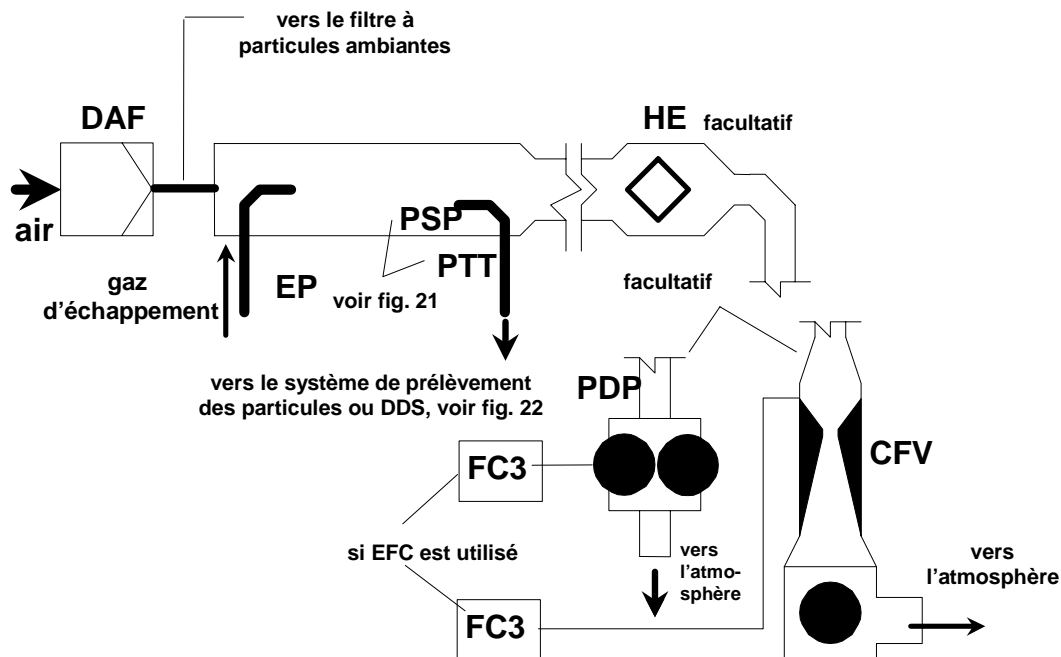
2.3 Système de dilution à flux total

La figure 20 décrit un système de dilution en flux total de gaz d'échappement fondé sur le principe du prélèvement à volume constant. Le volume total du mélange de gaz d'échappement et d'air de dilution doit être mesuré. Le système peut utiliser soit une pompe volumétrique, soit un tube de venturi à écoulement critique.

Pour la mesure ultérieure de particules, un échantillon des gaz d'échappement dilués est acheminé vers le système de prélèvement des particules (par. 2.4, fig. 21 et 22). Si ce processus est direct, il est désigné comme dilution simple. Si l'échantillon est dilué une fois encore dans un tunnel de dilution secondaire, ce procédé est appelé double dilution. Un tel système est utile si les conditions de température au droit du filtre ne peuvent pas être respectées avec un système à dilution simple. Bien qu'il

s'agisse au moins en partie d'un système de dilution, le système à double dilution est défini en tant que modification d'un système de prélèvement des particules au paragraphe 2.4, figure 22, car il utilise en majorité des éléments communs à un système normal de prélèvement des particules.

Figure 20
Système à dilution en flux total vers le filtre à particules ambiantes



La quantité totale de gaz d'échappement non dilués est mélangée à l'air de dilution dans le tunnel de dilution DT. Le débit de gaz d'échappement dilués est mesuré soit avec une pompe volumétrique PDP, soit avec un tube de venturi à écoulement critique CFV. Afin d'obtenir un échantillon proportionnel de particules et pour la détermination du débit, il peut être utilisé un échangeur de chaleur HE ou un système électronique de compensation du débit EFC. Étant donné que la détermination de la masse de particules se base sur le débit total de gaz d'échappement dilués, il n'est pas nécessaire de calculer le taux de dilution.

2.3.1 Éléments de la figure 20

EP Tuyau d'échappement

La longueur du tuyau d'échappement depuis la sortie du collecteur d'échappement du moteur, du turbocompresseur ou du dispositif de traitement aval, jusqu'au tunnel de dilution ne doit pas dépasser 10 m. Si le tuyau d'échappement en aval du collecteur d'échappement du moteur, de la sortie du turbocompresseur ou du dispositif de traitement aval a une longueur supérieure à 4 m, toute la tuyauterie située au-delà de cette longueur doit être isolée, sauf dans le cas d'un opacimètre dans la ligne d'échappement, si celui-ci est utilisé. La couche d'isolation doit avoir une épaisseur radiale d'au moins 25 mm. La conductivité thermique du matériau

isolant doit avoir une valeur n'excédant pas 0,1 W/mK mesurée à 673 K. Afin de réduire l'inertie thermique du tuyau d'échappement, il est recommandé que le rapport épaisseur de paroi/diamètre soit égal ou inférieur à 0,015. L'utilisation de sections flexibles doit être limitée à une longueur ne dépassant pas 12 diamètres.

PDP Pompe volumétrique

La pompe volumétrique PDP permet de mesurer le débit total de gaz d'échappement dilués à partir du nombre de tours de la pompe et de son déplacement. La contre-pression d'échappement du moteur ne doit pas être artificiellement abaissée par la PDP ou par le système d'admission d'air de dilution. La contre-pression statique d'échappement lorsque le système de pompe volumétrique fonctionne ne doit pas s'écarter de plus de $\pm 1,5$ kPa de la pression statique mesurée lorsque le système n'est pas raccordé à la pompe volumétrique pour un même régime et une même charge moteur. La température du mélange de gaz immédiatement en amont de la pompe PDP doit être égale à ± 6 K près à la température moyenne de fonctionnement observée au cours de l'essai lorsqu'il n'est pas utilisé de compensation du débit. La compensation du débit peut seulement être appliquée si la température à l'entrée de la pompe PDP ne dépasse pas 323 K (50 °C).

CFV Tube de venturi à écoulement critique

Le venturi CFV permet la mesure du débit total de gaz d'échappement dilués en maintenant le débit constant en conditions d'écoulement critique. La contre-pression statique d'échappement mesurée lorsque le système CFV fonctionne ne doit pas s'écarter de plus de $\pm 1,5$ kPa de la pression statique mesurée lorsque le système n'est pas raccordé au venturi CFV pour un même régime et une même charge moteur. La température du mélange de gaz immédiatement en amont du venturi CFV doit être égale à ± 11 K près à la température moyenne de fonctionnement observée pendant l'essai lorsqu'il n'est pas utilisé de compensation du débit.

HE Échangeur de chaleur (optionnel si EFC est utilisé)

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

EFC Système électronique de compensation du débit (optionnel si HE est utilisé)

S'il n'est pas possible de maintenir la température à l'entrée soit de la pompe volumétrique PDP, soit du venturi à écoulement critique CFV dans les limites indiquées ci-dessus, il doit être utilisé un système électronique de compensation du débit permettant la mesure continue du débit et le maintien d'un échantillonnage proportionnel dans le système de prélèvement des particules. À cette fin, les signaux de débit mesurés en continu sont appliqués pour corriger le débit de gaz prélevé passant par les filtres à particules du système de prélèvement (voir le paragraphe 2.4, fig. 21 et 22) en conséquence.

DT Tunnel de dilution

Le tunnel de dilution:

- a) doit avoir un diamètre intérieur suffisamment petit pour produire un écoulement turbulent (nombre de Reynolds supérieur à 4 000) et une longueur suffisante pour permettre le mélangeage complet des gaz d'échappement et de l'air de dilution; il peut être utilisé un ajutage mélangeur;
- b) doit avoir un diamètre intérieur d'au moins 460 mm pour un système à dilution simple;
- c) doit avoir un diamètre intérieur d'au moins 210 mm pour un système à double dilution;
- d) peut être isolé.

Les gaz d'échappement doivent être dirigés vers l'aval au point où ils sont introduits dans le tunnel de dilution et ils doivent être intimement mélangés.

Dans le cas d'un système à simple dilution, un échantillon prélevé dans le tunnel de dilution est envoyé dans le système de prélèvement des particules (par. 2.4, fig. 21). Le débit nominal de la pompe PDP ou du venturi CFV doit être suffisant pour permettre de maintenir les gaz d'échappement dilués à une température égale ou inférieure à 325 K (52 °C) immédiatement avant le filtre à particules primaire.

Dans le cas d'un système à double dilution, un échantillon prélevé dans le tunnel de dilution est envoyé dans le tunnel de dilution secondaire où il est dilué à nouveau, puis acheminé jusqu'aux filtres de collecte (par. 2.4, fig. 22). Le débit nominal de la pompe PDP ou du venturi CFV doit être suffisant pour permettre de maintenir les gaz d'échappement dilués en DT à une température égale ou inférieure à 464 K (191 °C) dans la zone de prélèvement. Le système de dilution secondaire doit fournir une quantité suffisante d'air de dilution pour permettre de maintenir les gaz d'échappement doublement dilués à une température égale ou inférieure à 325 K (52 °C) immédiatement avant le filtre à particules primaire.

DAF Filtre à air de dilution

Il est recommandé que l'air de dilution soit filtré et épuré au charbon actif pour retenir les hydrocarbures ambiants. À la demande du fabricant du moteur, l'air de dilution doit être prélevé et analysé conformément aux règles de l'art pour déterminer les niveaux ambiants de particules, qui peuvent alors être déduits des valeurs mesurées dans les gaz d'échappement dilués.

PSP Sonde de prélèvement des particules

La sonde constitue la section d'entrée du tube de transfert PTT et:

- a) doit être installée ouverture vers l'amont en un point où l'air de dilution et les gaz d'échappement sont intimement mélangés, c'est-à-dire sur l'axe médian du tunnel de dilution DT, approximativement à 10 diamètres de tunnel en aval du point où les gaz d'échappement entrent dans le tunnel de dilution;
- b) doit avoir un diamètre intérieur minimal de 12 mm;
- c) peut être chauffée à une température de paroi ne dépassant pas 325 K (52 °C), soit par chauffage direct, soit par préchauffage de l'air de dilution, étant entendu que la température de l'air ne doit pas dépasser 325 K (52 °C) avant l'introduction des gaz d'échappement dans le tunnel de dilution;
- d) peut être isolée.

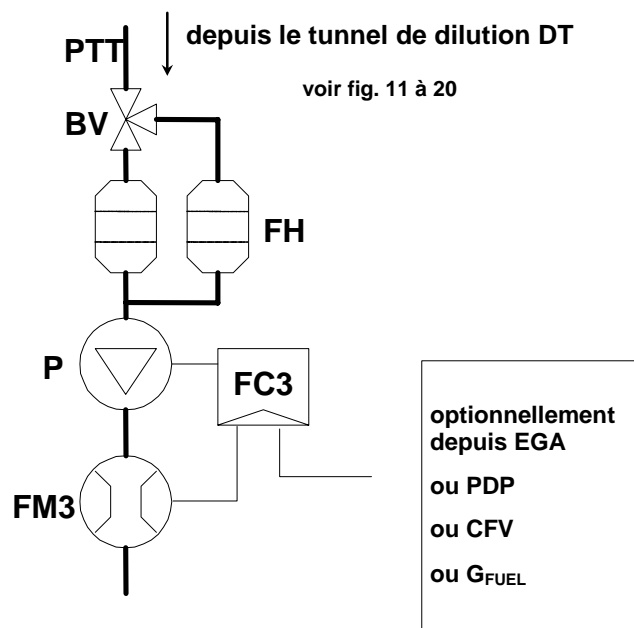
2.4 Système de prélèvement des particules

Le système de prélèvement des particules comprend les éléments nécessaires pour la collecte des particules sur les filtres à particules. Dans le cas des systèmes à dilution en flux partiel à prélèvement total, dans lesquels tout l'échantillon de gaz dilués traverse les filtres, le système de dilution (par. 2.2, fig. 14 et 18) et le système de prélèvement forment en général une seule unité. Dans le cas des systèmes à dilution en flux partiel ou en flux total à prélèvement partiel, dans lesquels on fait passer à travers les filtres une partie seulement des gaz d'échappement dilués, le système à dilution (par. 2.2, fig. 11, 12, 13, 15, 16, 17 et 19; par. 2.3, fig. 20) et le système de prélèvement sont en général des unités séparées.

Dans le présent Règlement, le système à double dilution (fig. 22) d'un système à dilution en flux total est considéré comme une modification spécifique d'un système normal de prélèvement des particules tel qu'il est montré à la figure 21. Le système à double dilution inclut tous les éléments importants du système de prélèvement des particules tels que les porte-filtres et la pompe de prélèvement, et en outre certains éléments propres à la dilution tels qu'une alimentation en air de dilution et un tunnel de dilution secondaire.

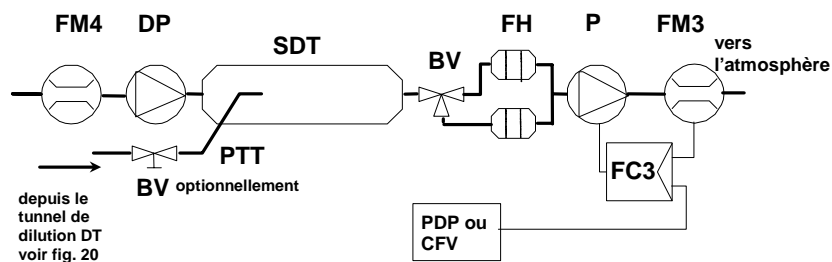
Afin d'éviter toute perturbation des boucles de régulation, il est recommandé de laisser fonctionner la pompe de prélèvement pendant toute la procédure d'essai. Dans le cas de la méthode à un seul filtre, il doit être utilisé un système de dérivation permettant de faire passer l'échantillon dans les filtres de collecte au moment voulu. Les perturbations causées par les opérations de commutation sur les boucles de régulation doivent être aussi réduites que possible.

Figure 21
Système de prélèvement des particules



Un échantillon de gaz d'échappement dilués est prélevé dans le tunnel de dilution DT d'un système à dilution en flux partiel ou en flux total au moyen de la sonde PSP et du tube de transfert PTT au moyen de la pompe de prélèvement P. L'échantillon traverse le ou les porte-filtres FH qui contiennent les filtres à particules. Le débit de gaz prélevés est réglé par le module de réglage du débit FC3. S'il existe un système électronique de compensation du débit EFC (voir fig. 20), le signal de commande de FC3 est le débit de gaz d'échappement dilués.

Figure 22
Système à double dilution (système en flux total seulement)



Un échantillon de gaz d'échappement dilués est prélevé dans le tunnel de dilution DT d'un système à dilution en flux total à l'aide de la sonde de prélèvement PSP et du tube de transfert PTT et acheminé jusqu'au tunnel de dilution secondaire SDT, où il est dilué une seconde fois. L'échantillon passe ensuite par le ou les porte-filtres FH qui contiennent les filtres de prélèvement des particules. En général, le débit d'air de dilution est constant alors que le débit des gaz prélevés est réglé par le module de

réglage du débit FC3. S'il existe un système électronique de compensation du débit EFC (voir fig. 20), le débit total de gaz d'échappement dilués est utilisé comme signal de commande de FC3.

2.4.1 Éléments des figures 21 et 22

PTT Tube de transfert des particules (fig. 21 et 22)

Le tube de transfert des particules doit être aussi court que possible et il ne doit pas dépasser une longueur de 1 020 mm. Comme indiqué ci-dessous (pour les systèmes à dilution en flux partiel à prélèvement partiel et pour les systèmes à dilution en flux total), la longueur des sondes (SP, ISP, PSP, respectivement, voir les paragraphes 2.2 et 2.3) doit être aussi prise en compte.

Les dimensions indiquées s'appliquent:

- a) aux systèmes à dilution en flux partiel à prélèvement partiel et aux systèmes à dilution simple en flux total depuis l'extrémité de la sonde (SP, ISP, PSP, respectivement) jusqu'au porte-filtre;
- b) aux systèmes à dilution en flux partiel à prélèvement total depuis l'extrémité du tunnel de dilution jusqu'au porte-filtre;
- c) aux systèmes à double dilution en flux total depuis l'extrémité de la sonde (PSP) jusqu'au tunnel de dilution secondaire.

Le tube de transfert:

- a) peut être chauffé jusqu'à une température de paroi ne dépassant pas 325 K (52 °C), soit par chauffage direct, soit par préchauffage de l'air de dilution, étant entendu que la température de l'air ne doit pas dépasser 325 K (52 °C) avant l'introduction des gaz d'échappement dans le tunnel de dilution;
- b) peut être isolé.

SDT Tunnel de dilution secondaire (fig. 22)

Le tunnel de dilution secondaire devrait avoir un diamètre intérieur minimal de 75 mm et une longueur suffisante pour que le temps de séjour des gaz soit d'au moins 0,25 s pour l'échantillon doublement dilué. Le porte-filtre primaire FH doit être situé à 300 mm au plus de la sortie du tunnel SDT.

Le tunnel de dilution secondaire:

- a) peut être chauffé jusqu'à une température de paroi ne dépassant pas 325 K (52 °C), soit par chauffage direct, soit par préchauffage de l'air de dilution, étant entendu que la température de l'air ne doit pas dépasser 325 K (52 °C) avant l'introduction des gaz d'échappement dans le tunnel de dilution;

- b) peut être isolé.

FH Porte-filtre(s) (fig. 21 et 22)

Le porte-filtre doit satisfaire aux dispositions du paragraphe 4.1.3 de l'appendice 4 de la présente annexe.

Le porte-filtre:

- a) peut être chauffé jusqu'à une température de paroi ne dépassant pas 325 K (52 °C), soit par chauffage direct, soit par préchauffage de l'air de dilution, étant entendu que la température de l'air ne doit pas être supérieure à 325 K (52 °C) avant l'introduction des gaz d'échappement dans le tunnel de dilution;
- b) peut être isolé.

P Pompe de prélèvement (fig. 21 et 22)

La pompe de prélèvement des particules doit être située à une distance suffisante du tunnel pour que la température des gaz à l'entrée soit maintenue constante (à ± 3 K près) s'il n'y pas de réglage du débit par l'intermédiaire de FC3.

DP Pompe d'air de dilution (fig. 22)

La pompe d'air de dilution doit être située de telle manière que l'air de dilution secondaire à l'arrivée soit à une température de 298 ± 5 K (25 ± 5 °C), si l'air de dilution n'est pas préchauffé.

FC3 Module de réglage du débit (fig. 21 et 22)

Un module de réglage du débit doit être utilisé pour compenser les variations du débit de prélèvement des particules en fonction de la température et des variations de la contre-pression sur le trajet de l'échantillon, s'il n'existe pas d'autre moyen. Le module de réglage du débit est nécessaire s'il existe un système électronique de compensation du débit EFC (voir fig. 20).

FM3 Débitmètre (fig. 21 et 22)

Le compteur à gaz ou l'appareil de mesure du débit de prélèvement des particules doit être situé suffisamment loin de la pompe de prélèvement P pour que la température d'entrée des gaz demeure constante (à ± 3 K près) s'il n'y a pas de correction du débit par le module FC3.

FM4 Débitmètre (fig. 22)

Le compteur à gaz ou l'appareil de mesure du débit d'air de dilution doit être situé de telle manière que la température d'entrée des gaz demeure à 298 ± 5 K (25 ± 5 °C).

BV Robinet à boisseau sphérique (optionnel)

Le robinet à boisseau sphérique doit avoir un diamètre intérieur au moins égal à celui du tube de transfert des particules PTT, et un temps de manœuvre inférieur à 0,5 s.

Note: Si la température ambiante à proximité de PSP, PTT, SDT et FH est inférieure à 293 K (20 °C), on doit prendre des mesures pour éviter le dépôt de particules sur les parois froides de ces éléments. Il est donc recommandé de réchauffer et/ou d'isoler ces éléments à condition de rester dans les limites indiquées dans les descriptions qui se rapportent à chacun d'eux. Il est aussi recommandé de veiller à ce que la température au droit du filtre pendant le prélèvement ne soit pas inférieure à 293 K (20 °C).

Aux forts taux de charge moteur, il est admis que ces éléments soient refroidis par des moyens modérés tels qu'une circulation d'air par ventilateur à condition que la température de l'agent de refroidissement ne soit pas inférieure à 293 K (20 °C).

3. MESURE DES FUMÉES

3.1 Introduction

Les paragraphes 3.2 et 3.3 et les figures 23 et 24 donnent des descriptions détaillées des systèmes recommandés de mesure de l'opacité. Étant donné que des configurations différentes peuvent permettre d'obtenir des résultats équivalents, la conformité rigoureuse aux figures 23 et 24 n'est pas exigée. Des éléments additionnels tels qu'appareils de mesure, robinets, électrovannes, pompes et interrupteurs peuvent être utilisés pour la collecte d'informations supplémentaires ou pour coordonner les fonctions du système. D'autres éléments qui, dans certains systèmes, ne sont pas nécessaires pour garantir la précision peuvent être omis si cela est compatible avec les règles de l'art.

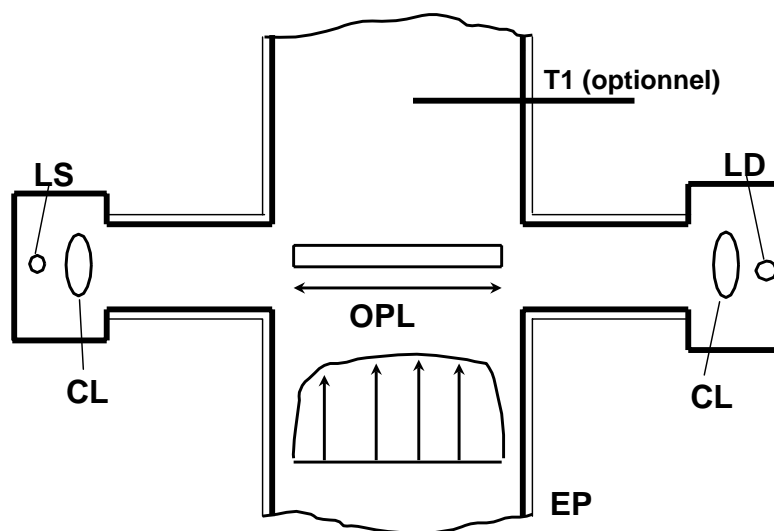
La mesure de l'opacité consiste à envoyer un faisceau lumineux sur une longueur donnée à travers le courant de fumée à mesurer et à évaluer les propriétés d'opacité du milieu en fonction de la proportion de lumière qui atteint un récepteur. Cette mesure dépend de la conception de l'appareillage et elle peut être effectuée dans le tuyau d'échappement (opacimétrie dans la ligne d'échappement en flux total) à l'extrémité du tuyau d'échappement (opacimétrie en bout d'échappement en flux total) ou sur un échantillon de gaz d'échappement prélevés dans le tuyau (opacimétrie en flux partiel). Pour la détermination du coefficient d'absorption de la lumière du signal de l'opacimètre, on doit connaître la longueur de trajet optique de l'appareil qui doit être communiquée par le fabricant de celui-ci.

3.2 Opacimétrie en flux total

Deux types principaux d'opacimètres à flux total peuvent être utilisés (fig. 23). Avec l'opacimètre dans la ligne d'échappement, on mesure l'opacité du panache entier à l'intérieur du tuyau d'échappement. Dans le cas de ce type d'opacimètre, la longueur de trajet optique (OPL) effective est fonction de la conception de l'opacimètre.

Avec l'opacimètre en bout d'échappement, on détermine l'opacité du panache entier à la sortie du tuyau d'échappement. Dans le cas de ce type d'opacimètre, la longueur de trajet optique (OPL) effective est fonction de la conception du tuyau d'échappement et de la distance entre l'extrémité du tuyau d'échappement et l'opacimètre.

Figure 23
Opacimètre à flux total



3.2.1 Éléments de la figure 23

EP Tuyau d'échappement

Dans le cas d'un opacimètre dans la ligne d'échappement, il ne doit pas y avoir de variation du diamètre du tuyau d'échappement sur au moins trois diamètres de tuyau en amont ou en aval de la zone de mesure. Si le diamètre de la zone de mesure est supérieur au diamètre du tuyau, il est recommandé que le tuyau comporte une section convergente en amont de la zone de mesure.

Dans le cas d'un opacimètre en bout d'échappement, la portion terminale de 0,6 m du tuyau d'échappement doit être de section circulaire et être exempte de coude ou de courbure. L'extrémité du tuyau d'échappement doit être coupée à l'équerre. L'opacimètre doit être installé sur l'axe central du panache de fumée à 25 ± 5 mm de l'extrémité du tuyau.

OPL Longueur de trajet optique

On entend par là la longueur de trajet optique obscurci par les fumées entre la source lumineuse et le récepteur de l'opacimètre, corrigée si nécessaire pour les défauts d'uniformité dus aux gradients de densité et aux effets de frange. La longueur de trajet optique doit être communiquée par le fabricant de l'appareil; elle doit tenir compte des mesures éventuelles prises contre l'encrassement (système de purge par

air par exemple). Si la longueur de trajet optique n'est pas disponible, elle doit être déterminée conformément à la norme ISO 11614, paragraphe 11.6.5. Pour la détermination correcte de la longueur de trajet optique, la vitesse minimale des gaz d'échappement doit être de 20 m/s.

LS Source lumineuse

La source lumineuse doit être une lampe à incandescence d'une température de couleur comprise dans la plage de 2 800 à 3 250 K ou une diode électroluminescente (DEL) verte ayant une crête d'émission spectrale située entre 550 et 570 nm.

La source lumineuse doit être protégée contre l'encrassement par des moyens qui n'influent pas au-delà des limites spécifiées par le fabricant sur la longueur de trajet optique.

LD Détecteur de lumière

Le détecteur doit être une cellule photovoltaïque ou une photodiode (munie d'un filtre si nécessaire). Dans le cas d'une source lumineuse à incandescence, le récepteur doit avoir une crête de réponse spectrale comparable à la courbe photopique de l'œil humain (réponse maximale) dans la plage de 550 à 570 nm, la sensibilité devant tomber à moins de 4 % de la réponse maximale au-dessous de 430 nm et au-dessus de 680 nm. Le détecteur de lumière doit être protégé contre l'encrassement par des moyens qui n'influent pas au-delà des limites spécifiées par le fabricant sur la longueur de trajet optique.

CL Lentilles collimatrices

L'émission lumineuse doit être collimatée en un faisceau d'un diamètre maximal de 30 mm. Les rayons du faisceau lumineux doivent être parallèles entre eux à moins de $\pm 3^\circ$ près par rapport à l'axe optique.

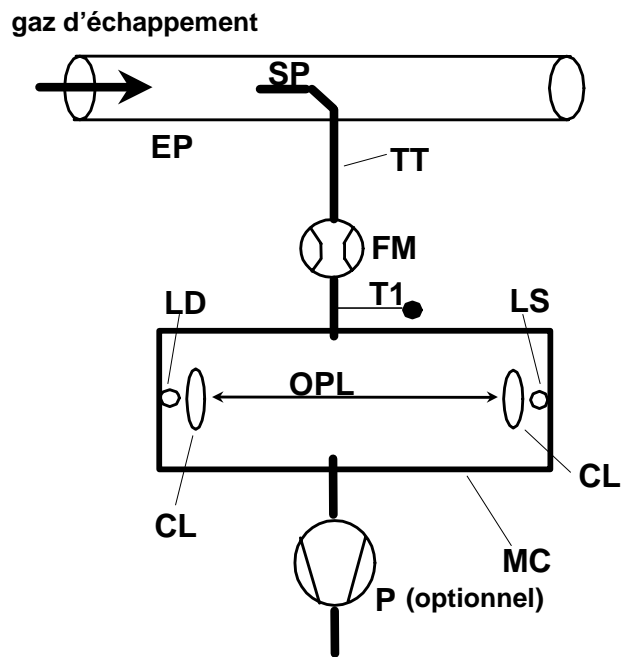
T1 Capteur de température (optionnel)

La température des gaz d'échappement peut être surveillée au cours de l'essai.

3.3 Opacimètre à flux partiel

Dans le cas de l'opacimètre à flux partiel (fig. 24), un échantillon représentatif de gaz d'échappement est prélevé dans le tuyau d'échappement et envoyé dans la chambre de mesure par l'intermédiaire d'une ligne de transfert. Pour ce type d'opacimètre, la longueur du trajet optique effectif est fonction de la conception de l'opacimètre. Les temps de réponse à mentionner dans les paragraphes qui suivent valent pour le débit minimal à travers l'opacimètre, tel qu'il est spécifié par le fabricant de l'appareil.

Figure 24
Opacimètre à flux partiel



3.3.1 Éléments de la figure 24

EP Tuyau d'échappement

Le tuyau d'échappement doit être un tuyau droit sur au moins six diamètres de tuyau en amont du bout de la sonde et trois diamètres en aval.

SP Sonde de prélèvement

La sonde de prélèvement doit être un tube ouvert orienté vers l'amont situé sur l'axe médian du tuyau d'échappement ou à proximité. L'espace libre entre la sonde et la paroi du tuyau de sortie doit être d'au moins 5 mm. Le diamètre de la sonde doit être tel que le prélèvement soit représentatif et que le débit à travers l'opacimètre soit suffisant.

TT Tube de transfert

Le tube de transfert doit:

- être aussi court que possible et permettre de maintenir une température des gaz d'échappement de 373 ± 30 K (100 ± 30 °C) à l'entrée de la chambre de mesure;
- avoir une température de paroi suffisamment élevée au-dessus du point de rosée des gaz d'échappement pour éviter toute condensation;

- c) avoir un diamètre égal au diamètre de la sonde de prélèvement sur toute sa longueur;
- d) avoir un temps de réponse de moins de 0,05 s au débit minimal de l'appareil, cette valeur étant déterminée conformément au paragraphe 5.2.4 de l'appendice 4 de la présente annexe;
- e) avoir une influence négligeable sur la crête d'intensité de fumée.

FM Débitmètre

Il doit être utilisé un appareil de mesure du débit traversant la chambre de mesure. Des débits minimal et maximal doivent être spécifiés par le fabricant de l'appareil; ceux-ci doivent être tels qu'il soit satisfait aux conditions en ce qui concerne le temps de réponse du tube TT et la longueur du trajet optique. Le débitmètre peut être situé à proximité de la pompe de prélèvement P si celle-ci est utilisée.

MC Chambre de mesure

La chambre de mesure doit avoir une surface intérieure antiréfléchissante, ou offrir un environnement optique équivalent. Les rayonnements parasites atteignant le détecteur du fait de réflexions internes ou d'effets de diffusion doivent être le plus réduits possible.

La pression des gaz dans la chambre de mesure ne doit pas s'écarter de plus de 0,75 kPa de la pression atmosphérique. Si cette condition est impossible à remplir du fait de la conception de l'appareil, la valeur lue doit être rapportée par calcul à la pression atmosphérique.

La température de paroi de la chambre de mesure doit être réglée à ± 5 K près à une température comprise entre 343 K (70 °C) et 373 K (100 °C) et qui est en tout cas suffisamment élevée par rapport au point de rosée des gaz d'échappement pour éviter toute condensation. La chambre de mesure doit être munie de dispositifs de mesure de la température.

OPL Longueur du trajet optique

Ce terme désigne la longueur du trajet optique obscurci par la fumée entre la source lumineuse et le récepteur de l'opacimètre, corrigée si nécessaire pour les défauts d'uniformité dus aux gradients de densité et aux effets de frange. La longueur du trajet optique doit être communiquée par le fabricant de l'appareil; elle doit tenir compte des mesures éventuelles contre l'encrassement (purge par air par exemple). Si la longueur du trajet optique n'est pas disponible, elle doit être déterminée conformément à la norme ISO 11614, paragraphe 11.6.5.

LS Source lumineuse

La source lumineuse doit être une lampe à incandescence ayant une température de couleur située dans la gamme de 2 800 à 3 250 K ou une diode électroluminescente

(DEL) ayant une crête d'émission spectrale située entre 550 et 570 nm. La source lumineuse doit être protégée contre l'encrassement par des moyens qui n'influent pas au-delà des limites spécifiées par le fabricant sur la longueur du trajet optique.

LD Détecteur de lumière

Le détecteur doit être une cellule photovoltaïque ou une photodiode (équipée d'un filtre si nécessaire). Dans le cas d'une source lumineuse à incandescence, le récepteur doit avoir une crête de réponse spectrale comparable à la courbe photopique de l'oeil humain (réponse maximale) dans la plage de 550 à 570 nm, la sensibilité devant tomber à moins de 4 % de la réponse maximale au-dessous de 430 nm et au-dessus de 680 nm. Le détecteur de lumière doit être protégé contre l'encrassement par des moyens qui n'influent pas au-delà des limites spécifiées par le fabricant sur la longueur du trajet optique.

CL Lentilles collimatrices

L'émission lumineuse doit être collimatée en un faisceau d'un diamètre maximal de 30 mm. Les rayons du faisceau lumineux doivent être parallèles entre eux à $\pm 3^\circ$ près par rapport à l'axe optique.

T1 Capteur de température

Celui-ci sert à surveiller la température des gaz d'échappement à l'entrée de la chambre de mesure.

P Pompe de prélèvement (optionnel)

Une pompe de prélèvement peut être utilisée en aval de la chambre de mesure pour renforcer le débit de gaz d'échappement passant par la chambre de mesure.

Annexe 5

**CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DU CARBURANT DE RÉFÉRENCE À UTILISER
POUR LES ESSAIS D'HOMOLOGATION ET LE CONTRÔLE DE LA CONFORMITÉ
DE LA PRODUCTION**

**1.1 CARBURANT DE RÉFÉRENCE DIESEL À UTILISER POUR L'ESSAI DES MOTEURS EN
FONCTION DES VALEURS LIMITES D'ÉMISSION INDIQUÉES À LA LIGNE A DES
TABLEAUX FIGURANT AU PARAGRAPHE 5.2.1 DU PRÉSENT RÈGLEMENT^a**

Caractéristique	Unité	Limites ^b		Méthode d'essai	Publication
		Min.	Max.		
Indice de cétane ^c		52	54	EN-ISO 5165	1998 ^d
Masse volumique à 15 °C	kg/m ³	833	837	EN-ISO 3675	1995
Distillation:					
– point 50 % vol.	°C	245	—	EN-ISO 3405	1998
– point 95 % vol.	°C	345	350	EN-ISO 3405	1998
– point d'ébullition final	°C	—	370	EN-ISO 3405	1998
Point d'éclair	°C	55	—	EN 27719	1993
Température limite de filtrabilité	°C	—	–5	EN 116	1981
Viscosité à 40 °C	mm ² /s	2,5	3,5	EN-ISO 3104	1996
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	% masse	3,0	6,0	IP 391*	1995
Teneur en soufre ^e	mg/kg	—	300	pr. EN-ISO/DIS 14596	1998 ^d
Corrosion lame de cuivre		—	1	EN-ISO 2160	1995
Résidu Conradson sur résidu 10 %	% masse	—	0,2	EN-ISO 10370	
Teneur en cendres	% masse	—	0,01	EN-ISO 6245	1995
Teneur en eau	% masse	—	0,05	EN-ISO 12937	1995
Indice de neutralisation (acide fort)	mg KOH/g	—	0,02	ASTM D 974-95	1998 ^d
Stabilité à l'oxydation ^f	mg/ml	—	0,025	EN-ISO 12205	1996
* Méthode nouvelle et améliorée en développement pour les aromatiques polycycliques	% masse	—	—	EN 12916	[1997] ^d

^a S'il est nécessaire de calculer le rendement thermique d'un moteur ou d'un véhicule, le pouvoir calorifique du carburant peut être calculé comme suit:

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

où:

d = masse volumique à 15 °C

y = proportion de cendres, en masse (%/100)

x = proportion d'eau, en masse (%/100)

s = proportion de soufre, en masse (%/100).

^b Les valeurs indiquées dans les spécifications sont des valeurs vraies. Lors de l'établissement des valeurs limites, les dispositions de la norme ISO 4259, «Produits pétroliers – détermination et application des données de précision relatives aux méthodes d'essai» ont été appliquées, et pour la fixation d'une valeur minimale la différence minimale de 2R par rapport à zéro a été prise en compte; pour la fixation d'une valeur maximale et d'une valeur minimale, la différence minimale a été prise comme égale à 4R (R = reproductibilité). Nonobstant cette mesure, nécessaire pour des raisons statistiques, le fabricant d'un carburant devrait viser à respecter une valeur zéro lorsque la valeur maximale stipulée est de 2R, et une valeur moyenne lorsque des limites maximale et minimale sont spécifiées. S'il était nécessaire de vérifier le respect des spécifications, les termes de la norme ISO 4259 devraient être appliqués.

^c La plage indiquée pour l'indice de cétane n'est pas conforme avec la valeur spécifiée de 4R pour l'étendue minimale. Toutefois, pour trancher toute contestation éventuelle entre le fournisseur et l'utilisateur, on pourra se conformer aux termes de la norme ISO 4259, à condition qu'il soit effectué un nombre suffisant de mesures pour obtenir la précision nécessaire, et non pas seulement des mesures individuelles.

^d Le mois de publication sera indiqué ultérieurement.

^e La teneur en soufre réelle du carburant utilisé pour l'essai doit être déclarée.

^f Malgré les mesures prises pour assurer la stabilité à l'oxydation, il est vraisemblable que la durée de conservation des produits sera limitée. Des conseils devraient être demandés au fournisseur quant aux conditions de stockage et à la durée de conservation.

1.2 CARBURANT DE RÉFÉRENCE DIESEL À UTILISER POUR L'ESSAI DES MOTEURS EN FONCTION DES VALEURS LIMITES D'ÉMISSION INDIQUÉES AUX LIGNES B1, B2 OU C DES TABLEAUX FIGURANT AU PARAGRAPHE 5.2.1 DU PRÉSENT RÈGLEMENT

Caractéristique	Unité	Limites ^a		Méthode d'essai
		Min.	Max.	
Indice de cétane ^b		52,0	54,0	EN-ISO 5165
Masse volumique à 15 °C	kg/m ³	833	837	EN-ISO 3675
Distillation:				
– point 50 % vol.	°C	245	—	EN-ISO 3405
– point 95 % vol.	°C	345	350	EN-ISO 3405
– point d'ébullition final	°C	—	370	EN-ISO 3405
Point d'éclair	°C	55	—	EN 22719
Température limite de filtrabilité	°C	—	-5	EN 116
Viscosité à 40 °C	mm ² /s	2,3	3,3	EN-ISO 3104
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	% masse	2,0	6,0	IP 391
Teneur en soufre ^c	mg/kg	—	10	ASTM D 5453
Corrosion lame de cuivre		—	classe 1	EN-ISO 2160
Résidu Conradson sur résidu 10 %	% masse	—	0,2	EN-ISO 10370
Teneur en cendres	% masse	—	0,01	EN-ISO 6245
Teneur en eau	% m/m	—	0,02	EN-ISO 12937
Indice de neutralisation (acide fort)	Mg KOH/g	—	0,02	ASTM D 974
Stabilité à l'oxydation ^d	mg/ml	—	0,025	EN-ISO 12205
Lubrifiante (diamètre de la marque d'usure à l'issue de l'essai HFRR à 60 °C)	Mm	—	400	CEC F-06-A-96
Esters méthyliques d'acides gras	interdits			

^a Les valeurs indiquées dans les spécifications sont des valeurs vraies. Lors de l'établissement des valeurs limites, les dispositions de la norme ISO 4259, «Produits pétroliers – détermination et application des données de précision relatives aux méthodes d'essai» ont été appliquées, et pour la fixation d'une valeur minimale la différence minimale de 2R par rapport à zéro a été prise en compte; pour la fixation d'une valeur maximale et d'une valeur minimale, la différence minimale a été prise comme égale à 4R (R = reproductibilité). Nonobstant cette mesure, nécessaire pour des raisons statistiques, le fabricant d'un carburant devrait viser à respecter une valeur zéro lorsque la valeur maximale stipulée est de 2R, et une valeur moyenne lorsque des limites maximale et minimale sont spécifiées. Au cas où il serait nécessaire de vérifier le respect des spécifications, les termes de la norme ISO 4259 devraient être appliqués.

^b La plage indiquée pour l'indice de cétane n'est pas conforme avec la valeur spécifiée de 4R pour l'étendue minimale. Toutefois, pour trancher toute contestation éventuelle entre le fournisseur et l'utilisateur, on pourra se conformer aux termes de la norme ISO 4259, à condition qu'il soit effectué un nombre suffisant de mesures pour obtenir la précision nécessaire, et non pas seulement des mesures individuelles.

^c La teneur en soufre réelle du carburant utilisé pour l'essai du type I doit être déclarée.

^d Malgré les mesures prises pour assurer la stabilité à l'oxydation, il est vraisemblable que la durée de conservation des produits sera limitée. Des conseils devraient être demandés au fournisseur quant aux conditions de stockage et à la durée de conservation.

1.3 ÉTHANOL POUR MOTEURS DIESEL^a

Caractéristique	Unité	Limites ^b		Méthode d'essai ^c
		Minimale	Maximale	
Alcool, masse	% m/m	92,4	—	ASTM D 5501
Alcool autre que l'éthanol contenu dans l'alcool total, masse	% m/m	—	2	ASTM D 5501
Densité à 15 °C	kg/m ³	795	815	ASTM D 4052
Teneur en cendres	% m/m		0,001	ISO 6245
Point d'éclair	°C	10		ISO 2719
Acidité, calculée sous forme d'acide acétique	% m/m	—	0,0025	ISO 1388—2
Indice de neutralisation (acidité forte)	KOH mg/l	—	1	
Couleur	Selon l'échelle	—	10	ASTM D 1209
Résidu sec à 100 °C	mg/kg		15	ISO 759
Teneur en eau	% m/m		6,5	ISO 760
Aldéhydes, calculés sous forme d'acide acétique	% m/m		0,0025	ISO 1388-4
Teneur en soufre	mg/kg	—	10	ASTM D 5453
Esters, calculés sous forme d'éther acétique	% m/m	—	0,1	ASTM D 1617

^a Un additif améliorant l'indice de cétane, conforme aux spécifications du constructeur du moteur, peut être ajouté à l'éthanol. La quantité maximale autorisée est de 10 % m/m.

^b Les valeurs indiquées dans les spécifications sont des valeurs vraies. Lors de l'établissement des valeurs limites, les dispositions de la norme ISO 4259, «Produits pétroliers – détermination et application des données de précision relatives aux méthodes d'essai» ont été appliquées, et pour la fixation d'une valeur minimale la différence minimale de 2R par rapport à zéro a été prise en compte; pour la fixation d'une valeur maximale et d'une valeur minimale, la différence minimale a été prise comme égale à 4R (R = reproductibilité). Nonobstant cette mesure, nécessaire pour des raisons statistiques, le fabricant d'un carburant devrait viser à respecter une valeur zéro lorsque la valeur maximale stipulée est de 2R, et une valeur moyenne lorsque des limites maximale et minimale sont spécifiées. Au cas où il serait nécessaire de vérifier le respect des spécifications, les termes de la norme ISO 4259 devraient être appliqués.

^c Des méthodes ISO équivalentes seront adoptées dès leur publication pour l'ensemble des propriétés indiquées ci-dessus.

2. GAZ NATUREL (GN)

Les carburants disponibles sur le marché européen appartiennent à deux gammes:

- a) la gamme H, dont les carburants de référence extrêmes sont les carburants G_R et G_{23} ;
- b) la gamme L, dont les carburants de référence extrêmes sont les carburants G_{23} et G_{25} .

Les caractéristiques des carburants de référence G_R , G_{23} , et G_{25} sont résumées ci-dessous:

Carburant de référence G_R

Caractéristique	Unité	Base	Limite		Méthode d'essai
			Min.	Max.	
Composition:					
Méthane	% mole	87	84	89	
Éthane	% mole	13	11	15	
Bilan ^a	% mole	—	—	1	ISO 6974
Teneur en soufre	mg/m ³ ^b	—	—	10	ISO 6326-5

^a Inertes + C_{2+} .

^b Valeur à déterminer aux conditions normales (293,2 K (20 °C) et 101,3 kPa).

Carburant de référence G_{23}

Caractéristique	Unité	Base	Limite		Méthode d'essai
			Min.	Max.	
Composition:					
Méthane	% mole	92,5	91,5	93,5	
Bilan ^a	% mole	—	—	1	ISO 6974
N ₂	% mole	7,5	6,5	8,5	
Teneur en soufre	mg/m ³ ^b	—	—	10	ISO 6326-5

^a Inertes (autres que N₂) + C_2/C_{2+} .

^b Valeur à déterminer aux conditions normales (293,2 K (20 °C) et 101,3 kPa).

Carburant de référence G₂₅

Caractéristique	Unité	Base	Limite		Méthode d'essai
			Min.	Max.	
Composition:					
Méthane	% mole	86	84	88	
Bilan ^a	% mole	—	—	1	ISO 6974
N ₂	% mole	14	12	16	
Teneur en soufre	mg/m ³ ^b	—	—	10	ISO 6326-5

^a Inertes (autres que N₂) + C₂/C₂₊.

^b Valeur à déterminer aux conditions normales (293,2 K (20 °C) et 101,3 kPa).

3. CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DES CARBURANTS GPL DE RÉFÉRENCE

A. CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DES CARBURANTS GPL DE RÉFÉRENCE À UTILISER POUR L'ESSAI DE VÉHICULES EN FONCTION DES VALEURS LIMITES D'ÉMISSION INDIQUÉES À LA LIGNE A DES TABLEAUX FIGURANT AU PARAGRAPHE 5.2.1 DU PRÉSENT RÈGLEMENT

Paramètre	Unité	Carburant A	Carburant B	Méthode d'essai
Composition:				ISO 7941
Teneur en C ₃	% vol	50 ± 2	85 ± 2	
Teneur en C ₃ C ₄	% vol	reste	reste	
< C ₃ , > C ₄	% vol	max. 2	max. 2	
Oléfines	% vol	max. 12	max. 14	
Résidu d'évaporation	mg/kg	max. 50	max. 50	ISO 13757
Eau à 0 °C		néant	néant	inspection visuelle
Teneur totale en soufre	mg/kg	max. 50	max. 50	EN 24260
Sulfure d'hydrogène		néant	néant	ISO 8819
Corrosion à lame de cuivre	évaluation	classe 1	classe 1	ISO 6251 ^a
Odeur		caractéristique	caractéristique	
Indice d'octane moteur		min. 92,5	min. 92,5	EN 589 annexe B

^a Il se peut que cette méthode ne permette pas de déterminer avec exactitude la présence de matières corrosives si le prélèvement contient des inhibiteurs de corrosion ou d'autres substances chimiques qui diminuent la corrosivité du prélèvement sur la lame de cuivre. Par conséquent, il est interdit d'ajouter des composés de cette nature dans le seul but de biaiser la méthode d'essai.

**B. CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DES CARBURANTS GPL DE RÉFÉRENCE
À UTILISER POUR L'ESSAI DE VÉHICULES EN FONCTION DES VALEURS
LIMITES D'ÉMISSION INDIQUÉES AUX LIGNES B1, B2 OU C DES TABLEAUX
FIGURANT AU PARAGRAPHE 5.2.1 DU PRÉSENT RÈGLEMENT**

Paramètre	Unité	Carburant A	Carburant B	Méthode d'essai
Composition:				ISO 7941
Teneur en C ₃	% vol	50 ± 2	85 ± 2	
Teneur en C ₄	% vol	reste	reste	
< C ₃ , > C ₄	% vol	max. 2	max. 2	
Oléfines	% vol	max. 12	max. 14	
Résidu d'évaporation	mg/kg	max. 50	max. 50	ISO 13757
Eau à 0 °C		néant	néant	inspection visuelle
Teneur totale en soufre	mg/kg	max. 10	max. 10	EN 24260
Sulfure d'hydrogène		néant	néant	ISO 8819
Corrosion à lame de cuivre	évaluation	classe 1	classe 1	ISO 6251 ^a
Odeur		caractéristique	caractéristique	
Indice d'octane moteur		min. 92,5	min. 92,5	EN 589 annexe B

^a Il se peut que cette méthode ne permette pas de déterminer avec exactitude la présence de matières corrosives si le prélèvement contient des inhibiteurs de corrosion ou d'autres substances chimiques qui diminuent la corrosivité du prélèvement sur la lame de cuivre. Par conséquent, il est interdit d'ajouter des composés de cette nature dans le seul but de biaiser la méthode d'essai.

Annexe 6

EXEMPLE DE PROCÉDURE DE CALCUL

1. ESSAI ESC

1.1 Émissions gazeuses

Les données de mesure pour le calcul des résultats de chaque mode sont indiquées ci-après. Dans cet exemple, CO et NO_x sont mesurés en conditions sèches, HC en conditions humides. La concentration de HC est donnée en équivalent propane (C3) et on doit la multiplier par 3 pour obtenir l'équivalent C1. La procédure de calcul est la même pour les autres modes.

P (kW)	T _a (K)	H _a (g/kg)	G _{EXH} (kg)	G _{AIRW} (kg)	G _{FUEL} (kg)	HC (ppm)	CO (ppm)	NO _x (ppm)
82,9	294,8	7,81	563,38	545,29	18,09	6,3	41,2	495

Calcul du facteur de correction K_{W,r} de conditions sèches en conditions humides (par. 45.2 de l'appendice 1 de l'annexe 4A):

$$F_{FH} = \frac{1,969}{\left(1 + \frac{18,09}{545,29}\right)} = 1,9058$$

$$K_{W2} = \frac{1,608 \cdot 7,81}{1000 + (1,608 \cdot 7,81)} = 0,0124$$

et

$$K_{W,r} = \left(1 - 1,9058 \cdot \frac{18,09}{541,06}\right) - 0,0124 = 0,9239$$

Calcul des concentrations en conditions humides:

$$CO = 41,2 \cdot 0,9239 = 38,1 \text{ ppm}$$

$$NO_x = 495 \cdot 0,9239 = 457 \text{ ppm}$$

Calcul du facteur de correction des NO_x pour l'humidité K_{H,D} (par. 54.3 de l'appendice 1 de l'annexe 4A):

$$A = 0,309 \cdot 18,09/541,06 - 0,0266 = -0,0163$$

$$B = -0,209 \cdot 18,09/541,06 + 0,00954 = 0,0026$$

$$K_{H,D} = \frac{1}{1 - 0,0163 \cdot (7,81 - 10,71) + 0,0026 \cdot (294,8 - 298)} = 0,9625$$

Calcul des débits-masse d'émission (par. 54.4 de l'appendice 1 de l'annexe 4A):

$$\text{NO}_x = 0,001587 \cdot 457 \cdot 0,9625 \cdot 563,38 = 393,27 \text{ g/h}$$

$$\text{CO} = 0,000966 \cdot 38,1 \cdot 563,38 = 20,735 \text{ g/h}$$

$$\text{HC} = 0,000479 \cdot 6,3 \cdot 3 \cdot 563,38 = 5,100 \text{ g/h}$$

Calcul des émissions spécifiques (par. 54.5 de l'appendice 1 de l'annexe 4A):

Un exemple de calcul est donné ci-après pour le CO; la procédure de calcul est la même pour les autres composants.

Le débit d'émissions-masse pour chaque mode est multiplié par le facteur de pondération respectif, comme indiqué au paragraphe 2.7.1 de l'appendice 1 de l'annexe 4A et la somme des valeurs donne le débit-masse moyen des émissions sur tout le cycle:

$$\begin{aligned} \text{CO} = & (6,7 \cdot 0,15) + (24,6 \cdot 0,08) + (20,5 \cdot 0,10) + (20,7 \cdot 0,10) + (20,6 \cdot 0,05) \\ & + (15,0 \cdot 0,05) + (19,7 \cdot 0,05) + (74,5 \cdot 0,09) + (31,5 \cdot 0,10) + (81,9 \cdot 0,08) \\ & + (34,8 \cdot 0,05) + (30,8 \cdot 0,05) + (27,3 \cdot 0,05) = 30,91 \text{ g/h} \end{aligned}$$

La puissance moteur pour chaque mode est multipliée par le facteur de pondération respectif, comme indiqué au paragraphe 2.7.1 de l'appendice 1 de l'annexe 4A et la somme des valeurs de puissance donne la puissance moyenne sur le cycle:

$$\begin{aligned} P(n) = & (0,1 \cdot 0,15) + (96,8 \cdot 0,08) + (55,2 \cdot 0,10) + (82,9 \cdot 0,10) + (46,8 \cdot 0,05) \\ & + (70,1 \cdot 0,05) + (23,0 \cdot 0,05) + (114,3 \cdot 0,09) + (27,0 \cdot 0,10) + (122,0 \cdot 0,08) \\ & + (28,6 \cdot 0,05) + (87,4 \cdot 0,05) + (57,9 \cdot 0,05) = 60,006 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\overline{\text{CO}} = \frac{30,91}{60,006} = 0,515 \text{ g/kWh}$$

Calcul des émissions spécifiques de NO_x au point d'essai aléatoire (par. 54.6.1 de l'appendice 1 de l'annexe 4A):

Supposons que les valeurs suivantes aient été mesurées au point d'essai aléatoire:

$$n_Z = 1\,600 \text{ min}^{-1}$$

$$M_Z = 495 \text{ Nm}$$

$$\text{NO}_{x \text{ mass}, Z} = 487,9 \text{ g/h (calculé conformément aux formules précédemment données)}$$

$$P(n)_Z = 83 \text{ Kw}$$

$$\text{NO}_{x, Z} = 487,9/83 = 5,878 \text{ g/kWh}$$

Détermination de la valeur des émissions pour le cycle d'essai (par. 54.6.2 de l'appendice 1 de l'annexe 4A):

Supposons que les valeurs des quatre modes adjacents de l'essai ESC soient les suivantes:

n_{RT}	n_{SU}	E_R	E_S	E_T	E_U	M_R	M_S	M_T	M_U
1 368	1 785	5,943	5,565	5,889	4,973	515	460	681	610

$$E_{TU} = 5,889 + (4,973 - 5,889) \cdot (1\,600 - 1\,368) / (1\,785 - 1\,368) = 5,377 \text{ g/kWh}$$

$$E_{RS} = 5,943 + (5,565 - 5,943) \cdot (1\,600 - 1\,368) / (1\,785 - 1\,368) = 5,732 \text{ g/kWh}$$

$$M_{TU} = 681 + (601 - 681) \cdot (1\,600 - 1\,368) / (1\,785 - 1\,368) = 641,3 \text{ Nm}$$

$$M_{RS} = 515 + (460 - 515) \cdot (1\,600 - 1\,368) / (1\,785 - 1\,368) = 484,3 \text{ Nm}$$

$$E_Z = 5,732 + (5,377 - 5,732) \cdot (495 - 484,3) / (641,3 - 484,3) = 5,708 \text{ g/kWh}$$

Comparaison des valeurs d'émissions de NO_x (par. 45.6.3 de l'appendice 1 de l'annexe 4A):

$$\text{NO}_{x \text{ diff}} = 100 \cdot (5,878 - 5,708) / 5,708 = 2,98 \%$$

1.2 Émissions de particules

Pour la mesure des particules, on procède en prélevant des particules sur le cycle complet, mais en déterminant la masse et le débit de l'échantillon (M_{SAM} et G_{EDF}) au cours de chaque mode. Le calcul de G_{EDF} dépend du système utilisé. Dans les exemples qui suivent, il s'agit d'un système avec mesure du CO_2 et méthode du bilan carbone et d'un système avec mesure du débit. Lorsque l'on utilise un système à dilution en flux total, la valeur de G_{EDF} est directement mesurée par l'appareillage CVS.

Calcul de G_{EDF} (par. 6.2.3 et 6.2.4 de l'appendice 1 de l'annexe 4A):

Supposons que l'on obtienne les résultats de mesure suivants pour le mode 4. La procédure de calcul est la même que pour les autres modes.

G_{EXH} (kg/h)	G_{FUEL} (kg/h)	G_{DILW} (kg/h)	G_{TOTW} (kg/h)	CO_{2D} (%)	CO_{2A} (%)
334,02	10,76	5,4435	6,0	0,657	0,040

a) Méthode du bilan carbone

$$G_{EDF W} = \frac{206,5 \cdot 10,76}{0,657 - 0,040} = 3\,601,2 \text{ kg/h}$$

b) Méthode de la mesure du débit

$$q = \frac{6,0}{(6,0 - 5,4435)} = 10,78$$

$$G_{EDF W} = 334,02 \cdot 10,78 = 3\,600,7 \text{ kg/h}$$

Calcul du débit-masse (par. 6.4 de l'appendice 1 de l'annexe 4A):

Le débit $G_{EDF\ W}$ pour chaque mode est multiplié par le facteur de pondération respectif, comme indiqué au paragraphe 2.7.1 de l'appendice 1 de l'annexe 4A; la somme des valeurs donne la valeur G_{EDF} moyenne sur tout le cycle. La masse totale de l'échantillon M_{SAM} est obtenue par addition des valeurs de chaque mode.

$$\begin{aligned} G_{EDF\ W} = & (3\ 567 \cdot 0,15) + (3\ 592 \cdot 0,08) + (3\ 611 \cdot 0,10) + (3\ 600 \cdot 0,10) \\ & + (3\ 618 \cdot 0,05) + (3\ 600 \cdot 0,05) + (3\ 640 \cdot 0,05) + (3\ 614 \cdot 0,09) \\ & + (3\ 620 \cdot 0,10) + (3\ 601 \cdot 0,08) + (3\ 639 \cdot 0,05) + (3\ 582 \cdot 0,05) \\ & + (3\ 635 \cdot 0,05) = 3\ 604,6 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{SAM} = & 0,226 + 0,122 + 0,151 + 0,152 + 0,076 + 0,076 + 0,076 + 0,136 \\ & + 0,151 + 0,121 + 0,076 + 0,076 + 0,075 = 1,515 \text{ kg} \end{aligned}$$

Supposons que la masse de particules sur les filtres est de 2,5 mg, on a

$$PT_{\text{mass}} = \frac{2,5}{1,515} \cdot \frac{3\ 604,6}{1\ 000} = 5,948 \text{ g/h}$$

Correction pour tenir compte des concentrations ambiantes (optionnel)

Supposons qu'une mesure des concentrations ambiantes a été effectuée et a donné les résultats qui suivent. Le mode de calcul du taux de dilution DF est le même qu'au paragraphe 3.1 de la présente annexe et n'est pas répété ici.

$$M_d = 0,1 \text{ mg}; \quad M_{DIL} = 1,5 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Somme de } D_F = & [(1-1/119,15) \cdot 0,15] + [(1-1/8,89) \cdot 0,08] + [(1-1/14,75) \cdot 0,10] \\ & + [(1-1/10,10) \cdot 0,10] + [(1-1/18,02) \cdot 0,05] + [(1-1/12,33) \cdot 0,05] \\ & + [(1-1/32,18) \cdot 0,05] + [(1-1/6,94) \cdot 0,09] + [(1-1/25,19) \cdot 0,10] \\ & + [(1-1/6,12) \cdot 0,08] + [(1-1/20,87) \cdot 0,05] + [(1-1/8,77) \cdot 0,05] \\ & + [(1-1/12,59) \cdot 0,05] = 0,923 \end{aligned}$$

$$PT_{\text{mass}} = \frac{2,5}{1,515} - \left(\frac{0,1}{1,5} \cdot 0,923 \right) \cdot \frac{3\ 604,6}{1\ 000} = 5,726 \text{ g/h}$$

Calcul des émissions spécifiques (par. 6.5 de l'appendice 1 de l'annexe 4A):

$$\begin{aligned} P(n) = & (0,1 \cdot 0,15) + (96,8 \cdot 0,08) + (55,2 \cdot 0,10) + (82,9 \cdot 0,10) + (46,8 \cdot 0,05) \\ & + (70,1 \cdot 0,05) + (23,0 \cdot 0,05) + (114,3 \cdot 0,09) + (27,0 \cdot 0,10) + (122,0 \cdot 0,08) \\ & + (28,6 \cdot 0,05) + (87,4 \cdot 0,05) + (57,9 \cdot 0,05) = 60,006 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\overline{PT} = \frac{5,948}{60,006} = 0,099 \text{ g/kWh, s'il y a correction pour les concentrations ambiantes:}$$

$$\overline{PT} = \frac{5,726}{60,006} = 0,095 \text{ g/kWh}$$

Calcul du facteur de pondération respectif (par. 6.6 de l'appendice 1 de l'annexe 4A):

Si l'on prend les valeurs calculées pour le mode 4 ci-dessus, on a:

$$WF_{E,I} = \frac{0,152 \cdot 3604,6}{1,515 \cdot 3600,7} = 0,1004$$

Cette valeur se situe dans les limites prescrites de $0,10 \pm 0,003$.

2. ESSAI ELR

Étant donné que le filtrage Bessel représente une méthode complètement nouvelle de calcul de la moyenne dans le cadre de la législation européenne concernant les émissions d'échappement, il a été jugé utile de donner ci-après une explication sur la fonction du filtre de Bessel, ainsi qu'un exemple de conception d'un algorithme de Bessel, et un exemple de calcul de la valeur finale d'opacité des fumées.

Les constantes de l'algorithme de Bessel dépendent seulement de la conception de l'opacimètre et du taux d'échantillonnage du système d'acquisition des données.

Il est recommandé que le fabricant de l'opacimètre communique les constantes du filtre de Bessel définitif pour différents taux d'échantillonnage et que le client utilise ces constantes pour la conception de l'algorithme de Bessel et pour le calcul des valeurs d'opacité de fumées.

2.1 Observations générales concernant le filtre de Bessel

Par suite de distorsions à haute fréquence, la trace du signal d'opacité non traité présente normalement une dispersion importante. Afin d'éliminer ces distorsions à haute fréquence, on doit utiliser un filtre de Bessel pour l'essai ELR. Celui-ci est un filtre passe-bas récursif de deuxième ordre qui garantit la vitesse maximale de montée du signal sans dépassement.

En supposant la présence d'un panache de gaz d'échappement brut en temps réel dans le tuyau d'échappement, chaque opacimètre montre une trace d'opacité retardée et mesurée différemment. Le retard et l'amplitude de la trace d'opacité mesurée dépendent de la géométrie de la chambre de mesure de l'opacimètre, ce qui inclut les lignes de prélèvement de l'échantillon, et du temps nécessaire pour traiter le signal dans les circuits électroniques de l'opacimètre. Les valeurs qui caractérisent ces deux effets sont appelées temps de réponse physique et temps de réponse électrique; elles représentent un filtre individuel pour chaque type d'opacimètre.

L'objectif visé par l'application d'un filtre de Bessel est de garantir une caractéristique de filtrage globale uniforme de tout le système à opacimètre, combinant:

- a) le temps de réponse physique de l'opacimètre (t_p)
- b) le temps de réponse électrique de l'opacimètre (t_e)
- c) le temps de réponse du filtre de Bessel appliqué (t_f)

Le temps de réponse global résultant pour le système t_{Aver} est donné par la formule suivante:

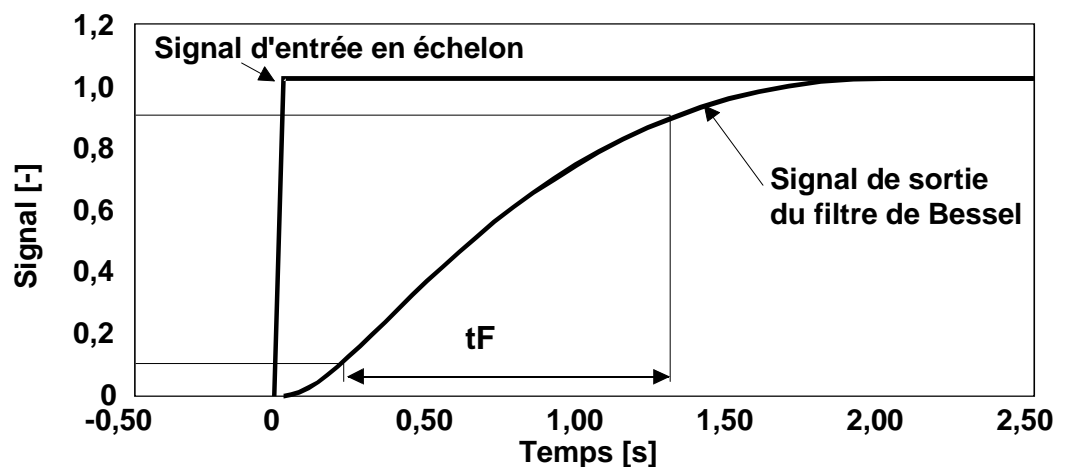
$$t_{Aver} = \sqrt{t_F^2 + t_p^2 + t_e^2},$$

il doit être égal pour tous les types d'opacimètres pour une mesure uniforme de l'opacité des fumées. Un filtre de Bessel doit donc être établi de telle manière que le temps de réponse du filtre (t_F) combiné avec le temps de réponse physique (t_p) et le temps de réponse électrique (t_e) de l'opacimètre utilisé donnent ensemble le temps de réponse global requis (t_{Aver}). Étant donné que t_p et t_e sont des valeurs se rapportant à chaque opacimètre, et t_{Aver} est défini comme étant égal à 1,0 s dans le présent Règlement, t_F peut être calculé comme suit:

$$t_F = \sqrt{t_{Aver}^2 - t_p^2 - t_e^2}$$

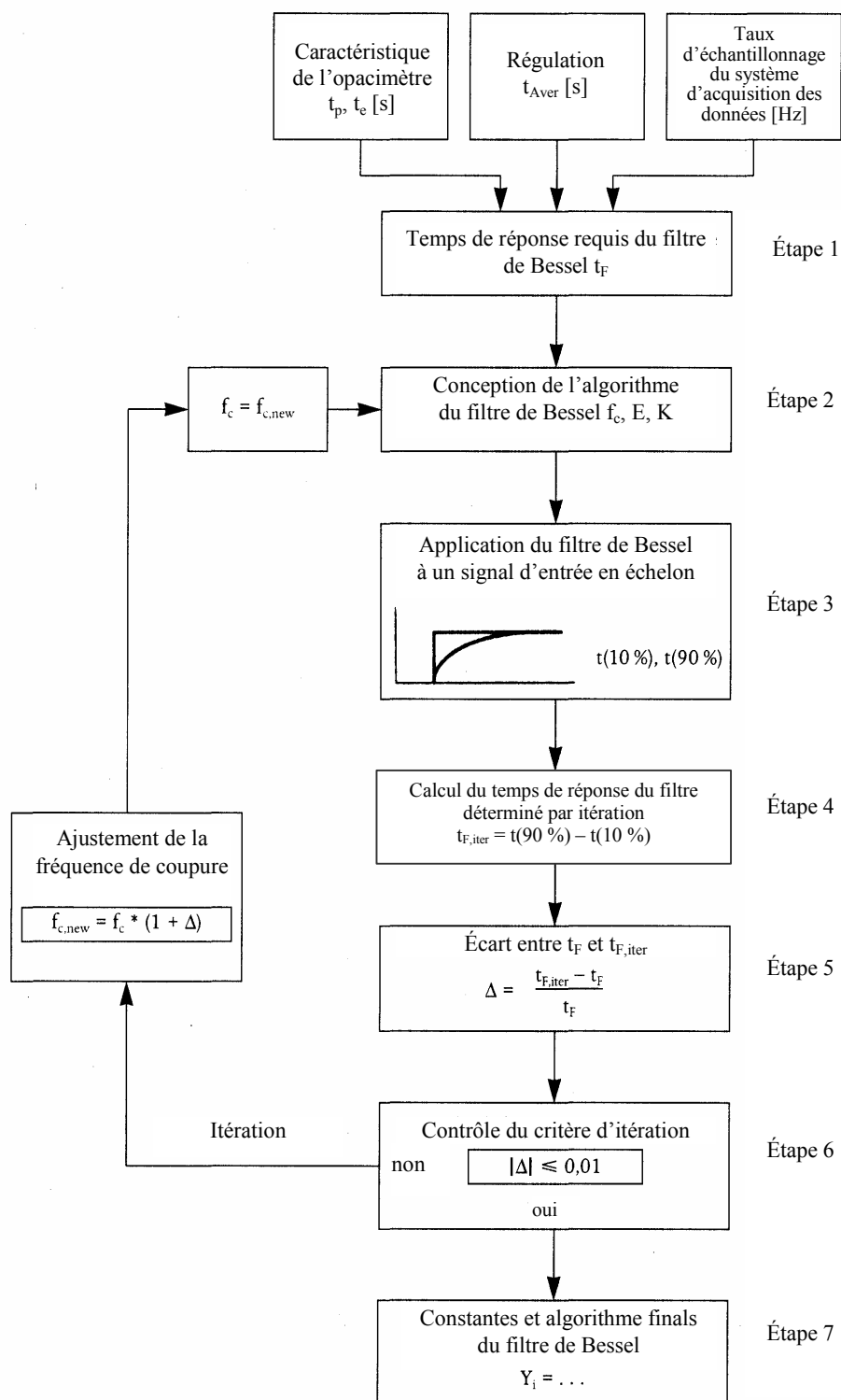
Par définition, le temps de réponse du filtre t_F est le temps de montée entre 10 % et 90 % d'un signal de sortie filtré par rapport au signal d'entrée en échelon. La fréquence de coupure du filtre de Bessel doit donc être itérée de telle manière que le temps de réponse du filtre de Bessel s'inscrive dans le temps de montée requis.

Figure a
Traces du signal d'entrée en échelon et du signal de sortie filtré



La figure a montre les traces d'un signal d'entrée en échelons et du signal de sortie du filtre de Bessel, ainsi que le temps de réponse du filtre (t_F).

L'élaboration de l'algorithme final du filtre de Bessel est un processus en plusieurs étapes nécessitant des itérations multiples. Le principe de la procédure d'itération est décrit ci-après.



2.2 Calcul de l'algorithme de Bessel

Dans cet exemple, on élabore un algorithme de Bessel en plusieurs étapes conformément à la procédure d'itération décrite ci-dessus, sur la base du paragraphe 7.1 de l'appendice 1 de l'annexe 4A.

Pour l'opacimètre et le système d'acquisition de données, on pose les caractéristiques suivantes:

- a) temps de réponse physique t_p 0,15 s
- b) temps de réponse électrique t_e 0,05 s
- c) temps de réponse global t_{Aver} 1,00 s (par définition selon les termes du présent Règlement)
- d) taux d'échantillonnage 150 Hz

Étape 1: Temps de réponse requis du filtre de Bessel t_F :

$$t_F = \sqrt{1^2 - (0,15^2 + 0,05^2)} = 0,987421 \text{ s}$$

Étape 2: Évaluation de la fréquence de coupure et calcul des constantes de Bessel, E, K pour la première itération:

$$f_c = 3,1415 / (10 \cdot 0,987421) = 0,318152 \text{ Hz}$$

$$\Delta t = 1 / 150 = 0,006667 \text{ s}$$

$$\Omega = 1 / [\tan (3,1415 \cdot 0,006667 \cdot 0,318152)] = 150,076644$$

$$E = \frac{1}{1 + 150,076644 \cdot \sqrt{3 \cdot 0,618034 + 0,618034 \cdot 150,076644^2}} = 7,07948 \cdot 10^{-5}$$

$$K = 2 \cdot 7,07948 \cdot 10^{-5} \cdot (0,618034 \cdot 150,076644^2 - 1) - 1 = 0,970783$$

On obtient ainsi l'algorithme de Bessel:

$$Y_i = Y_{i-1} + 7,07948 \cdot 10^{-5} \cdot (S_i + 2 \cdot S_{i-1} + S_{i-2} - 4 \cdot Y_{i-2}) + 0,970783 \cdot (Y_{i-1} - Y_{i-2})$$

où S_i représente les valeurs du signal d'entrée en échelon («0» ou «1») et Y_i les valeurs filtrées du signal de sortie.

Étape 3: Application du filtre de Bessel à un signal d'entrée en échelon:

Le temps de réponse du filtre de Bessel t_F est défini comme étant le temps de montée du signal de sortie filtré entre 10 % et 90 % en réponse à un signal d'entrée en échelon. Pour déterminer les instants 10 % (t_{10}) et 90 % (t_{90}) du signal de sortie, on

doit appliquer un filtre de Bessel à un signal d'entrée en échelon avec les valeurs ci-dessus de f_c , E et K.

Le tableau B indique les indices, les instants et les valeurs d'un signal d'entrée en échelon et les valeurs résultantes du signal de sortie filtré pour les première et seconde itérations. Les points adjacents à t_{10} et t_{90} sont indiqués en caractères gras.

Au tableau B, en première itération, la valeur 10 % est obtenue entre les indices 30 et 31 et la valeur 90 % entre les indices 191 et 192. Pour le calcul de $t_{F,iter}$ les valeurs exactes de t_{10} et t_{90} sont déterminées par interpolation linéaire entre les points de mesure adjacents, comme suit:

$$t_{10} = t_{lower} + \Delta t \cdot (0,1 - out_{lower}) / (out_{upper} - out_{lower})$$

$$t_{90} = t_{lower} + \Delta t \cdot (0,9 - out_{lower}) / (out_{upper} - out_{lower})$$

où out_{upper} et out_{lower} , respectivement, sont les points adjacents du signal de sortie du filtre de Bessel et t_{lower} est l'instant du point temporel adjacent, comme indiqué au tableau B.

$$t_{10} = 0,200000 + 0,006667 \cdot (0,1 - 0,099208) / (0,104794 - 0,099208) = 0,200945 \text{ s}$$

$$t_{90} = 1,273333 + 0,006667 \cdot (0,9 - 0,899147) / (0,901168 - 0,899147) = 1,276147 \text{ s}$$

Étape 4: Temps de réponse du filtre lors du premier cycle d'itération:

$$t_{F,iter} = 1,276147 - 0,200945 = 1,075202 \text{ s}$$

Étape 5: Écart entre le temps de réponse du filtre requis et celui obtenu lors du premier cycle d'itération:

$$\Delta = (1,075202 - 0,987421) / 0,987421 = 0,081641$$

Étape 6: Contrôle du critère d'itération:

La condition $|\Delta| \leq 0,01$ est à remplir. Étant donné que l'on a $0,081641 > 0,01$, le critère d'itération n'est pas rempli et un nouveau cycle d'itération doit être lancé. Pour ce cycle, une nouvelle fréquence de coupure est calculée à partir de f_c et Δ , comme suit:

$$f_{c,new} = 0,318152 \cdot (1 + 0,081641) = 0,344126 \text{ Hz}$$

Cette nouvelle fréquence de coupure est employée dans le deuxième cycle d'itération qui débute à l'étape 2. L'itération doit être répétée jusqu'à ce qu'il soit satisfait au critère d'itération. Les valeurs résultantes pour les premier et deuxième cycles d'itération sont récapitulées au tableau A.

Tableau A
Valeurs des première et deuxième itérations

Paramètre	Première itération	Deuxième itération
f_c (Hz)	0,318152	0,344126
E (-)	$7,07948 \cdot 10^{-5}$	$8,272777 \cdot 10^{-5}$
K (-)	0,970783	0,968410
t_{10} (s)	0,200945	0,185523
t_{90} (s)	1,276147	1,179562
$t_{F,iter}$ (s)	1,075202	0,994039
Δ (-)	0,081641	0,006657
$f_{c,new}$ (Hz)	0,344126	0,346417

Étape 7: Algorithme final de Bessel:

Dès qu'il est satisfait au critère d'itération, les constantes finales du filtre de Bessel et l'algorithme final de Bessel sont calculés conformément à l'étape 2. Dans cet exemple, il a été satisfait au critère d'itération après la deuxième itération ($\Delta = 0,006657 \leq 0,01$). L'algorithme final sert ensuite à déterminer les valeurs moyennées des fumées (voir le paragraphe 2.3 ci-après).

$$Y_I = Y_{i-1} + 8,272777 \cdot 10^{-5} \cdot (S_i + 2 \cdot S_{i-1} + S_{i-2} - 4 \cdot Y_{i-2}) + 0,968410 \cdot (Y_{i-1} - Y_{i-2})$$

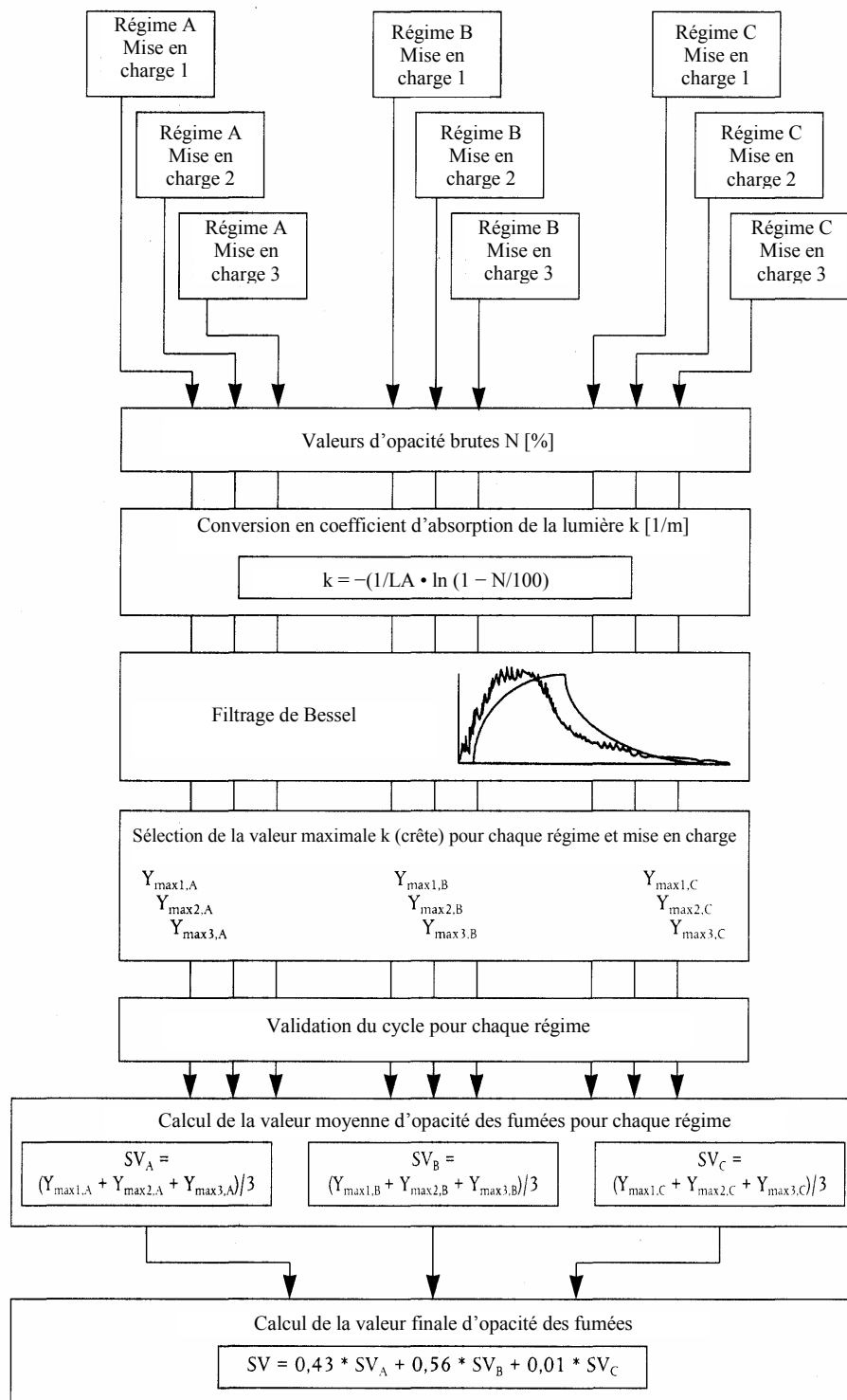
Tableau B
Valeurs du signal d'entrée en échelon et du signal de sortie du filtre de Bessel pour les premier et deuxième cycles d'itération

Indice i [-]	Instant [s]	Signal d'entrée en échelon S_i [-]	Signal de sortie filtré Y_i [-]	
			Première itération	Deuxième itération
-2	-0,013333	0	0,000000	0,000000
-1	-0,006667	0	0,000000	0,000000
0	0,000000	1	0,000071	0,000083
1	0,006667	1	0,000352	0,000411
2	0,013333	1	0,000908	0,001060
3	0,020000	1	0,001731	0,002019
4	0,026667	1	0,002813	0,003278
5	0,033333	1	0,004145	0,004828
~	~	~	~	~
24	0,160000	1	0,067877	0,077876
25	0,166667	1	0,072816	0,083476
26	0,173333	1	0,077874	0,089205
27	0,180000	1	0,083047	0,095056
28	0,186667	1	0,088331	0,101024
29	0,193333	1	0,093719	0,107102

Indice i [-]	Instant [s]	Signal d'entrée en échelon S_i [-]	Signal de sortie filtré Y_i [-]	
			Première itération	Deuxième itération
30	0,200000	1	0,099208	0,113286
31	0,206667	1	0,104794	0,119570
32	0,213333	1	0,110471	0,125949
33	0,220000	1	0,116236	0,132418
34	0,226667	1	0,122085	0,138972
35	0,233333	1	0,128013	0,145605
36	0,240000	1	0,134016	0,152314
37	0,246667	1	0,140091	0,159094
~	~	~	~	~
175	1,166667	1	0,862416	0,895701
176	1,173333	1	0,864968	0,897941
177	1,180000	1	0,867484	0,900145
178	1,186667	1	0,869964	0,902312
179	1,193333	1	0,872410	0,904445
180	1,200000	1	0,874821	0,906542
181	1,206667	1	0,877197	0,908605
182	1,213333	1	0,879540	0,910633
183	1,220000	1	0,881849	0,912628
184	1,226667	1	0,884125	0,914589
185	1,233333	1	0,886367	0,916517
186	1,240000	1	0,888577	0,918412
187	1,246667	1	0,890755	0,920276
188	1,253333	1	0,892900	0,922107
189	1,260000	1	0,895014	0,923907
190	1,266667	1	0,897096	0,925676
191	1,273333	1	0,899147	0,927414
192	1,280000	1	0,901168	0,929121
193	1,286667	1	0,903158	0,930799
194	1,293333	1	0,905117	0,932448
195	1,300000	1	0,907047	0,934067
~	~	~	~	~

2.3 Calcul des valeurs d'opacité des fumées

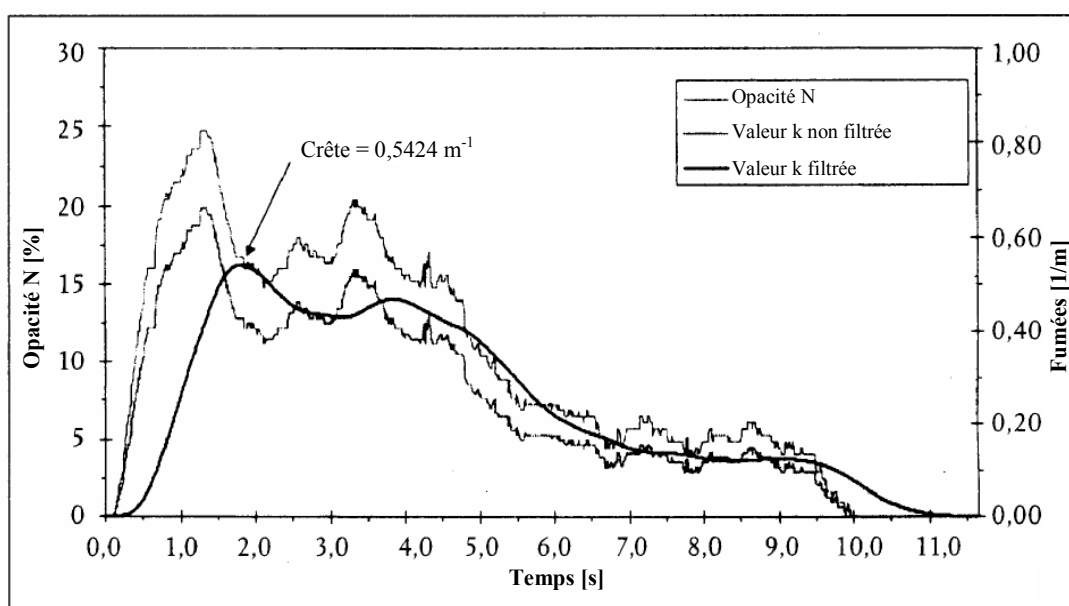
La procédure générale de détermination de la valeur finale d'opacité des fumées est présentée dans le schéma ci-dessous:



La figure b représente les traces du signal d'opacité brut mesuré et des coefficients d'absorption de la lumière (valeur k) non filtrés et filtrés de la première mise en charge d'un essai ELR, ainsi que la valeur maximale $Y_{\max 1,A}$ (valeur de crête) de la trace filtrée k . Le tableau C correspondant à cette figure contient les valeurs numériques de l'indice i , l'instant (taux d'échantillonnage 150 Hz), la valeur d'opacité brute, et les valeurs k non filtrées et filtrées. Le filtrage a été effectué avec les constantes de l'algorithme de Bessel établi conformément au paragraphe 2.2 de la présente annexe. Compte tenu de la grande quantité de données recueillies, seules les données relatives à la trace du signal d'opacité vers le début et jusqu'à la crête sont présentées dans le tableau.

Figure b

Traces de l'opacité mesurée N , de la valeur k non filtrée et de la valeur k filtrée



La valeur de crête ($i = 272$) est calculée sur la base des données suivantes du tableau C. Toutes les autres valeurs individuelles d'opacité sont calculées de la même manière. Pour commencer l'algorithme, il faut régler à zéro S_{-1} , S_{-2} , Y_{-1} et Y_{-2} .

L_A (m)	0,430
Indice I	272
N (%)	16,783
S_{271} (m^{-1})	0,427392
S_{270} (m^{-1})	0,427532
Y_{271} (m^{-1})	0,542383
Y_{270} (m^{-1})	0,542337

Calcul de la valeur k (par. 7.3.1 de l'appendice 1 de l'annexe 4A):

$$k = -\frac{1}{0,430} \cdot \ln\left(1 - \frac{16,783}{100}\right) = 0,427252 \text{ m}^{-1}$$

Cette valeur correspond à S_{272} dans l'équation ci-dessous.

Calcul de la moyenne de Bessel de l'opacité des fumées (par. 7.3.2 de l'appendice 1 de l'annexe 4A):

Dans l'équation qui suit, les constantes de Bessel déterminées au paragraphe 2.2 ci-dessus sont utilisées. La valeur k non filtrée effective, telle qu'elle est calculée ci-dessus, correspond à S_{272} (S_i). S_{271} (S_{i-1}) et S_{270} (S_{i-2}) sont les deux valeurs k non filtrées précédentes, alors que Y_{271} (Y_{i-1}) et Y_{270} (Y_{i-2}) sont les deux valeurs k filtrées précédentes.

$$Y_{272} = 0,542383 + 8,272777 \cdot 10^{-5} \cdot (0,427252 + 2 \cdot 0,427392 + 0,427532 - 4 \cdot 0,542337) + 0,968410 \cdot (0,542383 - 0,542337) = 0,542389 \text{ m}^{-1}$$

Cette valeur correspond à $Y_{\max 1,A}$ dans l'équation ci-dessous.

Calcul de la valeur finale d'opacité des fumées (par. 7.3.3 de l'appendice 1 de l'annexe 4A):

Pour les calculs ultérieurs, la valeur k filtrée maximale est obtenue à partir de chaque trace du signal d'opacité. Étant supposées les valeurs suivantes:

Régime	$Y_{\max} \text{ (m}^{-1}\text{)}$		
	Cycle 1	Cycle 2	Cycle 3
A	0,5424	0,5435	0,5587
B	0,5596	0,5400	0,5389
C	0,4912	0,5207	0,5177

$$\begin{aligned} SV_A &= (0,5424 + 0,5435 + 0,5587) / 3 = 0,5482 \text{ m}^{-1} \\ SV_B &= (0,5596 + 0,5400 + 0,5389) / 3 = 0,5462 \text{ m}^{-1} \\ SV_C &= (0,4912 + 0,5207 + 0,5177) / 3 = 0,5099 \text{ m}^{-1} \\ SV &= (0,43 \cdot 0,5482) + (0,56 \cdot 0,5462) + (0,01 \cdot 0,5099) = 0,5467 \text{ m}^{-1} \end{aligned}$$

Validation du cycle (par. 3.4 de l'appendice 1 de l'annexe 4A)

Avant le calcul de SV , le cycle doit être validé par calcul des écarts types relatifs des valeurs d'opacité des trois mises en charge pour chaque régime.

Régime	SV moyen (m^{-1})	Écart type absolu (m^{-1})	Écart type relatif (%)
A	0,5482	0,0091	1,7
B	0,5462	0,0116	2,1
C	0,5099	0,0162	3,2

Dans cet exemple, il est satisfait aux critères de validation de 15 % pour tous les régimes.

Tableau C
Valeurs de l'opacité N, valeurs k filtrées et non filtrées au début de la mise en charge

Indice I [-]	Instant [s]	Opacité N [%]	Valeur k non filtrée [m ⁻¹]	Valeur k filtrée [m ⁻¹]
-2	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
-1	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1	0,006667	0,020000	0,000465	0,000000
2	0,013333	0,020000	0,000465	0,000000
3	0,020000	0,020000	0,000465	0,000000
4	0,026667	0,020000	0,000465	0,000001
5	0,033333	0,020000	0,000465	0,000002
6	0,040000	0,020000	0,000465	0,000002
7	0,046667	0,020000	0,000465	0,000003
8	0,053333	0,020000	0,000465	0,000004
9	0,060000	0,020000	0,000465	0,000005
10	0,066667	0,020000	0,000465	0,000006
11	0,073333	0,020000	0,000465	0,000008
12	0,080000	0,020000	0,000465	0,000009
13	0,086667	0,020000	0,000465	0,000011
14	0,093333	0,020000	0,000465	0,000012
15	0,100000	0,192000	0,004469	0,000014
16	0,106667	0,212000	0,004935	0,000018
17	0,113333	0,212000	0,004935	0,000022
18	0,120000	0,212000	0,004935	0,000028
19	0,126667	0,343000	0,007990	0,000036
20	0,133333	0,566000	0,013200	0,000047
21	0,140000	0,889000	0,020767	0,000061
22	0,146667	0,929000	0,021706	0,000082
23	0,153333	0,929000	0,021706	0,000109
24	0,160000	1,263000	0,029559	0,000143
25	0,166667	1,455000	0,034086	0,000185
26	0,173333	1,697000	0,039804	0,000237
27	0,180000	2,030000	0,047695	0,000301
28	0,186667	2,081000	0,048906	0,000378
29	0,193333	2,081000	0,048906	0,000469
30	0,200000	2,424000	0,057067	0,000573
31	0,206667	2,475000	0,058282	0,000693
32	0,213333	2,475000	0,058282	0,000827
33	0,220000	2,808000	0,066237	0,000977
34	0,226667	3,010000	0,071075	0,001144
35	0,233333	3,253000	0,076909	0,001328
36	0,240000	3,606000	0,085410	0,001533
37	0,246667	3,960000	0,093966	0,001758
38	0,253333	4,455000	0,105983	0,002007
39	0,260000	4,818000	0,114836	0,002283
40	0,266667	5,020000	0,119776	0,002587
~	~	~	~	~

Tableau C (suite)
Valeurs de l'opacité N, valeurs k non filtrées et filtrées autour de $Y_{\max 1, A}$
(= valeur de crête, indiquée en caractères gras)

Indice [-]	Instant [s]	Opacité N [%]	Valeur k non filtrée [m-1]	Valeur k filtrée [m-1]
~	~	~	~	~
259	1,726667	17,182000	0,438429	0,538856
260	1,733333	16,949000	0,431896	0,539423
261	1,740000	16,788000	0,427392	0,539936
262	1,746667	16,798000	0,427671	0,540396
263	1,753333	16,788000	0,427392	0,540805
264	1,760000	16,798000	0,427671	0,541163
265	1,766667	16,798000	0,427671	0,541473
266	1,773333	16,788000	0,427392	0,541735
267	1,780000	16,788000	0,427392	0,541951
268	1,786667	16,798000	0,427671	0,542123
269	1,793333	16,798000	0,427671	0,542251
270	1,800000	16,793000	0,427532	0,542337
271	1,806667	16,788000	0,427392	0,542383
272	1,813333	16,783000	0,427252	0,542389
273	1,820000	16,780000	0,427168	0,542357
274	1,826667	16,798000	0,427671	0,542288
275	1,833333	16,778000	0,427112	0,542183
276	1,840000	16,808000	0,427951	0,542043
277	1,846667	16,768000	0,426833	0,541870
278	1,853333	16,010000	0,405750	0,541662
279	1,860000	16,010000	0,405750	0,541418
280	1,866667	16,000000	0,405473	0,541136
281	1,873333	16,010000	0,405750	0,540819
282	1,880000	16,000000	0,405473	0,540466
283	1,886667	16,010000	0,405750	0,540080
284	1,893333	16,394000	0,416406	0,539663
285	1,900000	16,394000	0,416406	0,539216
286	1,906667	16,404000	0,416685	0,538744
287	1,913333	16,394000	0,416406	0,538245
288	1,920000	16,394000	0,416406	0,537722
289	1,926667	16,384000	0,416128	0,537175
290	1,933333	16,010000	0,405750	0,536604
291	1,940000	16,010000	0,405750	0,536009
292	1,946667	16,000000	0,405473	0,535389
293	1,953333	16,010000	0,405750	0,534745
294	1,960000	16,212000	0,411349	0,534079
295	1,966667	16,394000	0,416406	0,533394
296	1,973333	16,394000	0,416406	0,532691
297	1,980000	16,192000	0,410794	0,531971
298	1,986667	16,000000	0,405473	0,531233
299	1,993333	16,000000	0,405473	0,530477
300	2,000000	16,000000	0,405473	0,529704
~	~	~	~	~

3. ESSAI ETC

3.1 Émissions gazeuses (moteur diesel)

Supposons que les résultats d'essai soient les suivants pour un système PDP-CVS

V_0	(m ³ /tr)	0,1776
N_p	(tr)	23 073
p_B	(kPa)	98,0
p_l	(kPa)	2,3
T	(K)	322,5
H_a	(g/kg)	12,8
$NO_{x\text{ conce}}$	(ppm)	53,7
$NO_{x\text{ concd}}$	(ppm)	0,4
CO_{conce}	(ppm)	38,9
CO_{concd}	(ppm)	1,0
HC_{conce}	(ppm)	9,00
HC_{concd}	(ppm)	3,02
$CO_{2,\text{conce}}$	(%)	0,723
W_{act}	(kWh)	62,72

Calcul du débit de gaz d'échappement dilués (par. 4.1 de l'appendice 2 de l'annexe 4A):

$$M_{\text{TOTW}} = 1,293 \cdot 0,1776 \cdot 23\,073 \cdot (98,0 - 2,3) \cdot 273 / (101,3 \cdot 322,5) = 4\,237,2 \text{ kg}$$

Calcul du facteur de correction des NO_x (par. 4.2 de l'appendice 2 de l'annexe 4A):

$$K_{H,D} = \frac{1}{1 - 0,0182 \cdot (12,8 - 10,71)} = 1,039$$

Calcul des concentrations corrigées des concentrations ambiantes (par. 4.3.1.1 de l'appendice 2 de l'annexe 4A):

Supposons un carburant diesel de composition $C_{12}H_{1,8}$

$$F_s = 100 \cdot \frac{1}{1 + (1,8/2) + (3,76 \cdot (1 + (1,8/4)))} = 13,6$$

$$DF = \frac{13,6}{0,723 + (9,00 + 38,9) \cdot 10^{-4}} = 18,69$$

$$\begin{aligned} \text{NO}_{x \text{ conc}} &= 53,7 - 0,4 \cdot (1 - (1/18,69)) = 53,3 \text{ ppm} \\ \text{CO}_{\text{conc}} &= 38,9 - 1,0 \cdot (1 - (1/18,69)) = 37,9 \text{ ppm} \\ \text{HC}_{\text{conc}} &= 9,00 - 3,02 \cdot (1 - (1/18,69)) = 6,14 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Calcul du débit-masse d'émissions (par. 4.3.1 de l'appendice 2 de l'annexe 4A):

$$\begin{aligned} \text{NO}_{x \text{ mass}} &= 0,001587 \cdot 53,3 \cdot 1,039 \cdot 4\,237,2 = 372,391 \text{ g} \\ \text{CO}_{\text{mass}} &= 0,000966 \cdot 37,9 \cdot 4\,237,2 = 155,129 \text{ g} \\ \text{HC}_{\text{mass}} &= 0,000479 \cdot 6,14 \cdot 4\,237,2 = 12,462 \text{ g} \end{aligned}$$

Calcul des émissions spécifiques (par. 4.4 de l'appendice 2 de l'annexe 4A):

$$\begin{aligned} \overline{\text{NO}_x} &= 372,391 / 62,72 = 5,94 \text{ g/kWh} \\ \overline{\text{CO}} &= 155,129 / 62,72 = 2,47 \text{ g/kWh} \\ \overline{\text{HC}} &= 12,462 / 62,72 = 0,199 \text{ g/kWh} \end{aligned}$$

3.2 Émissions de particules (moteur diesel)

Supposons que les résultats d'essai soient les suivants pour un système PDP-CVS à double dilution

M_{TOTW} (kg)	4 237,2
M_{fp} (mg)	3,030
M_{fb} (mg)	0,044
M_{TOT} (kg)	2,159
M_{SEC} (kg)	0,909
M_{d} (mg)	0,341
M_{DIL} (kg)	1,245
DF	18,69
W_{act} (kWh)	62,72

Calcul des émissions-masse (par. 5.1 de l'appendice 2 de l'annexe 4A):

$$\begin{aligned} M_{\text{f}} &= 3,030 + 0,044 = 3,074 \text{ mg} \\ M_{\text{SAM}} &= 2,159 - 0,909 = 1,250 \text{ kg} \\ \text{PT}_{\text{mass}} &= \frac{3,074}{1,250} \cdot \frac{4\,237,2}{1\,000} = 10,42 \text{ g} \end{aligned}$$

Calcul des émissions-masse corrigées des concentrations ambiantes (par. 5.1 de l'appendice 2 de l'annexe 4A):

$$PT_{\text{mass}} = \left[\frac{3,074}{1,250} - \left(\frac{0,341}{1,245} \cdot \left(1 + \frac{1}{18,69} \right) \right) \right] \cdot \frac{4\,237,2}{1\,000} = 9,32 \text{ g}$$

Calcul des émissions spécifiques (par. 5.2 de l'appendice 2 de l'annexe 4A):

$$\overline{PT} = 10,42 / 62,72 = 0,166 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{PT} = 9,32 / 62,72 = 0,149 \text{ g/kWh}$$

s'il y a eu correction en fonction des concentrations ambiantes.

3.3 Émissions gazeuses (moteur à GNC)

Supposons que les résultats d'essai soient les suivants pour un système PDP-CVS à double dilution

M_{TOTW} (kg)	4 237,2
H_a (g/kg)	12,8
$\text{NO}_x \text{ conce}$ (ppm)	17,2
$\text{NO}_x \text{ concd}$ (ppm)	0,4
CO_{conce} (ppm)	44,3
CO_{concd} (ppm)	1,0
HC_{conce} (ppm)	27,0
HC_{concd} (ppm)	3,02
$\text{CH}_4 \text{ conce}$ (ppm)	18,0
$\text{CH}_4 \text{ concd}$ (ppm)	1,7
$\text{CO}_{2,\text{conce}}$ (%)	0,723
W_{act} (kWh)	62,72

Calcul du facteur de correction des NO_x (par. 4.2 de l'appendice 2 de l'annexe 4A):

$$K_{H,G} = \frac{1}{1 - 0,0329 \cdot (12,8 - 10,71)} = 1,074$$

Calcul de la concentration de NMHC (par. 4.3.1 de l'appendice 2 de l'annexe 4A):

a) Méthode par chromatographie en phase gazeuse

$$\text{NMHC}_{\text{conce}} = 27,0 - 18,0 = 9,0 \text{ ppm}$$

b) Méthode du convertisseur d'hydrocarbures non méthaniques

Supposons que l'efficacité pour le méthane soit de 0,04 et l'efficacité pour l'éthane de 0,98 (voir le paragraphe 1.8.4 de l'appendice 5 de l'annexe III)

$$\text{NMHC}_{\text{conce}} = \frac{27,0 \cdot (1 - 0,04) - 18,0}{0,98 - 0,04} = 8,4 \text{ ppm}$$

Calcul des concentrations corrigées des concentrations ambiantes (par. 4.3.1.1 de l'appendice 2 de l'annexe 4A):

Supposons qu'il soit utilisé un carburant de référence G₂₀ (100 % méthane) de composition C₁H₄

$$F_s = 100 \cdot \frac{1}{1 + (4/2) + (3,76 \cdot (1 + (4/4)))} = 9,5$$

$$\text{DF} = \frac{9,5}{0,723 + (27,0 + 44,3) \cdot 10^{-4}} = 13,01$$

Pour les NMHC, la concentration ambiante est la différence entre HC_{concd} et CH₄ concd

$$\begin{aligned} \text{NO}_x \text{ conc} &= 17,2 - 0,4 \cdot (1 - (1/13,01)) = 16,8 \text{ ppm} \\ \text{CO}_{\text{conc}} &= 44,3 - 1,0 \cdot (1 - (1/13,01)) = 43,4 \text{ ppm} \\ \text{NMHC}_{\text{conc}} &= 8,4 - 1,32 \cdot (1 - (1/13,01)) = 7,2 \text{ ppm} \\ \text{CH}_4 \text{ conc} &= 18,0 - 1,7 \cdot (1 - (1/13,01)) = 16,4 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Calcul du débit-masse d'émissions (par. 4.3.1 de l'appendice 2 de l'annexe 4A):

$$\begin{aligned} \text{NO}_x \text{ mass} &= 0,001587 \cdot 16,8 \cdot 1,074 \cdot 4 \, 237,2 = 121,330 \text{ g} \\ \text{CO}_{\text{mass}} &= 0,000966 \cdot 43,4 \cdot 4 \, 237,2 = 177,642 \text{ g} \\ \text{NMHC}_{\text{mass}} &= 0,000502 \cdot 7,2 \cdot 4 \, 237,2 = 15,315 \text{ g} \\ \text{CH}_4 \text{ mass} &= 0,000554 \cdot 16,4 \cdot 4 \, 237,2 = 38,498 \text{ g} \end{aligned}$$

Calcul des émissions spécifiques (par. 4.4 de l'appendice 2 de l'annexe 4A):

$$\begin{aligned} \overline{\text{NO}_x} &= 121,330/62,72 = 1,93 \text{ g/kWh} \\ \overline{\text{CO}} &= 177,642/62,72 = 2,83 \text{ g/kWh} \\ \overline{\text{NMHC}} &= 15,315/62,72 = 0,244 \text{ g/kWh} \\ \overline{\text{CH}_4} &= 38,498/62,72 = 0,614 \text{ g/kWh} \end{aligned}$$

4. FACTEUR DE RECALAGE λ (S_λ)4.1 Calcul du facteur de recalage λ (S_λ)¹

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert \%}}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}}$$

où:

 S_λ = facteur de recalage λ inert % = % en volume de gaz inerte dans le carburant (N_2 , CO_2 , He, etc.) O_2^* = % en volume d'oxygène originel dans le carburantn et m = indice moyen C_nH_m caractérisant les proportions en hydrocarbures du carburant, c'est-à-dire:

$$n = \frac{1 \cdot \left[\frac{CH_4 \%}{100}\right] + 2 \cdot \left[\frac{C_2 \%}{100}\right] + 3 \cdot \left[\frac{C_3 \%}{100}\right] + 4 \cdot \left[\frac{C_4 \%}{100}\right] + 5 \cdot \left[\frac{C_5 \%}{100}\right] + \dots}{1 - \frac{\text{diluent \%}}{100}}$$

$$m = \frac{4 \cdot \left[\frac{CH_4 \%}{100}\right] + 4 \cdot \left[\frac{C_2H_4 \%}{100}\right] + 6 \cdot \left[\frac{C_2H_6 \%}{100}\right] + 8 \cdot \left[\frac{C_3H_8 \%}{100}\right] + \dots}{1 - \frac{\text{diluent \%}}{100}}$$

où:

 CH_4 = % en volume de méthane dans le carburant C_2 = % en volume de tous les hydrocarbures C_2 (C_2H_6 , C_2H_4 , etc.) dans le carburant C_3 = % en volume de tous les hydrocarbures C_3 (C_3H_8 , C_3H_6 , etc.) dans le carburant C_4 = % en volume de tous les hydrocarbures C_4 (C_4H_{10} , C_4H_8 , etc.) dans le carburant C_5 = % en volume de tous les hydrocarbures C_5 (C_5H_{12} , C_5H_{10} , etc.) dans le carburantdiluent = % en volume de gaz de dilution dans le carburant (O_2^* , N_2 , CO_2 , He, etc.)

¹ Stoichiometric Air/Fuel ratios of automotive fuels: SAE J1829, June 1987. John B. Heywood, Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw-Hill, 1988, Chap. 3.4. "Combustion stoichiometry" (pp. 68-72).

4.2 Exemples de calcul du facteur de recalage λ (S_λ):

Exemple 1: G_{25} : $CH_4 = 86 \%$, $N_2 = 14 \%$ (en vol.)

$$n = \frac{1 \cdot \left[\frac{CH_4 \%}{100} \right] + 2 \cdot \left[\frac{C_2 \%}{100} \right] + \dots}{1 - \frac{\text{diluent \%}}{100}} = \frac{1 \cdot 0,86}{1 - \frac{14}{100}} = \frac{0,86}{0,86} = 1$$

$$m = \frac{4 \cdot \left[\frac{CH_4 \%}{100} \right] + 4 \cdot \left[\frac{C_2H_4 \%}{100} \right] + \dots}{1 - \frac{\text{diluent \%}}{100}} = \frac{4 \cdot 0,86}{0,86} = 4$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert \%}}{100} \right) \left(n + \frac{m}{4} \right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{14}{100} \right) \cdot \left(1 + \frac{4}{4} \right)} = 1,16$$

Exemple 2: G_R : $CH_4 = 87 \%$, $C_2H_6 = 13 \%$ (en vol.)

$$n = \frac{1 \cdot \left[\frac{CH_4 \%}{100} \right] + 2 \cdot \left[\frac{C_2 \%}{100} \right] + \dots}{1 - \frac{\text{diluent \%}}{100}} = \frac{1 \cdot 0,87 + 2 \cdot 0,13}{1 - \frac{0}{100}} = \frac{1,13}{1} = 1,13$$

$$m = \frac{4 \cdot \left[\frac{CH_4 \%}{100} \right] + 6 \cdot \left[\frac{C_2H_4 \%}{100} \right] + \dots}{1 - \frac{\text{diluent \%}}{100}} = \frac{4 \cdot 0,87 + 6 \cdot 0,13}{1} = 4,26$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert \%}}{100} \right) \left(n + \frac{m}{4} \right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{0}{100} \right) \cdot \left(1,13 + \frac{4,26}{4} \right)} = 0,911$$

Exemple 3: États-Unis: $CH_4 = 89 \%$, $C_2H_6 = 4,5 \%$, $C_3H_8 = 2,3 \%$, $C_6H_{14} = 0,2 \%$,
 $O_2 = 0,6 \%$, $N_2 = 4 \%$

$$n = \frac{1 \cdot \left[\frac{CH_4 \%}{100} \right] + 2 \cdot \left[\frac{C_2 \%}{100} \right] + \dots}{1 - \frac{\text{diluent \%}}{100}} = \frac{1 \cdot 0,89 + 2 \cdot 0,045 + 3 \cdot 0,023 + 4 \cdot 0,002}{1 - \frac{(0,64 + 4)}{100}} = 1,11$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{4 \cdot \left[\frac{\text{CH}_4 \%}{100} \right] + 4 \cdot \left[\frac{\text{C}_2\text{H}_4 \%}{100} \right] + 6 \cdot \left[\frac{\text{C}_2\text{H}_6 \%}{100} \right] + \dots + 8 \cdot \left[\frac{\text{C}_3\text{H}_8 \%}{100} \right]}{1 - \frac{\text{diluent \%}}{100}} = \\
 &= \frac{4 \cdot 0,89 + 4 \cdot 0,045 + 8 \cdot 0,023 + 14 \cdot 0,002}{1 - \frac{0,6 + 4}{100}} = 4,24
 \end{aligned}$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert \%}}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{\text{O}_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{4}{100}\right) \cdot \left(1,11 + \frac{4,24}{4}\right) - \frac{0,6}{100}} = 0,96$$

Annexe 7

PROCÉDURES D'ESSAI DE DURABILITÉ DES SYSTÈMES
ANTIPOLLUTION

1. INTRODUCTION

La présente annexe détaille les procédures à suivre pour le choix d'une famille de moteurs à essayer dans le cadre d'un programme d'accumulation d'heures de fonctionnement destiné à déterminer des facteurs de détérioration. Ces facteurs de détérioration seront appliqués aux émissions mesurées des moteurs soumis à un contrôle périodique afin de garantir que leurs émissions en service restent conformes aux valeurs limites telles qu'indiquées au paragraphe 5.2.1 du présent Règlement pendant la période de durabilité applicable au véhicule dans lequel le moteur est installé.

La présente annexe décrit également les entretiens liés ou non aux émissions qui sont effectués sur les moteurs utilisés dans le cadre d'un programme d'accumulation d'heures de fonctionnement. Ces entretiens seront effectués sur des moteurs en service et communiqués aux propriétaires de nouveaux moteurs pour poids lourds.

2. CHOIX DES MOTEURS POUR LA DÉTERMINATION DES FACTEURS DE
DÉTÉRIORATION AU COURS DE LA DURÉE DE VIE UTILE

- 2.1 Afin de procéder à des essais d'émission destinés à déterminer les facteurs de détérioration au cours de la durée de vie utile, il convient de choisir des moteurs parmi la famille de moteurs telle que définie au paragraphe 7.1 du présent Règlement.
- 2.2 Les moteurs appartenant à différentes familles de moteurs peuvent être recombinaés en d'autres familles sur la base du type de système de traitement aval des gaz d'échappement utilisé. Pour classer dans la même famille de systèmes de traitement aval des moteurs ayant un nombre différent et une configuration différente de cylindres mais dont les systèmes de traitement aval des gaz d'échappement présentent les mêmes caractéristiques techniques et sont installés de la même manière, le constructeur doit prouver à l'autorité chargée de l'homologation que les émissions de ces moteurs sont identiques.
- 2.3 Un moteur représentant la famille de systèmes de traitement aval est choisi par le constructeur pour être soumis aux essais pendant le programme d'accumulation d'heures de fonctionnement défini au paragraphe 3.2 de la présente annexe; ce choix est basé sur les critères de choix des moteurs définis au paragraphe 7.2 du présent Règlement et est communiqué à l'autorité chargée de l'homologation avant le début des essais.

- 2.3.1 Si l'autorité chargée de l'homologation décide que la mise à l'essai d'un autre moteur est le meilleur moyen de déterminer le niveau d'émission le plus élevé de la famille de systèmes de traitement aval, le moteur soumis à l'essai est choisi conjointement par l'autorité chargée de l'homologation et le constructeur du moteur.

3. DÉTERMINATION DES FACTEURS DE DÉTÉRIORATION AU COURS DE LA DURÉE DE VIE UTILE

3.1 Généralités

Les facteurs de détérioration applicables à une famille de systèmes de traitement aval sont établis à l'aide des moteurs choisis sur la base d'un programme d'accumulation de distance parcourue et d'heures de fonctionnement comportant des essais ESC et ETC périodiques visant à déterminer les émissions de polluants gazeux et de particules.

3.2 Programme d'accumulation d'heures de fonctionnement

En ce qui concerne les programmes d'accumulation d'heures de fonctionnement, le constructeur a le choix soit de faire circuler un véhicule équipé du moteur parent choisi dans le cadre d'un programme «d'accumulation d'heures en service», soit de faire fonctionner le moteur parent choisi dans le cadre d'un programme «d'accumulation d'heures sur banc de puissance».

- 3.2.1 Programmes d'accumulation d'heures de fonctionnement en service et sur banc de puissance

- 3.2.1.1 Le constructeur fixe les modalités et la durée du programme d'accumulation de distance parcourue et d'heures de fonctionnement conformément aux bonnes pratiques en matière d'ingénierie.
- 3.2.1.2 Le constructeur choisit le moment auquel le moteur est soumis aux essais ESC et ETC destinés à mesurer les émissions gazeuses et de particules.
- 3.2.1.3 Un seul programme de fonctionnement du moteur est utilisé pour tous les moteurs appartenant à la même famille de systèmes de traitement aval.
- 3.2.1.4 À la demande du constructeur et sous réserve de l'accord de l'autorité chargée de l'homologation, un seul cycle d'essai (soit l'essai ESC, soit l'essai ETC) doit être effectué à chaque point d'essai, l'autre cycle d'essai n'étant effectué qu'au début et à la fin du programme d'accumulation d'heures de fonctionnement.
- 3.2.1.5 Le programme d'exploitation peut être différent selon la famille de systèmes de traitement aval.
- 3.2.1.6 Le programme d'exploitation peut être plus court que la durée de vie utile, à condition que le nombre de points d'essai permette une extrapolation correcte des résultats des essais conformément au paragraphe 3.5.2. Dans tous les cas, le

fonctionnement cumulé ne peut être inférieur aux valeurs indiquées au tableau du paragraphe 3.2.1.8.

- 3.2.1.7 Le constructeur doit fournir la corrélation qui doit s'appliquer entre la période d'accumulation minimale en service (distance parcourue) et le nombre d'heures de fonctionnement du moteur sur banc de puissance, par exemple à travers la corrélation entre la consommation du moteur sur banc de puissance et la consommation du véhicule ou la corrélation entre la vitesse du véhicule et le nombre de tours du moteur.

- 3.2.1.8 Période d'accumulation minimale en service

Catégorie de véhicules dans lesquels le moteur est installé	Période d'accumulation minimale en service	Durée de vie (paragraphe du présent Règlement)
Véhicules de la catégorie N ₁	100 000 km	paragraphe 5.3.1.1
Véhicules de la catégorie N ₂	125 000 km	paragraphe 5.3.1.2
Véhicules de la catégorie N ₃ d'une masse maximale techniquement admissible n'excédant pas 16 t	125 000 km	paragraphe 5.3.1.2
Véhicules de la catégorie N ₃ d'une masse maximale techniquement admissible n'excédant pas 16 t	167 000 km	paragraphe 5.3.1.3
Véhicules de la catégorie M ₂	100 000 km	paragraphe 5.3.1.1
Véhicules de la catégorie M ₃ des classes I, II, A et B, d'une masse maximale techniquement admissible n'excédant pas 7,5 t	125 000 km	paragraphe 5.3.1.2
Véhicules de la catégorie M ₃ des classes III et B, d'une masse techniquement admissible n'excédant pas 7,5 t	167 000 km	paragraphe 5.3.1.3

- 3.2.1.9 Le programme d'accumulation en service doit être entièrement décrit dans la demande d'homologation et communiqué à l'autorité chargée de l'homologation avant le début de tout essai.

- 3.2.2 Si l'autorité chargée de l'homologation décide que, lors des essais ESC et ETC, des mesures supplémentaires doivent être effectuées entre les points choisis par le constructeur, elle en informe celui-ci. La version révisée du programme d'accumulation en service ou du programme d'accumulation sur banc de puissance est préparée par le constructeur et approuvée par l'autorité chargée de l'homologation.

3.3 Essais du moteur

- 3.3.1 Début du programme d'accumulation d'heures de fonctionnement

- 3.3.1.1 Pour chaque famille de systèmes de traitement aval, le constructeur doit déterminer le nombre d'heures de marche du moteur à partir duquel le fonctionnement du système de traitement aval s'est stabilisé. Sur demande de l'autorité chargée de l'homologation, le constructeur doit fournir les données et analyses sur la base

desquelles il a pris sa décision. À la place, le constructeur peut décider de faire fonctionner le moteur pendant cent vingt-cinq heures afin de stabiliser le système de traitement aval.

3.3.1.2 Le programme d'accumulation d'heures de fonctionnement est réputé commencer après la période de stabilisation déterminée conformément au paragraphe 3.3.1.1.

3.3.2 Essais d'accumulation d'heures de fonctionnement

3.3.2.1 Après stabilisation, on fait fonctionner le moteur conformément au programme d'accumulation d'heures de fonctionnement choisi par le constructeur tel que décrit au paragraphe 3.2. À intervalles périodiques choisis par le constructeur et, le cas échéant, prescrits par l'autorité chargée de l'homologation conformément au paragraphe 3.2.2, les émissions gazeuses et de particules sont évaluées dans le cadre des essais ESC et ETC. Conformément au paragraphe 3.2, s'il a été convenu qu'un seul cycle d'essai (ESC ou ETC) peut être effectué à chaque point d'essai, l'autre cycle d'essai (ESC ou ETC) doit être effectué au début et à la fin du programme d'accumulation d'heures de fonctionnement.

3.3.2.2 Au cours du programme d'accumulation d'heures de fonctionnement, les opérations d'entretien sont exécutées sur le moteur conformément au paragraphe 4.

3.3.2.3 Au cours du programme d'accumulation d'heures de fonctionnement, des opérations d'entretien non programmé du moteur ou du véhicule peuvent être exécutées, par exemple si le système d'autodiagnostic (OBD) a détecté un problème ayant donné lieu à l'activation de l'indicateur de défaut de fonctionnement.

3.4 Justifications à fournir par le constructeur

3.4.1 Les résultats de l'ensemble des essais d'émissions (ESC et ETC) effectués au cours du programme d'accumulation d'heures de fonctionnement doivent être communiqués à l'autorité chargée de l'homologation. Si un essai d'émission est déclaré non valide, le constructeur doit en expliquer les raisons. Dans ce cas, une autre série d'essais d'émissions ESC et ETC doit être menée au cours des cent prochaines heures du programme d'accumulation.

3.4.2 Lorsqu'un constructeur essaie un moteur dans le cadre d'un programme d'accumulation d'heures de fonctionnement en vue de déterminer des facteurs de détérioration, il est tenu de conserver dans ses archives l'ensemble des informations concernant tous les essais d'émission et toutes les opérations d'entretien effectuées sur le moteur pendant le programme. Ces informations doivent être transmises à l'autorité chargée de l'homologation avec les résultats des essais d'émission réalisés dans le cadre du programme d'accumulation d'heures de fonctionnement.

3.5 Détermination des facteurs de détérioration

3.5.1 Pour chaque polluant mesuré lors des essais ESC et ETC et à chaque point d'essai pendant le programme d'accumulation d'heures de fonctionnement, une analyse de régression donnant le meilleur ajustement est effectuée sur la base de l'ensemble des résultats des essais. Pour chaque polluant, les résultats de chaque essai doivent comporter une décimale de plus que le nombre de décimales de la valeur limite du polluant tel que prévu aux tableaux du paragraphe 5.2.1 du présent Règlement. Conformément au paragraphe 3.2, s'il a été convenu qu'un seul cycle d'essai (ESC ou ETC) est effectué à chaque point d'essai et que l'autre cycle d'essai (ESC ou ETC) n'est effectué qu'au début et à la fin du programme d'accumulation d'heures de fonctionnement, l'analyse de régression ne doit être exécutée que sur la base des résultats du cycle d'essai effectué à chaque point d'essai.

3.5.2 Sur la base de l'analyse de régression, le constructeur doit calculer les valeurs d'émission prévues pour chaque polluant au début du programme d'accumulation d'heures de fonctionnement et à la fin de la durée de vie utile du moteur essayé en extrapolant l'équation de régression telle que déterminée au paragraphe 3.5.1.

3.5.3 Pour les moteurs qui ne sont pas équipés d'un système de traitement aval des gaz d'échappement, le facteur de détérioration pour chaque polluant est la différence entre les valeurs d'émission prévues à la fin de la durée de vie utile et les valeurs d'émission au début du programme d'accumulation d'heures de fonctionnement.

Pour les moteurs qui sont équipés d'un système de traitement aval des gaz d'échappement, le facteur de détérioration pour chaque polluant est le rapport des valeurs d'émission prévues à la fin de la durée de vie utile sur les valeurs d'émission au début du programme d'accumulation d'heures de fonctionnement.

Conformément au paragraphe 3.2, s'il a été convenu qu'un seul cycle d'essai (ESC ou ETC) est effectué à chaque point d'essai et que l'autre cycle d'essai (ESC ou ETC) n'est mené qu'au début et à la fin du programme d'accumulation d'heures de fonctionnement, le facteur de détérioration calculé pour le cycle d'essai mené à chaque point d'essai vaut également pour l'autre cycle d'essai, à condition que pour les deux cycles d'essai, la relation entre les valeurs mesurées au début et à la fin du programme d'accumulation d'heures de fonctionnement soit identique.

3.5.4 Les facteurs de détérioration pour chaque polluant pendant les cycles d'essais applicables doivent être enregistrés au paragraphe 1.4 de l'appendice 1 de l'annexe 6 du présent Règlement.

3.6 Au lieu d'avoir recours à un programme d'accumulation d'heures de fonctionnement pour déterminer les facteurs de détérioration, les constructeurs de moteurs peuvent choisir d'appliquer les facteurs de détérioration suivants:

Type de moteur	Cycle d'essai	CO	HC	HCNM	CH ₄	NO _x	PM
Moteur diesel	ESC	1,1	1,05	—	—	1,05	1,1
	ETC	1,1	1,05	—	—	1,05	1,1
Moteur à gaz	ETC	1,1	1,05	1,05	1,2	1,05	—

- 3.6.1 Le constructeur peut choisir d'appliquer les facteurs de détérioration calculés pour un moteur ou une combinaison moteur/système de traitement aval à d'autres moteurs ou combinaisons moteur/système de traitement aval n'appartenant pas à la même famille de moteurs telle que déterminée conformément au paragraphe 2.1. Dans ce cas, le constructeur doit prouver à l'autorité chargée de l'homologation que, d'une part, le moteur de base ou la combinaison moteur/système de traitement aval et, d'autre part, le moteur ou la combinaison moteur/système de traitement aval auquel les facteurs de détérioration sont transférés présentent les mêmes caractéristiques techniques et sont soumis aux mêmes exigences en matière d'installation sur le véhicule et que les émissions de ce moteur ou de cette combinaison moteur/système de traitement aval sont identiques.

3.7 Vérification de la conformité de la production

- 3.7.1 La conformité de la production en ce qui concerne le respect des valeurs d'émission est vérifiée sur la base du paragraphe 8 du présent Règlement.
- 3.7.2 Au moment de l'homologation, le constructeur peut décider de mesurer également les émissions de polluants en amont de tout système de traitement aval des gaz d'échappement. Ce faisant, le constructeur peut calculer un facteur de détérioration non officiel séparément pour le moteur et pour le système de traitement aval qu'il peut alors utiliser comme auxiliaire pour les vérifications en fin de chaîne de production.
- 3.7.3 Aux fins de l'homologation, seuls les facteurs de détérioration calculés par le constructeur conformément aux paragraphes 3.6.1 ou 3.5 doivent être enregistrés au paragraphe 1.4 de l'appendice 1 de l'annexe 6 du présent Règlement.

4. ENTRETIEN

Pendant le programme d'accumulation d'heures de fonctionnement, les opérations d'entretien effectuées sur des moteurs et la consommation éventuelle d'un réactif nécessaire au calcul des facteurs de détérioration sont subdivisées entre celles liées aux émissions et celles non liées aux émissions, chacune de ces deux catégories étant à son tour subdivisées entre opérations programmées et opérations non programmées. Par ailleurs, certaines opérations d'entretien liées aux émissions sont considérées comme portant sur des «éléments critiques».

4.1 Entretien programmé lié aux émissions

- 4.1.1 Le présent paragraphe précise les opérations d'entretien programmé lié aux émissions destinées à permettre la réalisation d'un programme d'accumulation d'heures de fonctionnement et à faire partie des instructions d'entretien fournies aux propriétaires de nouveaux poids lourds et moteurs pour poids lourds.
- 4.1.2 Toutes les opérations d'entretien programmé lié aux émissions destinées à permettre la réalisation d'un programme d'accumulation d'heures de fonctionnement doivent être effectuées à des intervalles de distance identiques ou équivalents à ceux prévus dans les instructions d'entretien données par le constructeur au propriétaire du poids lourds ou du moteur pour poids lourds. Ce programme d'entretien peut au besoin être mis à jour pendant l'exécution du programme d'accumulation d'heures de fonctionnement, à condition qu'aucune opération d'entretien ne soit supprimée du programme d'entretien après que l'opération a été effectuée sur le moteur soumis aux essais.
- 4.1.3 Toute opération d'entretien lié aux émissions effectuée sur un moteur doit être nécessaire pour garantir la conformité en fonctionnement avec les normes d'émission applicables. Le constructeur doit fournir à l'autorité chargée de l'homologation les données permettant de démontrer que toutes les opérations d'entretien programmé lié aux émissions sont techniquement nécessaires.
- 4.1.4 Le constructeur du moteur doit indiquer les conditions de réglage, de nettoyage et d'entretien (si nécessaire) des éléments suivants:
- a) Filtres et refroidisseurs du système de recyclage des gaz d'échappement;
 - b) Soupape de réaspiration des gaz de carter;
 - c) Têtes d'injecteurs (uniquement nettoyage);
 - d) Injecteurs;
 - e) Turbocompresseur;
 - f) Module de gestion électronique du moteur; capteurs et actionneurs connexes;
 - g) Filtre à particules (y compris les composants connexes);
 - h) Système de recyclage des gaz d'échappement, y compris toutes les soupapes de réglage et canalisations connexes;
 - i) Système de traitement aval des gaz d'échappement.
- 4.1.5 Pour l'entretien, les composants suivants sont considérés comme des éléments critiques en ce qui concerne les émissions:
- a) Système de traitement aval des gaz d'échappement;

- b) Module de gestion électronique du moteur; capteurs et actionneurs connexes;
- c) Système de recyclage des gaz d'échappement, y compris tous les filtres, refroidisseurs, soupapes de réglage et canalisations connexes;
- d) Soupape de réaspiration des gaz de carter.

- 4.1.6 Toutes les opérations d'entretien programmé lié aux émissions portant sur des éléments critiques doivent avoir une probabilité raisonnable d'être effectuées en fonctionnement. Le constructeur doit apporter la preuve à l'autorité chargée de l'homologation qu'il existe une probabilité raisonnable que ces opérations d'entretien soient effectuées en fonctionnement; cette preuve doit être apportée avant que ne soient effectuées les opérations d'entretien pendant le programme d'accumulation d'heures de fonctionnement.
- 4.1.7 Les opérations d'entretien programmé lié aux émissions portant sur des éléments critiques sont considérées comme ayant une probabilité raisonnable d'être effectuées en fonctionnement si elles satisfont aux conditions définies aux paragraphes 4.1.7.1 à 4.1.7.4.
- 4.1.7.1 Des données doivent être fournies établissant un lien entre les émissions et les performances du véhicule de sorte que, lorsque les émissions augmentent en raison d'un manque d'entretien, les performances du véhicule se dégradent parallèlement jusqu'à un point qui n'est plus acceptable pour une conduite normale.
- 4.1.7.2 Des données d'enquête doivent être fournies qui prouvent qu'à un niveau de confiance de 80 %, 80 % des moteurs concernés ont déjà subi aux intervalles recommandés ces opérations d'entretien en fonctionnement portant sur des éléments critiques.
- 4.1.7.3 Conformément aux prescriptions du paragraphe [3.6....] de l'annexe 9A du présent Règlement, un indicateur clairement visible sera installé sur le tableau de bord du véhicule afin d'alerter le conducteur lorsqu'une opération d'entretien doit être effectuée. Cet indicateur sera activé après une certaine distance parcourue ou en cas de défaillance d'un composant. L'indicateur doit rester activé lorsque le moteur est en service et ne doit pas être effacé sans que les opérations d'entretien requises n'aient été effectuées. La remise à zéro du signal doit être une étape obligatoire du programme d'entretien. Le système ne doit pas être conçu de manière à se désactiver à la fin de la durée de vie utile du moteur ni par la suite.
- 4.1.7.4 Toute autre méthode que l'autorité chargée de l'homologation considère comme établissant une probabilité raisonnable que les opérations d'entretien portant sur des éléments critiques seront effectuées en fonctionnement.

4.2 Modification des opérations d'entretien programmé

4.2.1 Pour toute nouvelle opération d'entretien programmé qu'il souhaite effectuer au cours du programme d'accumulation d'heures de fonctionnement et qu'il recommande dès lors aux propriétaires de poids lourds et de moteurs pour poids lourds, le constructeur est tenu de demander une autorisation à l'autorité chargée de l'homologation. Le constructeur doit également indiquer ses recommandations en ce qui concerne la catégorie de la nouvelle opération d'entretien programmé qui est proposée (liée aux émissions, non liée aux émissions, portant sur des éléments critiques ou ne portant pas sur des éléments critiques) et, s'il s'agit d'une opération d'entretien liée aux émissions, l'intervalle d'entretien maximum admissible. Il doit joindre à la demande les données justifiant la nécessité d'une nouvelle opération d'entretien programmé et la fixation de l'intervalle d'entretien.

4.3 Entretien programmé non lié aux émissions

4.3.1 Les opérations d'entretien programmé non lié aux émissions qui sont raisonnables et techniquement nécessaires (par exemple, vidange, remplacement du filtre à huile, remplacement du filtre à carburant, remplacement du filtre à air, entretien du système de refroidissement, réglage du ralenti, régulateur de vitesse, couple de serrage des boulons du moteur, jeu des soupapes, jeu des injecteurs, réglage des soupapes, réglage de la tension de toute courroie d'entraînement, etc.) peuvent être effectuées sur des moteurs ou des véhicules choisis pour le programme d'accumulation d'heures de fonctionnement aux intervalles les moins fréquents recommandés par le constructeur au propriétaire (par exemple, à d'autres intervalles que ceux recommandés pour conditions de service rigoureuses).

4.4 Entretien des moteurs choisis pour être soumis à l'essai dans le cadre d'un programme d'accumulation d'heures de fonctionnement

4.4.1 Les composants d'un moteur choisi pour être essayés dans le cadre d'un programme d'accumulation d'heures de fonctionnement (autres que le moteur lui-même, le système antipollution ou le circuit d'alimentation en carburant) ne peuvent être réparés qu'en cas de défaillance d'une pièce ou de mauvais fonctionnement du moteur.

4.4.2 Aucun équipement, instrument ou outil ne peut être utilisé pour identifier un mauvais fonctionnement, un mauvais réglage ou une défaillance d'un composant du moteur, sauf si un équipement, un instrument ou un outil identique ou équivalent est mis à la disposition des concessionnaires et autres ateliers d'entretien, et

- a) Est utilisé pour l'entretien programmé de ces composants;
- b) Est utilisé après constatation du mauvais fonctionnement du moteur.

- 4.5 Entretien non programmé lié aux émissions portant sur des éléments critiques
- 4.5.1 Pour l'exécution d'un programme d'accumulation d'heures de fonctionnement et pour l'inclusion dans les instructions d'entretien fournies par le constructeur aux propriétaires de nouveaux poids lourds ou moteurs pour poids lourds, la consommation d'un réactif nécessaire est considérée comme une opération d'entretien non programmé lié aux émissions portant sur des éléments critiques.

Annexe 8

CONFORMITÉ DES VÉHICULES/MOTEURS EN SERVICE

1. GÉNÉRALITÉS

- 1.1 En ce qui concerne les homologations accordées pour les émissions, des mesures doivent être appliquées pour confirmer le bon fonctionnement des dispositifs antipollution pendant la durée de vie normale d'un moteur équipant un véhicule dans des conditions normales d'utilisation (conformité des véhicules/moteurs en service correctement entretenus et utilisés).
- 1.2 Aux fins du présent Règlement, ces mesures doivent être vérifiées sur une période correspondant à la durée de vie normale définie au paragraphe 5.3 du présent Règlement pour les véhicules ou moteurs homologués conformément aux lignes B1, B2 ou C des tableaux figurant au paragraphe 5.2.1 du présent Règlement.
- 1.3 La vérification de la conformité des véhicules/moteurs en service est effectuée sur la base d'informations fournies par le constructeur à l'autorité chargée de l'homologation qui effectue une vérification des performances en matière d'émissions d'une série de véhicules ou de moteurs représentatifs pour lesquels le constructeur a obtenu l'homologation.

Le diagramme logique 1 de la présente annexe décrit la procédure de vérification de la conformité en service.

2. VÉRIFICATION DE LA CONFORMITÉ

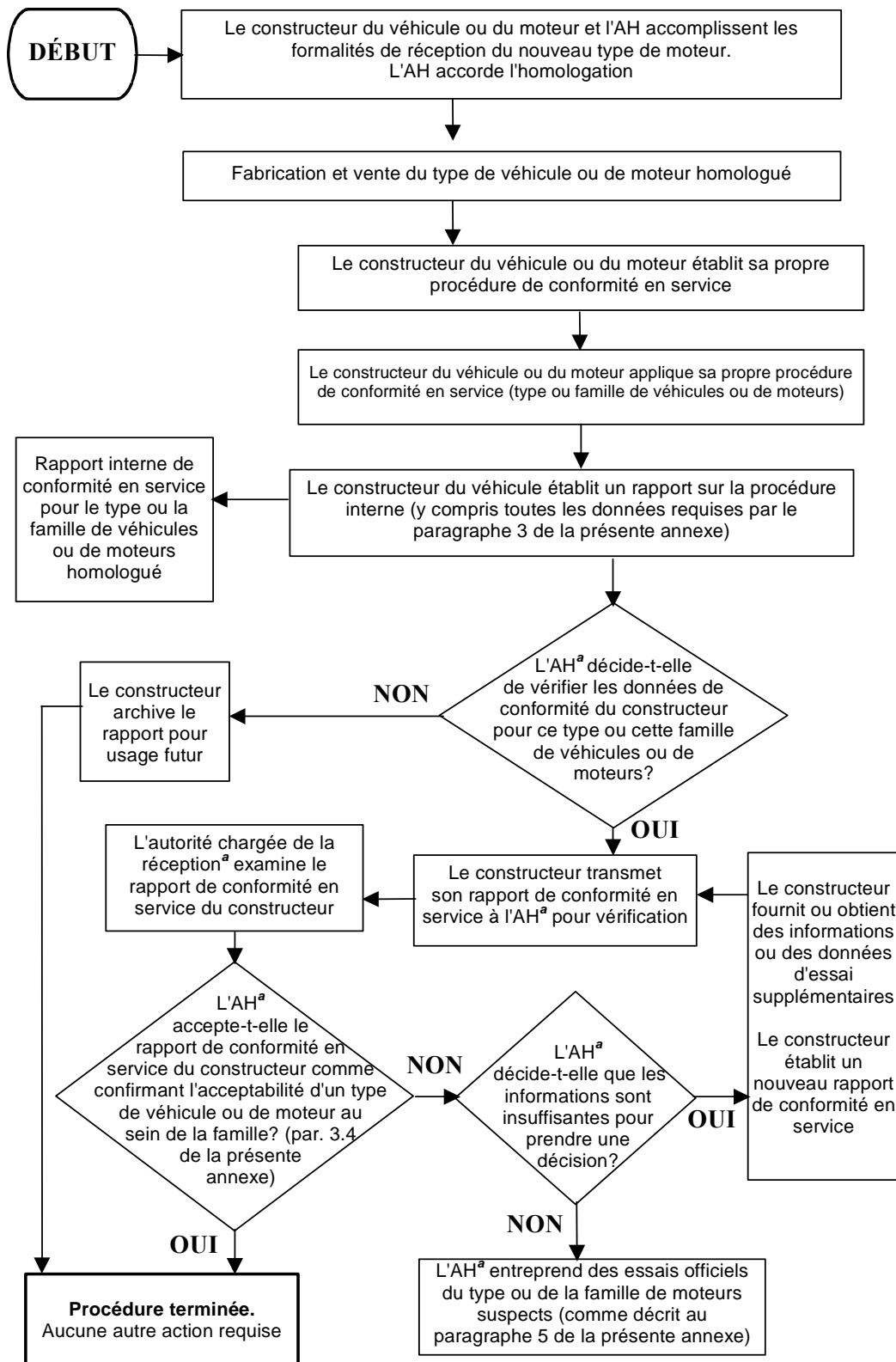
- 2.1 La vérification de la conformité en service est effectuée par l'autorité chargée de l'homologation sur la base de toute information pertinente dont dispose le constructeur, conformément à des procédures similaires à celles définies à l'appendice 2 de l'Accord de 1958 (E/ECE/324-E/ECE/TRANS/505/Rev.2). Il peut également être fait usage de rapports du suivi en service (ISM) fournis par le constructeur, d'essais de contrôle effectués par l'autorité chargée de l'homologation et/ou d'informations sur des essais de contrôle effectués par une Partie contractante. Les procédures à appliquer sont détaillées au paragraphe 3.

3. PROCÉDURE DE VÉRIFICATION

- 3.1 La vérification de la conformité en service est effectuée par l'autorité chargée de l'homologation sur la base de toutes les informations pertinentes fournies par le constructeur. Le rapport du suivi en service du constructeur doit être basé sur des essais en service de moteurs ou véhicules utilisant des protocoles d'essai reconnus et appropriés. Ces informations (le rapport ISM) doivent inclure les éléments suivants (voir par. 3.1.1 à 3.1.13), sans que ces listes soient limitatives:
- 3.1.1 Le nom et l'adresse du constructeur.

- 3.1.2 Le nom, l'adresse, les numéros de téléphone et de télécopieur, ainsi que l'adresse e-mail de son mandataire dans les zones géographiques sur lesquelles portent les informations du constructeur.
- 3.1.3 Le nom du ou des modèles de moteurs inclus dans les informations du constructeur.
- 3.1.4 Le cas échéant, la liste des types de moteurs couverts par les informations du constructeur, c'est-à-dire la famille des systèmes de traitement aval.
- 3.1.5 Les codes du numéro d'identification du véhicule (VIN) applicables aux véhicules équipés d'un moteur soumis à vérification.

Figure 1
Conformité des véhicules/moteurs en service – Procédure de vérification



^a Dans ce cas l'AH désigne l'autorité d'homologation.

- 3.1.6 Les numéros d'homologation applicables aux types de moteurs appartenant à la famille de moteurs en service, y compris le cas échéant les numéros de toutes les extensions et modifications locales/rappels (remises en fabrication).
- 3.1.7 Les détails des extensions, modifications locales/rappels de ces homologations pour les moteurs couverts par les informations du constructeur (si l'autorité chargée de l'homologation en fait la demande).
- 3.1.8 La période au cours de laquelle les informations du constructeur ont été recueillies.
- 3.1.9 La période de construction des moteurs couverte par les informations du constructeur (par exemple, «véhicules ou moteurs construits au cours de l'année civile 2005»).
- 3.1.10 La procédure de vérification de la conformité en service appliquée par le constructeur, incluant:
 - 3.1.10.1 la méthode de localisation du véhicule ou du moteur;
 - 3.1.10.2 les critères de choix ou de rejet d'un véhicule ou d'un moteur;
 - 3.1.10.3 les types et procédures d'essais utilisés pour le programme;
 - 3.1.10.4 les critères d'acceptation/de rejet appliqués par le constructeur pour la famille de véhicules en service;
 - 3.1.10.5 la ou les zones géographiques dans lesquelles le constructeur a recueilli les informations;
 - 3.1.10.6 la taille de l'échantillon et le plan d'échantillonnage utilisés.
- 3.1.11 Les résultats de la procédure de vérification de la conformité en service appliquée par le constructeur, incluant:
 - 3.1.11.1 l'identification des moteurs compris dans le programme (qu'ils aient ou non été soumis aux essais). Cette identification comprend:
 - a) le nom du modèle,
 - b) le numéro d'identification du véhicule (VIN),
 - c) le numéro d'identification du moteur,
 - d) le numéro d'immatriculation du véhicule équipé d'un moteur soumis à vérification,
 - e) la date de fabrication,
 - f) la région d'utilisation (si elle est connue),

- g) le type d'utilisation du véhicule (s'il est connu), par exemple livraisons urbaines, transports à longue distance, etc.;
- 3.1.11.2 la ou les raisons du rejet d'un véhicule ou d'un moteur d'un échantillon (par exemple, véhicule en service depuis moins d'un an, entretien lié aux émissions inapproprié, preuve de l'utilisation d'un carburant d'une teneur en soufre supérieure à celle requise pour un usage normal du véhicule, équipement antipollution non conforme à l'homologation). La raison du rejet doit être motivée (détails du non-respect des instructions d'entretien, etc.). Un véhicule ne devrait pas être exclu uniquement au motif que la stratégie auxiliaire de réduction des émissions (AECS) a fonctionné exagérément;
- 3.1.11.3 l'historique des opérations de service et d'entretien liées aux émissions pour chaque moteur faisant partie de l'échantillon (y compris toute remise en fabrication);
- 3.1.11.4 l'historique des réparations de chaque véhicule faisant partie de l'échantillon (s'il est connu);
- 3.1.11.5 les données relatives aux essais:
 - a) la date de l'essai;
 - b) le lieu de l'essai;
 - c) le cas échéant, distance indiquée par le compteur totalisateur du véhicule équipé d'un moteur soumis à vérification;
 - d) les spécifications du carburant utilisé pour l'essai (par exemple, carburant de référence ou carburant du marché);
 - e) les conditions de l'essai (température, humidité, masses d'inertie du dynamomètre);
 - f) le réglage du banc (par exemple, réglage de puissance);
 - g) les valeurs d'émissions résultant des essais ESC, ETC et ELR menés conformément au paragraphe 4 de la présente annexe. L'essai doit porter sur cinq moteurs au minimum;
 - h) les essais peuvent être menés en utilisant un protocole différent de celui décrit au paragraphe ci-avant. Dans ce cas, la pertinence du contrôle de la fonctionnalité en service doit être établie et étayée par le constructeur en rapport avec la procédure d'homologation (par. 3 et 4 du présent Règlement).
- 3.1.12 L'enregistrement des indications fournies par le système d'autodiagnostic (OBD).
- 3.1.13 L'enregistrement des résultats constatés de l'utilisation d'un réactif consommable. Les rapports doivent détailler, sans s'y limiter, les expériences de l'opérateur avec les opérations de remplissage, de recharge et de consommation du réactif et le

fonctionnement des installations de remplissage et, plus spécifiquement, la fréquence d'activation en service du limiteur de performances temporaire et la survenue d'autres cas de défaut, l'activation de l'indicateur de défaut de fonctionnement et l'enregistrement d'un code défaut par manque de réactif consommable.

- 3.1.13.1 Le constructeur doit fournir des rapports de fonctionnement et de défaut. Il signale les demandes d'activation de garantie et leur objet, ainsi que les cas observés d'activation/de désactivation de l'indicateur de défaut de fonctionnement et d'enregistrement d'un code défaut concernant le manque de réactif consommable et l'activation/la désactivation du limiteur de performances du moteur (voir par. 5.5.5 du présent Règlement).
- 3.2 Les informations rassemblées par le constructeur doivent être suffisamment complètes pour garantir que les performances en service puissent être évaluées dans des conditions normales pendant la durabilité/durée de vie appropriée définie au paragraphe 6.3 du présent Règlement et d'une manière qui soit représentative de sa pénétration géographique.
- 3.3 Il est possible que le constructeur souhaite vérifier la conformité en service en utilisant moins de moteurs/de véhicules que le nombre prévu au paragraphe 3.1.11.5, sous g), et en appliquant une procédure définie au paragraphe 3.1.11.5, sous h). Ce choix peut découler du fait que les moteurs de la ou des familles de moteurs couvertes par le rapport existent en petites quantités. Les modalités doivent avoir été convenues au préalable avec l'autorité chargée de l'homologation.
- 3.4 Sur la base du rapport de suivi dont il est question au présent paragraphe, l'autorité chargée de l'homologation:
- a) soit décide que la conformité en service d'un type de moteurs ou d'une famille de moteurs en service est satisfaisante et ne prend aucune mesure supplémentaire,
 - b) soit décide que les informations fournies par le constructeur sont insuffisantes pour prendre une décision et demande des informations ou des données d'essais supplémentaires au constructeur. Si cela est demandé, et en fonction de l'homologation du véhicule, ces données d'essai supplémentaires doivent inclure les résultats d'essais ESC, ELR, et ETC et d'autres procédures reconnues conformément au paragraphe 3.1.11.5, sous h),
 - c) soit décide que la conformité en service d'un type de moteur ou d'une famille de moteurs en service est insatisfaisante et prend des dispositions pour que des essais de confirmation soient effectués sur un échantillon de moteurs appartenant à la famille de moteurs concernée conformément au paragraphe 5 de la présente annexe.
- 3.5 Une Partie contractante peut effectuer ses propres essais de contrôle et en rendre compte sur la base de la procédure de vérification décrite au présent paragraphe. Les informations relatives à la sélection, à l'entretien et à la participation du constructeur

aux activités peuvent être enregistrées. De la même manière, la Partie contractante peut appliquer d'autres protocoles d'essais portant sur les émissions conformément au paragraphe 3.1.1.5, sous h).

- 3.6 L'autorité chargée de l'homologation peut se baser sur les essais de contrôle menés et communiqués par une Partie contractante pour prendre une décision conformément au paragraphe 3.4.
- 3.7 Lorsqu'il envisage de mener une action corrective sur une base volontaire, le constructeur informe l'autorité chargée de l'homologation et la ou les Parties contractantes du lieu où les moteurs/véhicules sont en service. Cette information doit être communiquée au moment où le constructeur prend la décision de mener une action, en précisant les modalités de celle-ci et en décrivant les groupes de moteurs/véhicules concernés, et ensuite régulièrement lorsque la campagne a été lancée. Les modalités prévues au paragraphe 7 de la présente annexe peuvent être suivies.

4. ESSAIS DE MESURE DES ÉMISSIONS

- 4.1 Un moteur choisi parmi la famille de moteurs doit être soumis aux cycles d'essais ESC et ETC pour les émissions gazeuses et de particules et au cycle d'essai ELR pour les émissions de fumées. Le moteur doit être représentatif du type d'utilisation attendu pour ce type de moteur et provenir d'un véhicule faisant l'objet d'un usage normal. La sélection, l'inspection et l'entretien de remise en état du moteur/véhicule doivent être effectués en utilisant un protocole tel que prévu au paragraphe 3 et doivent être documentés.

Le programme d'entretien approprié dont il est question au paragraphe 4 de l'annexe II doit avoir été effectué sur le moteur.

- 4.2 Les valeurs d'émissions résultant des essais ESC, ETC et ELR doivent être indiquées avec une décimale de plus que les valeurs limites des polluants indiquées aux tableaux du paragraphe 5.2.1 du présent Règlement.

5. ESSAIS DE CONFIRMATION

- 5.1 Il est procédé à des essais de confirmation de la fonctionnalité en service d'une famille de moteurs en ce qui concerne les émissions.
- 5.1.1 Si l'autorité chargée de l'homologation n'est pas satisfaite du rapport du suivi en service (ISM) établi par le constructeur conformément au paragraphe 3.4 ou en cas de preuve rapportée de conformité en service non satisfaisante par exemple conformément au paragraphe 3.5, elle peut prescrire au constructeur d'exécuter des essais de confirmation. L'autorité chargée de l'homologation examinera le rapport des essais de confirmation effectués par le constructeur.
- 5.1.2 L'autorité chargée de l'homologation peut effectuer elle-même des essais de confirmation.

5.2 La procédure de confirmation doit comporter des essais ESC, ETC et ELR tels que prévus au paragraphe 4. Les moteurs représentatifs à essayer doivent être prélevés sur des véhicules utilisés dans des conditions normales et être soumis aux essais. Le constructeur a également la possibilité, moyennant accord préalable de l'autorité chargée de l'homologation, d'essayer des composants antipollution provenant de véhicules en service après les avoir démontés, transférés et remontés sur un ou des moteurs représentatifs utilisés correctement. Le même ensemble de composants antipollution doit être choisi pour chaque série d'essais. Les raisons du choix doivent être indiquées.

5.3 Les résultats d'un essai peuvent être considérés comme non satisfaisants lorsque, après essai de deux ou plusieurs moteurs représentant la même famille de moteurs, il y a dépassement significatif de la valeur limite d'un polluant réglementé prévue au paragraphe 5.2.1 du présent Règlement.

6. MESURES À PRENDRE

6.1 Lorsque l'autorité chargée de l'homologation n'est pas satisfaite des informations ou des données d'essais fournies par le constructeur et qu'après avoir effectué les essais de confirmation conformément au paragraphe 5 ou avoir pris connaissance des résultats des essais de confirmation menés par une Partie contractante (par. 6.3), il apparaît qu'un type de moteur n'est pas conforme aux exigences des présentes dispositions, elle peut imposer au constructeur de soumettre un plan de mesures correctives destiné à remédier à cette non-conformité.

6.2 Dans ce cas, les mesures correctives définies à l'appendice 2 de l'Accord de 1958 (E/ECE/324-E/ECE/TRANS/505/Rev.2) sont étendues aux moteurs en service appartenant au même type de véhicules qui sont susceptibles d'être affectés des mêmes défauts, conformément au paragraphe 8.

Le plan de mesures correctives présenté par le constructeur doit être approuvé par l'autorité chargée de l'homologation. Le constructeur est responsable de l'exécution de ce plan tel qu'il a été approuvé.

L'autorité chargée de l'homologation notifie sa décision à tous les États membres dans un délai de trente jours. Les États membres peuvent demander que le même plan de mesures correctives soit appliqué à l'ensemble des moteurs du même type immatriculés sur leur territoire.

6.3 Si une Partie contractante a établi qu'un type de moteur ne respecte pas les exigences de la présente annexe, elle le notifie sans délai à la Partie contractante qui a accordé l'homologation d'origine conformément aux dispositions de l'Accord.

Ensuite, sous réserve des dispositions de l'Accord, l'autorité compétente de la Partie contractante qui a accordé l'homologation d'origine informe le constructeur qu'un type de moteur ne respecte pas les exigences des présentes dispositions et qu'il est tenu de prendre certaines mesures. Dans un délai de deux mois à compter de cette communication, le constructeur soumet à l'autorité compétente un plan des mesures

à prendre pour remédier à cette non-conformité, correspondant en substance aux exigences du paragraphe 7. L'autorité compétente qui a accordé l'homologation d'origine consulte ensuite le constructeur, dans un délai de deux mois, afin de parvenir à un accord sur un plan de mesures et sa mise en œuvre. Si l'autorité compétente qui a accordé l'homologation d'origine constate qu'aucun accord ne peut être atteint, la procédure prévue par l'Accord est mise en œuvre.

7. PLAN DE MESURES CORRECTIVES

- 7.1 Le plan de mesures correctives requis conformément au paragraphe 6.1 doit être remis à l'autorité chargée de l'homologation au plus tard soixante jours ouvrables après la date de la notification prévue au paragraphe 6.1. Dans les trente jours ouvrables qui suivent, l'autorité déclare approuver ou désapprouver le plan de mesures correctives. Cependant, lorsque le constructeur parvient à convaincre l'autorité chargée de l'homologation de la nécessité d'un délai supplémentaire pour examiner l'état de non-conformité afin de présenter un plan de mesures correctives, une prorogation est accordée.
- 7.2 Les mesures correctives doivent concerner tous les moteurs qui sont susceptibles d'être affectés du même défaut. La nécessité de modifier les documents d'homologation doit être évaluée.
- 7.3 Le constructeur doit fournir une copie de toutes les communications relatives au plan de mesures correctives. Il doit conserver un dossier de la campagne de rappel et présenter régulièrement des rapports sur son état d'avancement à l'autorité chargée de l'homologation.
- 7.4 Le plan de mesures correctives doit répondre aux conditions énoncées aux paragraphes 7.4.1 à 7.4.11. Le constructeur doit attribuer au plan de mesures correctives une dénomination ou un numéro d'identification unique.
 - 7.4.1 Une description de chaque type de moteur faisant l'objet du plan de mesures correctives.
 - 7.4.2 Une description des modifications, adaptations, réparations, corrections, ajustements ou autres changements à apporter pour mettre les moteurs en conformité, ainsi qu'un bref résumé des données et des études techniques sur lesquelles se fonde la décision du constructeur quant aux différentes mesures à prendre pour remédier à l'état de non-conformité.
 - 7.4.3 Une description de la manière dont le constructeur informera les propriétaires de moteurs ou véhicules des mesures correctives.
 - 7.4.4 Une description de l'entretien ou de l'utilisation corrects auxquels le constructeur subordonne, le cas échéant, le droit aux réparations à effectuer dans le cadre du plan de mesures correctives et une explication des raisons qui motivent ces conditions de la part du constructeur. Aucune condition relative à l'entretien ou à l'utilisation ne

peut être imposée, sauf s'il peut être démontré qu'elle est liée à l'état de non-conformité et aux mesures correctives.

- 7.4.5 Une description de la procédure à suivre par les propriétaires de moteurs pour obtenir la mise en conformité de leur véhicule. Elle comprend la date à partir de laquelle les mesures correctives peuvent être prises, la durée estimée des réparations en atelier et l'indication du lieu où elles peuvent être faites. Les réparations doivent être effectuées de manière appropriée dans un délai raisonnable à compter de la remise du véhicule.
- 7.4.6 Une copie des informations transmises aux propriétaires de véhicules.
- 7.4.7 Une brève description du système que le constructeur utilisera pour assurer un approvisionnement adéquat en composants ou systèmes afin de mener à bien l'action corrective. La date à laquelle un stock suffisant de composants ou systèmes aura été constitué pour lancer la campagne est indiquée.
- 7.4.8 Une copie de toutes les instructions à envoyer aux personnes qui sont chargées des réparations.
- 7.4.9 Une description de l'incidence des mesures correctives proposées sur les émissions, la consommation de carburant, l'agrément de conduite et la sécurité de chaque type de véhicule concerné par le plan de mesures correctives, accompagnée des données, études techniques, etc., étayant ces conclusions.
- 7.4.10 Tous les autres rapports, informations ou données que l'autorité chargée de l'homologation peut raisonnablement juger nécessaires pour évaluer le plan de mesures correctives.
- 7.4.11 Dans le cas où le plan de mesures correctives comprend un rappel de véhicules, une description de la méthode d'enregistrement des réparations est présentée à l'autorité chargée de l'homologation. Si une étiquette est utilisée, un exemplaire en est fourni.
- 7.5 Il peut être demandé au constructeur d'effectuer des essais raisonnablement conçus et nécessaires sur les composants et les moteurs auxquels ont été appliqués les modifications, réparations ou remplacements proposés, afin de faire la preuve de l'efficacité de ces modifications, réparations ou remplacements.
- 7.6 Le constructeur a la responsabilité de constituer un dossier concernant tous les moteurs ou véhicules rappelés et réparés, avec l'indication de l'atelier qui a effectué les réparations. L'autorité chargée de l'homologation a accès sur demande à ce dossier pendant une période de cinq ans à partir de la mise en œuvre du plan de mesures correctives.
- 7.7 La réparation effectuée, la modification apportée ou l'ajout de nouveaux équipements doivent être signalés dans un certificat remis par le constructeur au propriétaire du moteur.

Annexe 9A

SYSTÈMES D'AUTODIAGNOSTIC (OBD)

1. INTRODUCTION

La présente annexe décrit les dispositions particulières applicables aux systèmes d'autodiagnostic (OBD) pour la réduction des émissions des véhicules à moteur.

2. DÉFINITIONS

Aux fins de la présente annexe, en plus des définitions figurant au paragraphe 2 du présent Règlement, on entend par:

«cycle d'échauffement», une durée de fonctionnement du moteur suffisante pour que la température du liquide de refroidissement augmente au moins de 22 K à partir du démarrage du moteur, et atteigne une température minimale de 343 K (70 °C);

«accès», la mise à disposition de toutes les données OBD relatives aux émissions, y compris les codes défaut nécessaires à l'inspection, au diagnostic, à l'entretien ou à la réparation des éléments du véhicule liés aux émissions, par l'intermédiaire du port série du connecteur de diagnostic standardisé;

«défaut», dans le domaine des systèmes OBD équipant les moteurs, le fait qu'au maximum deux composants ou systèmes séparés placés sous surveillance présentent de manière temporaire ou permanente des caractéristiques de fonctionnement qui diminuent la capacité de surveillance du système OBD ou qui ne respectent pas toutes les autres exigences détaillées requises en matière de système OBD. Les moteurs ou les véhicules en ce qui concerne leur moteur peuvent être homologués, immatriculés et vendus avec de tels défauts selon les exigences de la section 4.3 de la présente annexe;

«composant/système détérioré», un moteur ou un composant/système de traitement aval des gaz d'échappement qui a été volontairement détérioré de manière contrôlée par le constructeur aux fins d'un essai d'homologation du système OBD;

«cycle d'essai de l'OBD», un cycle d'essai qui constitue une variante du cycle ESC ayant le même ordre d'exécution des 13 modes individuels décrits au paragraphe 2.7.1 de l'appendice 1 de l'annexe 4A du présent Règlement, mais dans lequel la durée de chaque mode est réduite à soixante secondes;

«séquence opératoire», la séquence utilisée pour déterminer les conditions permettant que le témoin de défaut de fonctionnement s'éteigne; elle comprend le démarrage du moteur, une période de fonctionnement, l'arrêt du moteur et le laps de temps jusqu'au démarrage suivant, avec l'OBD en service qui détecterait alors tout défaut de fonctionnement éventuel;

«cycle de préconditionnement», l'exécution d'au moins trois cycles d'essai de l'OBD ou cycles d'essai d'émission consécutifs afin que le moteur fonctionne de manière stable et que le système antipollution et l'OBD soient prêts à fonctionner;

«informations de réparation», toutes les informations nécessaires au diagnostic, à l'entretien, au contrôle, à la révision périodique ou à la réparation du véhicule et mises par les constructeurs à la disposition de leurs revendeurs/garages agréés; ces informations incluent, au besoin, les manuels d'entretien, les instructions techniques, les données relatives au diagnostic (par exemple: valeurs minimales et maximales théoriques pour les mesures), les plans de montage, le numéro d'identification de l'étalonnage par logiciel applicable à un type de moteur, les données permettant la mise à jour du logiciel conformément aux spécifications du constructeur du véhicule, les instructions pour les cas individuels et spéciaux, les informations communiquées sur les outils et les appareils, les informations sur le contrôle des données, et les données d'essai et de contrôle bidirectionnelles; le constructeur n'est pas tenu de fournir les informations qui font l'objet de droits de propriété intellectuelle ou constituent un savoir-faire spécifique des fabricants et/ou des fournisseurs de l'équipement d'origine (OEM); dans ce cas, les informations techniques nécessaires ne doivent pas être refusées sans raison valable;

«normalisé», le fait que toutes les données de l'OBD relatives aux émissions (c'est-à-dire des flux de données en cas d'utilisation d'un outil de lecture), y compris tous les codes défaut utilisés, ne sont produites qu'en conformité avec les normes industrielles qui, du fait que leur format et les options autorisées sont clairement définis, assurent une harmonisation maximale dans l'industrie automobile et dont l'utilisation est expressément autorisée par le présent Règlement;

«non restrictif»:

- a) un accès qui ne dépend pas d'un code d'accès ne pouvant être obtenu qu'auprès du constructeur ou un dispositif similaire, ou
- b) un accès qui rend possible l'évaluation des données communiquées sans devoir recourir à des informations uniques de décodage, à moins que ces informations ne soient elles-mêmes normalisées.

3. PRESCRIPTIONS ET ESSAIS

3.1 Prescriptions générales

- 3.1.1 Tous les systèmes OBD doivent être conçus, construits et montés dans un véhicule de telle façon qu'ils puissent identifier différents types de défaut de fonctionnement pendant toute la durée de vie du moteur. Pour évaluer la réalisation de cet objectif, l'autorité chargée de l'homologation doit admettre que les véhicules qui ont été utilisés au-delà de la période de durabilité définie au paragraphe 5.3 du présent Règlement peuvent montrer des signes de détérioration du fonctionnement du système OBD, de sorte que les seuils OBD indiqués au tableau du paragraphe 5.4.4

du présent Règlement peuvent être dépassés avant que le système OBD ne signale un défaut au conducteur du véhicule.

- 3.1.2 Une séquence de vérifications diagnostiques doit être lancée à chaque démarrage du moteur et achevée au moins une fois, pour autant que les conditions correctes d'essai soient réunies. Les conditions d'essai doivent être sélectionnées de telle manière qu'elles surviennent toutes pendant la conduite, comme indiqué dans l'essai défini à la section 2 de l'appendice 1 de la présente annexe.
- 3.1.2.1 Les constructeurs ne sont pas tenus d'activer un composant/système à la seule fin de la surveillance fonctionnelle OBD dans les conditions de fonctionnement du véhicule s'il n'est pas actif en temps normal (par exemple activation du chauffage du réservoir de réactif d'un système de réduction des NO_x ou d'un système combiné de réduction des NO_x et de filtre à particules, lorsque ce système n'est pas actif en temps normal).
- 3.1.3 L'OBD peut comporter des dispositifs qui mesurent, captent ou réagissent à des variables de fonctionnement (vitesse du véhicule, régime du moteur, rapport utilisé, température, pression d'admission ou tout autre paramètre) aux fins de la détection de défaut de fonctionnement et de la réduction du risque d'indication erronée de défaut de fonctionnement. Ces dispositifs ne sont pas des dispositifs de neutralisation.
- 3.1.4 L'accès au système OBD requis pour l'inspection, le diagnostic, l'entretien ou la réparation du moteur doit être non restrictif et normalisé. Tous les codes défaut liés aux émissions doivent être conformes à ceux décrits à la section 6.8.5 de la présente annexe.
- 3.2 Prescriptions applicables aux OBD phase I
- 3.2.1 À partir des dates indiquées au paragraphe 5.4.1 du présent Règlement, le système OBD de tous les moteurs diesel et de tous les véhicules équipés d'un moteur diesel doit signaler la défaillance d'un composant ou d'un système lié aux émissions, lorsque cette défaillance a pour conséquence une augmentation des émissions au-delà des seuils OBD applicables indiqués au tableau du paragraphe 5.4.4 du présent Règlement.
- 3.2.2 Pour satisfaire aux prescriptions de la phase I, le système OBD doit surveiller:
 - 3.2.2.1 la suppression totale d'un catalyseur, lorsqu'il est monté dans un logement séparé, qui peut faire partie ou non d'un système de réduction des NO_x ou d'un filtre à particules;
 - 3.2.2.2 la réduction de l'efficacité du système de réduction des NO_x, lorsqu'il y en a un, uniquement en ce qui concerne les émissions de NO_x;
 - 3.2.2.3 la réduction de l'efficacité du filtre à particules, lorsqu'il y en a un, uniquement en ce qui concerne les émissions de particules.

- 3.2.2.4 la réduction de l'efficacité du système combiné de réduction des NO_x et de filtre à particules, lorsqu'il y en a un, en ce qui concerne les émissions de NO_x et de particules.
- 3.2.3 Défaut de fonctionnement majeur
- 3.2.3.1 Au lieu d'assurer une surveillance sur la base des seuils OBD applicables en ce qui concerne les paragraphes 3.2.2.1 à 3.2.2.4, les systèmes OBD des moteurs diesel peuvent, conformément au paragraphe 5.4.1.1 du présent Règlement, détecter un éventuel défaut de fonctionnement majeur des composants suivants:
- a) un catalyseur, lorsqu'il est monté dans un logement séparé, qui peut faire partie ou non d'un système de réduction des NO_x ou d'un filtre à particules,
 - b) un système de réduction des NO_x, s'il y en a un,
 - c) un filtre à particules, s'il y en a un,
 - d) un système combiné de réduction des NO_x et de filtre à particules.
- 3.2.3.2 Dans le cas d'un moteur équipé d'un système de réduction des NO_x, les exemples de défaut de fonctionnement majeur sont la suppression totale du système ou le remplacement du système par un système factice (deux cas de défaut de fonctionnement majeur volontaire), l'absence du réactif requis pour le système de réduction des NO_x, la défaillance d'un composant électrique du système de réduction catalytique sélective (SCR), une défaillance électrique quelconque d'un composant (capteurs et actionneurs, unité de régulation du dosage) d'un système de réduction des NO_x comprenant, le cas échéant, le système de chauffage du réactif, la défaillance du système de dosage du réactif (telle que l'absence d'alimentation en air, le bouchage du gicleur, la défaillance de la pompe doseuse).
- 3.2.3.3 Dans le cas d'un moteur équipé d'un filtre à particules, les exemples de défaut de fonctionnement majeur sont la fusion du substrat du piège ou le colmatage du piège du fait d'une pression différentielle sortant de la gamme déclarée par le fabricant, une défaillance électrique quelconque d'un composant (capteurs et actionneurs, module de réglage du dosage) de filtre à particules, ainsi qu'une défaillance quelconque, le cas échéant, du système de dosage du réactif (obstruction du gicleur, défaillance de la pompe doseuse).
- 3.2.4 Les constructeurs peuvent démontrer à l'autorité chargée de l'homologation que certains composants ou systèmes ne nécessitent pas de surveillance si, en cas de défaillance totale ou de retrait, le niveau des émissions ne dépasse pas les seuils applicables aux OBD phase I visés au tableau du paragraphe 5.4.4 du présent Règlement, lorsqu'il est mesuré sur les cycles indiqués au paragraphe 1.1 de l'appendice 1 de la présente annexe. Cette disposition ne s'applique pas à un dispositif de recyclage des gaz d'échappement (EGR), ni à un système de réduction des NO_x, ni à un système combiné de réduction des NO_x et filtre à particules, ni à un

composant ou un système surveillé aux fins de la détection des éventuels défauts de fonctionnement majeurs.

3.3 Prescriptions applicables aux OBD phase II

- 3.3.1 À partir des dates indiquées au paragraphe 5.4.2 du présent Règlement, le système OBD de tous les moteurs diesel ou à gaz et de tous les véhicules équipés d'un moteur diesel ou à gaz doit indiquer la défaillance d'un composant ou d'un système relatif aux émissions, lorsque cette défaillance a pour conséquence une augmentation des émissions au-delà des seuils OBD applicables indiqués au tableau du paragraphe 5.4.4 du présent Règlement.

Le système OBD doit examiner l'interface de communication (matériel et messages) entre le ou les modules de gestion électronique du moteur (EECU) et tout autre module de gestion du groupe propulseur ou du véhicule lorsque les informations échangées influent sur le bon fonctionnement du système antipollution. Le système OBD doit examiner l'intégrité de la connexion entre l'EECU et le dispositif assurant la liaison avec ces autres composants du véhicule (par exemple le bus de communication).

- 3.3.2 Pour satisfaire aux prescriptions de la phase II, le système OBD doit détecter:

- 3.3.2.1 la baisse d'efficacité du catalyseur, lorsqu'il est monté dans un logement séparé, qui peut faire partie ou non d'un système de réduction des NO_x ou d'un filtre à particules;
- 3.3.2.2 la baisse de l'efficacité du système de réduction des NO_x, lorsqu'il y en a un, uniquement en ce qui concerne les émissions de NO_x;
- 3.3.2.3 la réduction de l'efficacité du filtre à particules, lorsqu'il y en a un, uniquement en ce qui concerne les émissions de particules;
- 3.3.2.4 la réduction de l'efficacité du système combiné de réduction des NO_x et filtre à particules, en ce qui concerne les émissions de NO_x et de particules;
- 3.3.2.5 la déconnexion électrique de l'interface entre le module de gestion électronique du moteur (EECU) et tout autre système électrique ou électronique du groupe propulseur ou du véhicule (tel que le module de gestion électronique de la transmission (TECU));
- 3.3.3 Les constructeurs peuvent démontrer à l'autorité chargée de l'homologation que certains composants ou systèmes ne nécessitent pas de surveillance si, en cas de défaillance totale ou de retrait, le niveau des émissions ne dépasse pas les seuils applicables à l'OBD phase II prescrits au tableau du paragraphe 5.4.4 du présent Règlement, lorsqu'il est mesuré pendant les cycles indiqués à la section 1.1 de l'appendice 1 de la présente annexe. Cette disposition ne s'applique pas à un dispositif de recyclage des gaz d'échappement (EGR), un système de réduction des NO_x ou un système combiné de réduction des NO_x et filtre à particules.

3.4 Prescriptions applicables lors de la première et de la deuxième étape

3.4.1 Pour satisfaire à la fois aux prescriptions de la première et de la deuxième étape, le système OBD doit surveiller:

3.4.1.1 Le système électronique d'injection de carburant, le ou les actionneurs de réglage de la quantité de carburant et de l'avance, de manière à s'assurer de la continuité du circuit (circuit ouvert ou court-circuit) et à détecter les défaillances totales de fonctionnement.

3.4.1.2 Tous les autres composants ou systèmes du moteur ou les composants ou systèmes du traitement aval des gaz d'échappement relatifs aux émissions, qui sont connectés à un ordinateur, et dont la défaillance peut causer un dépassement des limites d'émissions indiquées au tableau du paragraphe 5.4.4 du présent Règlement. Il s'agit tout au moins, par exemple, du système de recyclage des gaz d'échappement (EGR), des composants ou systèmes destinés à surveiller et contrôler le débit d'air massique, le débit volumétrique (et la température), la pression de suralimentation et la pression dans la tubulure d'admission (ainsi que des capteurs qui permettent l'exécution de ces contrôles), des capteurs et des actionneurs d'un système de réduction des NO_x, des capteurs et actionneurs d'un filtre à particules actif à activation électronique.

3.4.1.3 Tout autre composant ou système du moteur ou du traitement aval des gaz d'échappement relatif aux émissions relié à un module de gestion électronique doit faire l'objet d'une surveillance de la déconnexion électrique, sauf s'il est surveillé par ailleurs.

3.4.1.4 Dans le cas de moteurs équipés d'un système de traitement aval utilisant un réactif consommable, le système OBD doit détecter ou surveiller:

- a) le manque du réactif nécessaire,
- b) la conformité de la qualité de tout agent requis aux spécifications déclarées par le constructeur en application de l'annexe du présent Règlement,
- c) la consommation et le dosage de réactif,

conformément au paragraphe 5.5.4 du présent Règlement.

3.5 Fonctionnement de l'OBD et désactivation temporaire de certaines capacités de surveillance de l'OBD

3.5.1 Le système OBD doit être conçu, construit et monté dans un véhicule de telle façon que, dans les conditions d'utilisation définies au paragraphe 5.1.5.4 du présent Règlement, le véhicule puisse satisfaire aux prescriptions de la présente annexe.

En dehors de ces conditions normales de fonctionnement, le système antipollution peut présenter une certaine dégradation du fonctionnement du système OBD telle que les seuils indiqués dans le tableau du paragraphe 5.4.4 du présent Règlement puissent

être dépassés avant que le système OBD ne signale une défaillance au conducteur du véhicule.

Le système OBD ne doit pas être désactivé, à moins qu'une ou plusieurs des conditions suivantes de la désactivation ne soient remplies:

- 3.5.1.1 Le système de surveillance OBD affecté peut être désactivé si sa capacité de surveillance est affectée par une baisse du niveau de carburant. C'est pourquoi la désactivation est autorisée lorsque le niveau de remplissage du réservoir de carburant tombe au-dessous de 20 % de sa capacité nominale.
- 3.5.1.2 Les systèmes de surveillance OBD affectés peuvent être temporairement désactivés pendant la mise en œuvre d'une stratégie auxiliaire antipollution telle que décrite au paragraphe 5.1.5.1 du présent Règlement.
- 3.5.1.3 Les systèmes de surveillance OBD affectés peuvent être temporairement désactivés lorsque des stratégies de sécurité opérationnelle ou de marche minimale en mode dégradé sont activées.
- 3.5.1.4 En ce qui concerne les véhicules conçus pour être équipés d'unités de prise de force, la désactivation de systèmes de surveillance OBD sur lesquels ces unités ont une influence n'est autorisée que si elle n'intervient que lorsque l'unité de prise de mouvement est active et que le véhicule est sans conducteur.
- 3.5.1.5 Les systèmes de surveillance OBD affectés peuvent être temporairement désactivés pendant la régénération périodique d'un système antipollution en aval du moteur (filtre à particules, système de réduction des NO_x ou système combiné de réduction des NO_x et filtre à particules).
- 3.5.1.6 Les systèmes de surveillance OBD affectés peuvent être temporairement désactivés en dehors des conditions d'utilisation définies au paragraphe 5.1.5.4 du présent Règlement lorsque cette désactivation peut être justifiée par une limitation de la capacité de surveillance OBD (y compris la modélisation).
- 3.5.2 Il n'est pas exigé du système de surveillance OBD qu'il évalue des composants en état de défaut de fonctionnement si cette évaluation risque de compromettre la sécurité ou de provoquer une panne du composant.

3.6 Activation de l'indicateur de défaut de fonctionnement (MI)

- 3.6.1 Le système OBD doit comprendre un indicateur de défaut de fonctionnement (MI) bien visible par le conducteur du véhicule. Sauf dans le cas prévu au paragraphe 3.6.2 de la présente annexe, le témoin de défaut de fonctionnement (symbole ou témoin lumineux) ne doit être utilisé à aucune autre fin, sauf comme signal de démarrage d'urgence ou de marche minimale en mode dégradé. Les messages relatifs à la sécurité peuvent être affectés de la plus haute priorité. Le témoin de défaut de fonctionnement doit être visible dans toutes les conditions d'éclairage raisonnables. Lorsqu'il est activé, il doit afficher un symbole conforme

au modèle prévu par la norme ISO 2575¹ (tel qu'un témoin lumineux sur le tableau de bord ou un symbole sur un écran dans le tableau de bord). Un véhicule ne doit pas être équipé de plus d'un MI d'usage général pour les problèmes relatifs aux émissions. L'affichage d'informations particulières séparées est autorisé (notamment des informations relatives au système de freinage, au bouclage des ceintures de sécurité, à la pression d'huile, aux besoins d'entretien, ou l'indication du manque du réactif nécessaire au fonctionnement du système de réduction des NO_x). L'utilisation de la couleur rouge est interdite pour le témoin de défaut de fonctionnement.

- 3.6.2 Le témoin de défaut de fonctionnement peut servir à indiquer au conducteur qu'une tâche urgente d'entretien doit être exécutée. Une telle indication peut également être accompagnée d'un message approprié sur le tableau de bord signalant qu'une opération d'entretien doit être effectuée d'urgence.
- 3.6.3 Lorsqu'un système est conçu pour que l'activation du MI nécessite plus d'un cycle de préconditionnement, le constructeur doit fournir des données et/ou une évaluation technique afin de démontrer que le système de surveillance en fonctionnement détecte aussi efficacement et précocement la détérioration des composants. Les systèmes prévoyant en moyenne plus de 10 cycles d'essai d'émissions ou d'essai OBD pour l'activation du MI ne sont pas acceptés.
- 3.6.4 Le témoin de défaut de fonctionnement doit aussi se déclencher lorsque le contrôle du moteur passe au mode défaut du système antipollution. Il doit aussi s'activer si le système OBD n'est pas en mesure de satisfaire aux prescriptions de base en matière de surveillance spécifiées dans le présent Règlement.
- 3.6.5 Dans les cas pour lesquels il est fait référence au présent paragraphe, le témoin de défaut de fonctionnement doit se déclencher et, en outre, un mode distinct d'avertissement doit également être activé, comme par exemple un clignotement du MI ou l'activation d'un symbole conforme à la norme ISO 2575² en plus de l'activation du MI.
- 3.6.6 Le témoin de défaut de fonctionnement doit aussi se déclencher lorsque la clef de contact du véhicule est en position «marche» avant le démarrage du véhicule, et doit se désactiver dans les dix secondes après le démarrage du moteur si aucun défaut de fonctionnement n'a été détecté.
- 3.7 Mémorisation des codes défaut

Le système OBD doit enregistrer le ou les codes indiquant l'état du système antipollution. Un code défaut doit être mémorisé pour tout défaut de fonctionnement détecté et vérifié causant le déclenchement du MI, et doit identifier le système ou le composant en défaut de fonctionnement de manière aussi précise que possible.

¹ Symboles n^{os} F01 ou F22.

² Symbole n^o F24.

Un code séparé devrait être mémorisé pour indiquer l'état d'activation prévu du MI (par exemple MI sur «en fonction», MI sur «hors fonction»).

Des codes d'état différents doivent être utilisés pour identifier les systèmes antipollution qui fonctionnent correctement et ceux dont l'évaluation complète nécessite que le moteur fonctionne plus longtemps. Si le MI se déclenche à cause d'un défaut de fonctionnement ou du passage au mode défaut du système antipollution, un code défaut identifiant le domaine probable de défaut de fonctionnement doit être mémorisé. Un code défaut doit également être mémorisé dans les cas visés aux paragraphes 3.4.1.1 et 3.4.1.3 de la présente annexe.

- 3.7.1 Si la surveillance a été désactivée pendant 10 cycles d'essai du fait du fonctionnement continu du véhicule dans des conditions conformes à celles spécifiées au paragraphe 3.5.1.2 de la présente annexe, le système de surveillance peut être remis sur «prêt» sans que la surveillance ait été achevée.
- 3.7.2 Les heures de fonctionnement du moteur avec le MI activé doivent être disponibles sur demande à tout moment par le port sériel sur la connexion standard, conformément aux spécifications données au paragraphe 6.8 de la présente annexe.
- 3.8 Extinction du témoin de défaut de fonctionnement (MI)
- 3.8.1 Pour tous les autres types de défaut de fonctionnement, le MI peut se désactiver après trois séquences opératoires successives ou vingt-quatre heures de fonctionnement consécutives pendant lesquelles le système de surveillance responsable de l'activation du MI ne détecte plus le défaut de fonctionnement en cause, et si, parallèlement, aucun autre défaut de fonctionnement pouvant activer séparément le MI n'est détecté.
- 3.8.2 En cas d'activation du témoin de défaut de fonctionnement par manque de réactif pour le système de réduction des NO_x ou le système combiné de réduction des NO_x et filtre à particules, ou du fait de l'utilisation d'un réactif non conforme aux spécifications données par le fabricant, le MI peut être ramené à l'état antérieur après le remplissage du réservoir ou le remplacement par un réactif conforme.
- 3.8.3 En cas d'activation du témoin de défaut de fonctionnement due à une consommation et un dosage incorrects de réactif, le MI peut être ramené à l'état antérieur si les conditions indiquées aux paragraphes 5.5.3, 5.5.4 et 5.5.7 du présent Règlement ne s'appliquent plus.
- 3.9 Suppression d'un code défaut
- 3.9.1 Le système OBD peut supprimer un code défaut, les heures de fonctionnement du moteur et les informations figées (trames fixes) correspondantes si la même défaillance n'est plus réenregistrée pendant au moins 40 cycles d'échauffement ou cent heures de fonctionnement du moteur, au premier de ces deux termes échu, sauf dans les cas visés au paragraphe 3.9.2.

- 3.9.2 À partir du 9 novembre 2006 pour les nouvelles homologations et à partir du 1^{er} octobre 2007 pour l'ensemble des immatriculations, lorsqu'un code défaut est généré conformément aux paragraphes 5.5.3 ou 5.5.4 du présent Règlement, le système OBD conserve une trace de tous les codes défaut ainsi qu'un décompte des heures de fonctionnement du moteur pendant lesquelles le MI était activé sur au moins quatre cents jours ou neuf mille six cents heures de fonctionnement du moteur:

Un code défaut de ce type ainsi que le nombre d'heures de fonctionnement du moteur avec activation correspondante du MI ne doit pas pouvoir être effacé au moyen d'outils de diagnostic externes ou autres outils tels qu'ils sont mentionnés au paragraphe 6.8.3 de la présente annexe.

4. PRESCRIPTIONS RELATIVES À L'HOMOLOGATION DES SYSTÈMES OBD

- 4.1 Aux fins de l'homologation, le système OBD doit être essayé conformément aux procédures indiquées à l'appendice 1 de la présente annexe.

Un moteur représentatif de sa famille (voir par. 7 du présent Règlement) doit être utilisé pour les essais de démonstration de l'OBD, ou bien le rapport d'essai du système OBD parent de la famille de moteurs OBD doit être fourni à l'autorité chargée de l'homologation, auquel cas l'essai de démonstration de l'OBD n'est pas nécessaire.

- 4.1.1 Dans le cas d'un système OBD phase I visé au paragraphe 3.2, celui-ci doit:

- 4.1.1.1 indiquer la défaillance d'un composant ou d'un système relatif aux émissions lorsque cette défaillance entraîne une augmentation des émissions au-delà des seuils OBD indiqués au paragraphe 5.4.4 du présent Règlement, ou

- 4.1.1.2 le cas échéant, indiquer tout défaut de fonctionnement majeur du système de traitement aval des gaz d'échappement.

- 4.1.2 Dans le cas d'un système OBD phase II visé au paragraphe 3.3, celui-ci doit indiquer la défaillance d'un composant ou d'un système relatif aux émissions lorsque cette défaillance entraîne une augmentation des émissions au-delà des seuils OBD indiqués au paragraphe 5.4.4 du présent Règlement.

- 4.1.3 Dans le cas tant de l'OBD I que de l'OBD II, le système OBD doit indiquer le manque de réactif nécessaire au fonctionnement du système de traitement aval des gaz d'échappement.

4.2 Prescriptions relatives à l'installation

- 4.2.1 L'installation sur le véhicule d'un moteur équipé d'un système OBD doit être conforme aux dispositions suivantes de la présente annexe en ce qui concerne l'équipement du véhicule:

- a) les dispositions des paragraphes 3.6.1, 3.6.2 et 3.6.5 concernant le MI et, le cas échéant, des modes d'avertissement additionnels,

- b) au besoin, les dispositions du paragraphe 6.8.3.1 concernant l'utilisation d'un système d'autodiagnostic,
- c) les dispositions du paragraphe 6.8.6 concernant l'interface de connexion.

4.3 Homologation d'un système OBD présentant des déficiences

- 4.3.1 Un constructeur peut déposer auprès de l'autorité compétente une demande d'homologation pour un système OBD présentant une ou plusieurs déficiences qui ne lui permettent pas de répondre à toutes les prescriptions particulières de la présente annexe.
- 4.3.2 L'autorité chargée de l'homologation examine la demande et décide si le respect des prescriptions de la présente annexe est possible ou s'il ne peut être raisonnablement envisagé.

L'autorité prend en compte les informations du constructeur, notamment, mais en aucun cas uniquement, en ce qui concerne la faisabilité technique, les délais d'adaptation et les cycles de production, y compris l'introduction et le retrait progressifs de moteurs, ainsi que la mise à niveau des logiciels, de manière à voir si le système OBD pourra respecter les dispositions du présent Règlement et si le constructeur a effectué les efforts nécessaires en ce sens.
- 4.3.3 L'autorité rejettera toute demande d'homologation d'un système déficient si la fonction de surveillance prescrite fait totalement défaut.
- 4.3.4 L'autorité rejette toute demande d'homologation d'un système déficient qui ne respecte pas les seuils indiqués au tableau du paragraphe 5.4.4 du présent Règlement.
- 4.3.5 En ce qui concerne l'ordre de détermination des déficiences, les déficiences déterminées en premier sont celles liées, pour l'OBD phase I, aux paragraphes 3.2.2.1, 3.2.2.2, 3.2.2.3, 3.2.2.4 et 3.4.1.1, et pour l'OBD phase II, aux paragraphes 3.3.2.1, 3.3.2.2, 3.3.2.3, 3.3.2.4 et 3.4.1.1.
- 4.3.6 Aucune déficience ne sera admise avant ou au moment de l'homologation si elle concerne les prescriptions du paragraphe 3.2.3 et du paragraphe 6 de la présente annexe, à l'exception du paragraphe 6.8.5.
- 4.3.7 Durée de la période pendant laquelle les déficiences sont admises
 - 4.3.7.1 Une déficience peut subsister pendant une période de deux ans après la date d'homologation du type de moteur ou de véhicule en ce qui concerne le type de moteur, sauf s'il peut être prouvé qu'il faudrait apporter des modifications importantes à la construction du moteur et allonger le délai d'adaptation au-delà de deux ans pour corriger la déficience. Dans ce cas, la déficience peut subsister pendant une période n'excédant pas trois ans.
 - 4.3.7.2 Un constructeur peut demander que l'autorité ayant procédé à l'homologation d'origine accepte rétrospectivement la présence d'une déficience lorsque celle-ci est

découverte après l'homologation d'origine. En pareil cas, la déficience peut subsister pendant une période de deux ans après la date de notification à l'autorité chargée de l'homologation, sauf s'il peut être prouvé qu'il faudrait apporter des modifications importantes à la construction du moteur et allonger le délai au-delà de deux ans pour corriger le défaut. Dans ce cas, la déficience peut subsister pendant une période n'excédant pas trois ans.

- 4.3.7.3 L'autorité notifie sa décision d'accepter une demande de certification d'un système déficient aux autorités des autres États membres.

5. ACCÈS AUX INFORMATIONS CONCERNANT L'OBD

5.1 Pièces de rechange, outils de diagnostic et équipement d'essai

- 5.1.1 Les demandes d'homologation ou de modification d'une homologation doivent être accompagnées des informations pertinentes concernant le système OBD.

Ces informations permettent aux fabricants de pièces de rechange ou de mise en conformité d'adapter les pièces qu'ils fabriquent aux systèmes OBD afin de permettre une utilisation sans défaut mettant le consommateur à l'abri de tout défaut de fonctionnement. De même, ces informations permettent aux fabricants d'outils de diagnostic et d'équipement d'essai de fabriquer des outils et équipements permettant un diagnostic efficace et précis des systèmes antipollution.

- 5.1.2 Sur demande, les autorités compétentes en matière d'homologation mettent l'appendice 1 à l'annexe 2A du certificat d'homologation CE, qui contient les informations pertinentes sur le système OBD, à la disposition de tout fabricant d'outils de diagnostic ou d'équipements d'essai intéressé, sur une base non discriminatoire.

- 5.1.2.1 Dans le cas des composants de rechange ou d'entretien, les informations peuvent uniquement être demandées pour les composants assujettis à l'homologation CE, ou pour les composants qui font partie d'un système assujetti à l'homologation CE.

- 5.1.2.2 La demande d'information doit préciser la spécification exacte du modèle de moteur ou du modèle de moteur au sein d'une famille de moteurs pour laquelle l'information est sollicitée. Elle doit confirmer que l'information est requise aux fins du développement de pièces ou de composants de rechange ou de mise en conformité, d'outils de diagnostic ou d'appareillage d'essai.

5.2 Informations de réparation

- 5.2.1 Au plus tard trois mois après avoir communiqué les informations de réparation à tout distributeur ou atelier de réparation agréé au sein de la Communauté, le constructeur met ces informations (ainsi que tout changement et ajout ultérieur) à disposition en échange d'un paiement raisonnable et non discriminatoire.

- 5.2.2 Le constructeur doit également rendre accessibles les informations techniques nécessaires à la réparation ou à l'entretien des véhicules, le cas échéant à titre

onéreux, à moins que ces informations ne soient couvertes par un droit de propriété intellectuelle ou ne constituent un savoir-faire secret, substantiel et identifié, sous une forme appropriée; en pareil cas, les informations techniques nécessaires ne doivent pas être indûment tenues secrètes.

Toutes les personnes dont la profession est d'entretenir, de réparer, de dépanner, d'inspecter ou d'essayer les véhicules, de fabriquer ou de vendre des composants de rechange ou de mise en conformité, des outils de diagnostic et des appareillages d'essai, sont habilitées à accéder à ces informations.

- 5.2.3 En cas de non-respect de la présente disposition, l'autorité chargée de l'homologation prend les mesures nécessaires, conformément aux procédures prescrites pour l'homologation par type et le contrôle des véhicules en service, pour assurer la disponibilité des informations de réparation.

6. SIGNAUX DE DIAGNOSTIC

- 6.1 Lorsque le premier défaut de fonctionnement d'un composant ou d'un système est détecté, une trame fixe de l'état du moteur à cet instant doit être enregistrée dans la mémoire de l'ordinateur. Les données enregistrées doivent comprendre, mais sans nécessairement s'y limiter, la valeur de charge calculée, le régime du moteur, la température du liquide de refroidissement, la pression dans la tubulure d'admission (si disponible) et le code défaut qui a provoqué l'enregistrement des données. Pour la trame fixe à enregistrer, le constructeur choisit l'ensemble de conditions le plus approprié en vue de faciliter la réparation.
- 6.2 Une seule trame fixe est requise. Le constructeur peut décider d'enregistrer des trames supplémentaires, à condition qu'il soit au moins possible de lire la trame requise à l'aide d'un outil générique d'analyse répondant aux spécifications des paragraphes 6.8.3 et 6.8.4. Si le code défaut qui a provoqué l'enregistrement de la trame de données sur l'état du moteur est supprimé dans les conditions visées au paragraphe 3.9 de la présente annexe, les données enregistrées peuvent également être supprimées.
- 6.3 Les signaux suivants, s'ils sont disponibles, doivent être communiqués sur demande, en plus de la trame fixe obligatoire, par l'intermédiaire du port sériel sur le connecteur de liaison de données normalisé, à condition que ces informations soient disponibles sur l'ordinateur de bord ou qu'elles puissent être déterminées d'après les informations disponibles sur ce dernier: codes d'anomalie de diagnostic, température du liquide de refroidissement, calage de l'injection, température de l'air d'admission, pression d'admission, débit d'air, régime du moteur, valeur de sortie du capteur de position de la pédale, valeur de charge calculée, vitesse du véhicule et pression du carburant.

Les signaux doivent être fournis en unités normalisées sur la base des spécifications données au paragraphe 6.8. Les signaux effectifs sont clairement identifiés, séparément des signaux de valeurs par défaut ou des signaux de marche minimale en mode dégradé.

- 6.4 Pour tous les systèmes antipollution faisant l'objet d'essais d'autoévaluation, des codes d'état séparé, ou codes de préparation, doivent être stockés dans la mémoire informatique afin d'identifier les systèmes antipollution fonctionnant correctement et ceux pour lesquels il est nécessaire de faire fonctionner le véhicule pour effectuer une évaluation diagnostique. Il n'est pas nécessaire de stocker un code d'état de préparation pour les moniteurs que l'on peut considérer comme en fonctionnement continu. Les codes d'état de préparation ne devraient jamais être réglés sur «non prêt» lors des états clef de contact sur «marche» ou clef de contact sur «arrêt». Le réglage volontaire des codes d'état de préparation sur «non prêt» par l'intermédiaire des procédures de service doit s'appliquer à l'ensemble des codes de ce type, et non aux codes pris séparément.
- 6.5 Les prescriptions applicables aux OBD pour lesquelles le véhicule est homologué (c'est-à-dire OBD phase I ou II), ainsi que les indications concernant les principaux systèmes antipollution surveillés par le système OBD conformes au paragraphe 6.8.4 doivent être disponibles par l'intermédiaire du port sériel sur le connecteur de liaison de données normalisé, conformément aux spécifications données au paragraphe 6.8.
- 6.6 Le numéro d'identification du logiciel tel que déclaré dans les annexes 1 et 2A du présent Règlement est disponible par l'intermédiaire du port sériel sur le connecteur de diagnostic normalisé. Le numéro d'identification du logiciel doit être disponible dans un format normalisé.
- 6.7 Le numéro d'identification du véhicule (VIN) est disponible par l'intermédiaire du port sériel sur le connecteur de diagnostic normalisé. Le numéro d'identification du véhicule (VIN) doit être disponible dans un format normalisé.
- 6.8 L'accès au système de diagnostic doit être normalisé ou non restrictif; le système doit être conforme aux normes ISO 15675 ou SAE J1939, comme indiqué ci-après³.
- 6.8.1 On utilisera, pour l'ensemble des paragraphes 6.8.2 à 6.8.5, soit l'ISO 15765, soit la SAE J1939.
- 6.8.2 La liaison de données de l'ordinateur de bord à un ordinateur externe doit être conforme à l'ISO 15765-4 ou à des clauses similaires de la série de normes SAE J1939.
- 6.8.3 L'appareillage d'essai et les outils de diagnostic nécessaires pour communiquer avec le système OBD doivent au moins respecter les spécifications fonctionnelles données dans la norme ISO 15031-4 ou SAE J1939-73, paragraphe 5.2.2.1.
- 6.8.3.1 L'utilisation d'un système d'autodiagnostic tel qu'un écran vidéo monté sur le tableau de bord afin d'accéder aux informations du système OBD est autorisée, mais doit s'ajouter à l'accès aux informations OBD par l'intermédiaire du connecteur standard.

³ L'utilisation du protocole unique normalisé de l'ISO (ISO/PAS 27145) élaboré en vue d'un règlement technique mondial relatif aux systèmes OBD pour les poids lourds sera considérée comme satisfaisant aux prescriptions applicables du paragraphe 6.

- 6.8.4 Les données de diagnostic (spécifiées dans le présent paragraphe) et les informations de gestion bidirectionnelles doivent être fournies selon le format et en utilisant les unités prévues dans la norme ISO 15031-5 ou SAE J1939-73, paragraphe 5.2.2.1, et doivent être accessibles au moyen d'un outil de diagnostic conforme aux exigences de l'ISO 15031-4 ou de la SAE J1939-73, paragraphe 5.2.2.1.

Le fabricant doit communiquer à l'organisme national de normalisation les données diagnostiques relatives aux émissions, par exemple les PID (Parameter identification data), les données d'identification du moniteur OBD et les données d'identification d'essai non spécifiées dans la norme ISO 15031-5 mais ayant rapport avec les dispositions du présent Règlement.

- 6.8.5 Lorsqu'un défaut est enregistré, le constructeur doit l'identifier en utilisant le code défaut le plus approprié compatible avec ceux figurant au paragraphe 6.3 de la norme ISO 15031-6 pour les codes d'anomalie de diagnostic concernant les systèmes relatifs aux émissions. Si une telle identification n'est pas possible, le constructeur peut utiliser les codes d'anomalie de diagnostic, conformément aux paragraphes 5.3 et 5.6 de la norme ISO 15031-6. L'accès aux codes défaut doit être possible sans restriction par le biais d'un appareillage de diagnostic normalisé conforme aux dispositions du paragraphe 6.8.3 de la présente annexe.

Le fabricant doit communiquer à l'organisme national de normalisation les données diagnostiques relatives aux émissions, par exemple les PID (Parameter identification data), les données d'identification du moniteur OBD et les données d'identification d'essai non spécifiées dans la norme ISO 15031-5 mais ayant rapport avec les dispositions du présent Règlement.

En remplacement, le fabricant peut identifier l'erreur en utilisant le code défaut le plus approprié compatible avec ceux indiqués dans la norme SAE J2012 ou SAE J1939-73.

- 6.8.6 L'interface de connexion entre le véhicule et le banc de diagnostic doit être standardisée et respecter toutes les spécifications de la norme ISO 15031-3 ou SAE J1939-13.

Dans le cas des véhicules des catégories N₂, N₃, M₂ et M₃, au lieu de l'emplacement du connecteur décrit dans les normes précitées et pour autant que toutes les autres exigences de la norme ISO 15031-3 soient satisfaites, le connecteur peut être situé dans une position convenable à côté du siège du conducteur, y compris au sol de la cabine. En pareil cas, le connecteur doit être accessible par une personne se tenant debout à côté du véhicule et ne doit pas entraver l'accès au siège du conducteur.

L'emplacement choisi pour le montage doit être soumis à l'approbation de l'autorité chargée de l'homologation: il doit être facilement accessible au personnel de service, mais il doit être protégé contre les dommages occasionnés involontairement dans des conditions normales d'utilisation.

Appendice 1

ESSAIS D'HOMOLOGATION DES SYSTÈMES D'AUTODIAGNOSTIC (OBD)

1. INTRODUCTION

Le présent appendice décrit la procédure de vérification du fonctionnement du système d'autodiagnostic (OBD) installé sur le moteur, par simulation de défaillances des systèmes influant sur les émissions au niveau du système de gestion du moteur ou antipollution. Le présent appendice décrit également les procédures à utiliser pour déterminer la durabilité des systèmes OBD.

1.1 Composants et/ou systèmes détériorés

Afin de démontrer l'efficacité de la surveillance d'un système de réduction des émissions ou d'un composant de ce système, dont la défaillance peut causer le dépassement des seuils OBD applicables, le fabricant doit mettre à disposition les composants et/ou les dispositifs électriques détériorés qui servent à la simulation des défaillances.

Ces composants ou dispositifs détériorés ne doivent pas causer de dépassement de plus de 20 % des seuils OBD visés au tableau du paragraphe 5.4.4 du présent Règlement.

Dans le cas de l'homologation d'un système OBD conformément au paragraphe 5.4.1 du présent Règlement, les émissions doivent être mesurées sur un cycle d'essai ESC (voir l'appendice 1 de l'annexe 4A du présent Règlement). Dans le cas de l'homologation d'un système OBD conformément au paragraphe 5.4.2 du présent Règlement, les émissions doivent être mesurées sur le cycle d'essai ETC (voir l'appendice 2 de l'annexe 4A du présent Règlement).

- 1.1.1 S'il est établi que l'installation d'un composant ou d'un dispositif détérioré sur un moteur rend impossible la vérification par rapport aux seuils OBD (par exemple du fait du non-respect des conditions statistiques permettant la validation du cycle d'essai ETC), la défaillance d'un composant ou d'un dispositif peut être considérée comme acceptable avec l'accord de l'autorité compétente en matière d'homologation sur la base de l'argumentation technique fournie par le fabricant.
- 1.1.2 S'il est établi que l'installation d'un composant ou d'un dispositif détérioré sur un moteur empêche d'atteindre la courbe de pleine charge (telle que déterminée sur un moteur fonctionnant correctement) au cours de l'essai (même partiellement), le composant ou dispositif détérioré est considéré comme acceptable avec l'accord de l'autorité compétente en matière d'homologation sur la base de l'argumentation technique fournie par le fabricant.

- 1.1.3 L'utilisation de composants ou dispositifs détériorés qui causent un dépassement de 20 % au maximum des seuils OBD visés au tableau du paragraphe 5.4.4 du présent Règlement peut ne pas être nécessaire dans quelques cas particuliers (par exemple lorsqu'une stratégie de marche minimale en mode dégradé est activée, lorsque le moteur ne peut effectuer aucun cycle d'essai, ou dans le cas d'une soupape EGR grippée, etc.). Cette exception devra être justifiée par des documents communiqués par le constructeur. Elle doit être soumise à l'approbation du service technique.

1.2 Principe de l'essai

Lorsque le véhicule est soumis à un essai alors qu'il est équipé du composant ou dispositif défectueux, le système OBD est approuvé si le témoin de défaut de fonctionnement est activé. Le système OBD est également approuvé si le MI est activé au-dessous des valeurs seuils fixées pour l'OBD.

L'utilisation de composants ou dispositifs détériorés qui causent un dépassement de 20 % au maximum des seuils OBD visés au tableau du paragraphe 5.4.4 du présent Règlement ne sont pas nécessaires dans le cas particulier des modes de défaillance décrits aux paragraphes 6.3.1.6 et 6.3.1.7 du présent appendice ainsi qu'en égard à la surveillance des défauts de fonctionnement majeurs.

- 1.2.1 L'utilisation de composants ou dispositifs détériorés qui causent un dépassement de 20 % au maximum des seuils OBD visés au tableau du paragraphe 5.4.4 du présent Règlement peuvent ne pas être nécessaires dans quelques cas particuliers (par exemple lorsqu'une stratégie de marche minimale en mode dégradé est activée, lorsque le moteur ne peut effectuer aucun cycle d'essai, ou dans le cas d'une soupape EGR grippée, etc.). Cette exception devra être justifiée par des documents communiqués par le constructeur. Elle doit être soumise à l'approbation du service technique.

2. DESCRIPTION DE L'ESSAI

- 2.1 L'essai des systèmes OBD se compose des phases suivantes:

- a) simulation du défaut de fonctionnement d'un composant du système de gestion du moteur ou de réduction des émissions, comme décrit au paragraphe 1.1 du présent appendice;
- b) préconditionnement du système OBD avec simulation d'un défaut de fonctionnement lors du cycle de préconditionnement spécifié au paragraphe 6.2;
- c) fonctionnement du moteur avec simulation d'un défaut de fonctionnement lors du cycle d'essai OBD visé au paragraphe 6.1;
- d) vérification de la réactivité du système OBD au défaut de fonctionnement simulé ainsi que de l'exactitude de l'indication de défaut de fonctionnement.

- 2.1.1 Si les performances (la courbe de charge, par exemple) du moteur sont affectées par le défaut de fonctionnement, le cycle d'essai OBD demeure la version raccourcie du cycle d'essai ESC utilisée pour l'évaluation des émissions à l'échappement du moteur en l'absence de défaut de fonctionnement.
- 2.2 À la demande du constructeur, il peut être appliqué une procédure de substitution consistant à simuler électroniquement le défaut de fonctionnement d'un ou plusieurs composants, conformément aux prescriptions du paragraphe 6 du présent appendice.
- 2.3 Un constructeur peut demander que la surveillance ait lieu en dehors du cycle d'essai OBD visé au paragraphe 6.1 s'il peut démontrer à l'autorité que la surveillance dans les conditions rencontrées au cours du cycle d'essai OBD imposerait des conditions de surveillance restrictives pour un véhicule en service.
3. MOTEUR ET CARBURANT POUR L'ESSAI
- 3.1 Moteur
- Le moteur d'essai doit être conforme aux spécifications de l'annexe 1 du présent Règlement.
- 3.2 Carburant
- Le carburant de référence dont les spécifications sont données à l'annexe 5 du présent Règlement doit être utilisé pour les essais.
4. CONDITIONS D'ESSAI
- Les conditions d'essai doivent satisfaire aux prescriptions applicables à l'essai de mesure des émissions décrit dans le présent Règlement.
5. APPAREILLAGE D'ESSAI
- Le banc doit satisfaire aux prescriptions de l'annexe 4A du présent Règlement.
6. CYCLE D'ESSAI DU SYSTÈME OBD
- 6.1 Le cycle d'essai du système OBD est une version raccourcie du cycle d'essai ESC. Les modes individuels doivent être exécutés dans le même ordre que pour le cycle d'essai ESC, tel que défini au paragraphe 2.7.1 de l'appendice 1 de l'annexe 4A du présent Règlement.
- Le moteur doit fonctionner pendant un maximum de soixante secondes sur chaque mode, les changements de régime et de charge du moteur étant achevés dans les vingt premières secondes. Le régime spécifié doit être maintenu à 50 tr/min près, et le couple spécifié doit être maintenu à 2 % près du couple maximal à chaque régime.
- Il n'est pas nécessaire de mesurer les émissions à l'échappement pendant le cycle d'essai OBD.

6.2 Cycle de préconditionnement

6.2.1 Après introduction d'un des modes de défaillance indiqués au paragraphe 6.3, le moteur et son système OBD sont préconditionnés en exécutant un cycle de préconditionnement.

6.2.2 À la demande du constructeur et en accord avec l'autorité compétente en matière d'homologation, un autre nombre sur un maximum de neuf essais de cycles d'essai OBD consécutifs peut être utilisé.

6.3 Essai du système OBD

6.3.1 Moteurs diesel et véhicules équipés d'un moteur diesel

6.3.1.1 Après préconditionnement conformément au paragraphe 6.2, le moteur d'essai est mis en fonctionnement pendant le cycle d'essai OBD décrit au paragraphe 6.1 du présent appendice. Le témoin de défaut de fonctionnement doit se déclencher avant la fin de cet essai dans toutes les conditions mentionnées aux paragraphes 6.3.1.2 à 6.3.1.7. Le service technique peut remplacer ces conditions par d'autres conformément au paragraphe 6.3.1.7. Aux fins de l'homologation, le nombre total de défaillances soumises à l'essai, dans le cas des différents systèmes et composants, ne doit pas dépasser quatre.

Si l'essai est effectué en vue de l'homologation d'une famille de moteurs OBD comprenant des moteurs qui n'appartiennent pas à la même famille de moteurs, l'autorité compétente en matière d'homologation augmentera le nombre de défaillances soumises à l'essai jusqu'à un maximum de quatre fois le nombre de familles de moteur présentes dans la famille de moteurs OBD. L'autorité compétente en matière d'homologation peut décider de mettre un terme à l'essai à tout moment avant que ne soit atteint ce nombre maximal d'essais de défaillance.

6.3.1.2 Lorsqu'il est monté dans un logement séparé qui peut ou non faire partie d'un système de réduction des NO_x ou d'un filtre à particules diesel, remplacement du catalyseur éventuel par un catalyseur détérioré ou défectueux, ou simulation électronique de cette défaillance.

6.3.1.3 Lorsque le véhicule en est équipé, remplacement du système de réduction des NO_x (y compris tout capteur faisant partie intégrante du système) par un système de réduction des NO_x détérioré ou défectueux, ou simulation électronique d'un système de réduction des NO_x détérioré ou défectueux causant un dépassement du seuil OBD pour les NO_x visé au tableau du paragraphe 5.4.4 du présent Règlement.

En cas d'homologation du moteur conformément au paragraphe 5.4.1 du présent Règlement en ce qui concerne la surveillance de défauts de fonctionnement majeurs, l'essai du système de réduction des NO_x doit démontrer que le MI s'allume dans toutes les conditions suivantes:

- a) suppression totale du système ou remplacement du système par un système factice;
- b) manque de réactif nécessaire pour le système de réduction des NO_x;
- c) toute défaillance électrique d'un composant (tels que capteurs et actionneurs, unité de dosage) d'un système de réduction des NO_x, y compris, le cas échéant, le système de chauffage du réactif;
- d) défaillance d'un système de dosage du réactif (par exemple absence d'alimentation en air, obstruction d'un gicleur, défaillance de la pompe doseuse) d'un système de réduction des NO_x;
- e) panne grave du système.

6.3.1.4 Lorsque le véhicule en est équipé, suppression totale du piège à particules ou remplacement par un piège à particules défectueux causant la production d'émissions dépassant les limites indiquées au tableau du paragraphe 5.4.4 du présent Règlement.

En cas d'homologation du moteur conformément au paragraphe 5.4.1 du présent Règlement en ce qui concerne la surveillance de défauts de fonctionnement majeurs, l'essai du filtre à particules doit démontrer que le témoin de défaut de fonctionnement s'allume dans toutes les conditions suivantes:

- a) suppression totale du filtre à particules ou remplacement du système par un système factice;
- b) fusion importante du substrat du filtre à particules;
- c) fissure importante du substrat du filtre à particules;
- d) toute défaillance électrique d'un composant (tels capteurs et actionneurs, unité de dosage) d'un filtre à particules;
- e) défaillance, le cas échéant, du système de dosage du réactif (par exemple obstruction d'un gicleur, défaillance de la pompe doseuse) d'un filtre à particules;
- e) colmatage du filtre à particules causant une pression différentielle sortant de la plage déclarée par le fabricant.

6.3.1.5 Lorsque le véhicule en est équipé, remplacement du système combiné de réduction des NO_x et filtrage des particules (y compris les éventuels capteurs faisant partie intégrante du système) par un système détérioré ou défectueux, ou simulation électronique d'un système détérioré ou défectueux causant des émissions qui dépassent le seuil OBD pour les NO_x ainsi que les seuils de particules visés au tableau du paragraphe 5.4.4 du présent Règlement.

En cas d'homologation du moteur conformément au paragraphe 5.4.1 du présent Règlement en ce qui concerne la surveillance de défauts de fonctionnement majeurs, l'essai du système combiné de réduction des NO_x et filtre à particules doit démontrer que le MI s'allume dans toutes les conditions suivantes:

- a) suppression totale du système ou remplacement du système par un système factice;
- b) manque de réactif nécessaire pour le système combiné de réduction des NO_x et filtre à particules;
- c) toute défaillance électrique d'un composant (tels capteurs et actionneurs, unité de dosage) d'un système combiné de réduction des NO_x et filtre à particules, y compris, le cas échéant, le système de chauffage du réactif;
- d) défaillance d'un système de dosage du réactif (par exemple absence d'alimentation en air, obstruction d'un gicleur, défaillance de la pompe doseuse) d'un système combiné de réduction des NO_x et filtre à particules;
- e) panne grave du système de piégeage des NO_x;
- f) fusion importante du substrat du filtre à particules;
- g) fissure importante du substrat du filtre à particules;
- h) colmatage du filtre à particules causant une pression différentielle sortant de la plage déclarée par le fabricant.

6.3.1.6 Déconnexion de tout actionneur de réglage du débit du carburant et de calage d'injection dans le système d'alimentation, causant la production d'émissions dépassant les seuils OBD indiqués au tableau du paragraphe 5.4.4 du présent Règlement.

6.3.1.7 Déconnexion de tout composant du moteur relatif aux émissions relié à un ordinateur, causant la production d'émissions dépassant les seuils OBD indiqués au tableau du paragraphe 5.4.4 du présent Règlement.

6.3.1.8 Pour satisfaire aux prescriptions des paragraphes 6.3.1.6 et 6.3.1.7, et avec l'accord de l'autorité compétente en matière d'homologation, le constructeur peut prendre les mesures appropriées pour démontrer que le système OBD signale un défaut lorsqu'il y a déconnexion.
